T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOĞUK PRES YAĞ ENDÜSTRİSİ YAN ÜRÜNLERİNİN BİTKİSEL BAZLI SÜT VE GIDA ÜRÜNLERİ ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Muhammed Zahid KASAPOĞLU

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Eş Danışman

Doç. Dr. Salih KARASU

Haziran, 2023

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOĞUK PRES YAĞ ENDÜSTRİSİ YAN ÜRÜNLERİNİN BİTKİSEL BAZLI SÜT VE GIDA ÜRÜNLERİ ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Muhammed Zahid KASAPOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 09.06.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ Yıldız Teknik Üniversitesi Danışman	Doç. Dr. Salih KARASU Yıldız Teknik Üniversitesi Eş-Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Enes DERTLİ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Kevser KARAMAN, Üye
Erciyes Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Hazal TEKİN ÇAKMAK, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Hamza GÖKTAŞ, Üye
İstinye Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Soğuk Pres Yağ Endüstrisi Yan Ürünlerinin Bitkisel Bazlı Süt Ve Gıda Ürünleri Üretiminde Değerlendirilmesi" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Muhammed Zahid KASAPOĞLU

İmza

Bu çalışma, “Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1512 Girişimcilik Destek Programı 2210128” numaralı projesi ile desteklenmiştir.



Aileme

TEŞEKKÜR

Doktora eğitim süresince değerli bilgilerini benimle paylaşan kıymetli danışman hocam sayın Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ'a, değerli görüşleriyle çalışmalarıma yön veren eş danışmanım sayın Doç. Dr. Salih KARASU'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında bana yol gösteren ve her daim yanımda olan kıymetli babam Prof. Dr. Asım KASAPOĞLU'na, tüm fedakarlığı ve sevgisi ile kıymetli eşime, hayatımı anlamlı kılan güzel kızlarım Selma'm ve Zeynep'ime, kucak dolusu sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Desteği, rehberliği ve ilhamı ile akademik kariyerime başlamama sebep olduğu için rahmetli amcam İbrahim KASAPOĞLU'na sonsuz minnettarım. Cesaretlendirmeni, hedeflerime olan inancını ve hayatıma olan etkini asla unutmayacağım.

Muhammed Zahid KASAPOĞLU

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR v
SİMGE LİSTESİ ix
KISALTMA LİSTESİ x
ŞEKİL LİSTESİ xi
TABLO LİSTESİ xii
ÖZET xiv
ABSTRACT xvi
1 GİRİŞ 18
1.1 Literatür Özeti 21
1.1.1 Bitkisel Bazlı Süt 21
1.1.2 Bitkisel Bazlı Dondurma 30
1.1.3 Soğuk Pres Yağlar ve Yan Ürünleri 30
1.2 Tezin Amacı 31
1.3 Hipotez 31
2 MATERYAL VE YÖNTEMLER 33
2.1 Materyal 33
2.2 Yöntemler 34
2.2.1 Yan Ürünlerin Fizikokimyasal Özellikleri 34
2.2.1.1 Kuru Maddesinin Belirlenmesi 34
2.2.1.2 Kül İçeriğinin Belirlenmesi 34
2.2.1.3 Yağ İçeriğinin Belirlenmesi 34
2.2.1.4 Protein İçeriğinin Belirlenmesi 35
2.2.1.5 Su Aktivitesinin Belirlenmesi 36
2.2.1.6 pH Değerinin Belirlenmesi 36
2.2.1.7 Renk Değerlerinin Belirlenmesi 36
2.2.2 Yan Ürünlerin Biyoaktif Özellikleri 36
2.2.2.1 Ekstraksiyon 36
2.2.3 Yan Ürünlerin Mikrobiyolojik Özellikleri 37
2.2.4 Bitkisel Bazlı Sütün Hazırlanışı 38
2.2.5 Deneysel Dizayn 39
2.2.6 Bitkisel Bazlı Sütün Damlacık Boyutu ve Zeta Potansiyeli 40

2.2.7 Bitkisel Bazlı Sütün Fizikokimyasal Özellikleri 41
2.2.8 Bitkisel Bazlı Sütün Kolloidal Stabilitenin Belirlenmesi 41
2.2.9 Bitkisel Bazlı Sütün Optik Mikroskop Görüntüleri 41
2.2.10 Bitkisel Bazlı Sütün Renk Değerleri 41
2.2.11 Bitkisel Bazlı Sütün UV-Pastörizasyonu 42
2.2.12 Bitkisel Bazlı Sütlerin Mikrobiyolojik Analizleri 42
2.2.13 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Hazırlanışı 42
2.2.14 Bitkisel Bazlı Dondurma Karışımlarının Damlacık Boyut Dağılımları ve Zeta Potansiyel Değerleri 44
2.2.15 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Reolojik Özellikleri 44
2.2.16 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Renk Değerleri 46
2.2.17 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Taşma değeri 46
2.2.18 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Termal Özellikleri 47
2.2.19 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Duyusal Analizi 47
2.2.20 İstatistiksel Analiz 47
3 ARAŞTIRMA BULGULARI 49
3.1 Soğuk Pres Yağ Yan Ürünleri 49
3.1.1 Fizikokimyasal Özellikler 49
3.1.2 Renk Özellikleri 50
3.1.3 Biyoaktif ve Mikrobiyolojik Özellikleri 51
3.2 Bitkisel Bazlı Sütlerin Homojenizasyon Koşullarının Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisi 53
3.2.1 HYY Sütü 53
3.2.2 ÇYY Sütü 59
3.2.3 KYY Sütü 64
3.3 Optimum Bitkisel Bazlı Sütlerin Karakterizasyonu 70
3.3.1 Optik Görüntüleri 72
3.3.2 UV-Pastörizasyon 73
3.4 Bitkisel Bazlı Dondurma 76
3.4.1 Reolojik Özellikler 76
3.4.2 Damlacık Boyutu ve Zeta Potansiyeli 92
3.4.3 Taşma değeri 96
3.4.4 Termal Özellikler 99
3.4.5 Renk Değerleri 104

3.4.6 Duyusal Analiz 108
4 SONUÇ 112
KAYNAKÇA 113
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 125

SİMGE LİSTESİ

°C	Santigrat Derece
K	Kıvam Katsayısı
G_e	Son Depolama Modülü
n	Akış Davranış İndeksi
Hz	Hertz
G_0	İlk Depolama Modülü
G''	Kayıp Modülü
G'	Depolama Modülü
μm	Mikrometre
d_{32}	Damlacık Boyutu
Pa	Pascal
R^2	Regresyon Katsayısı
γ	Kayma Hızı
ζ-potential	Zeta Potansiyel
aw	Su Aktivitesi
τ	Kayma Gerilimi
ω	Açısal Hız
J	Joule
W	Watt
s	Saniye
Δ	Delta
ΔH_f	Erime Entalpisi
T_f	Erime Sıcaklığı
T_{son}	Son Sıcaklık
T_0	Başlangıç Sıcaklığı
V	Hacim
kV	Kilovat
N	Normalite

KISALTMA LİSTESİ

HYY	Hindistan Cevizi Yağı Yan Ürünü
HYYS	Hindistan Cevizi Yağı Yan Ürün Sütü
ÇYY	Çörek Otu Yağı Yan Ürünü
ÇYYS	Çörek Otu Yağı Yan Ürün Sütü
KYY	Kabak Çekirdeği Yağı Yan Ürünü
KYYS	Kabak Çekirdeği Yağı Yan Ürün Sütü
K	Kontrol
UV	Ultraviyole
US	Ultrases
TPC	Toplam Fenolik İçeriği
GAE	Gallik Asit Eş Değeri
TE	Troloks Eş Değeri
M	Molar/Örnek Miktarı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Soğuk pres yağ yan ürünleri 33
Şekil 2.2 Bitkisel sütler 39
Şekil 2.3 Bitkisel süt ve dondurma akım şeması 44
Şekil 3.1 Maksimum protein noktası için yanıt yüzey grafiği 55
Şekil 3.2 Minimum damlacık boyutu noktası için yanıt yüzeyi grafiği 56
Şekil 3.3 Maksimum stabilite noktası için yanıt yüzey grafiği 57
Şekil 3.4 Maksimum protein noktası için yanıt yüzey grafiği 60
Şekil 3.5 Minimum damlacık boyutu noktası için yanıt yüzey grafiği 61
Şekil 3.6 Maksimum kolloidal stabilite noktası için yanıt yüzey grafiği 62
Şekil 3.7 Maksimum protein noktası için yanıt yüzey grafiği 66
Şekil 3.8 Minimum damlacık boyutu noktası için yanıt yüzey grafiği 67
Şekil 3.9 Maksimum kolloidal stabilite noktası için yanıt yüzey grafiği 68
Şekil 3.10 Soğuk pres yağ yan ürün sütlerinin optik görüntüleri 73
Şekil 3.11 Akış davranış grafikleri 78
Şekil 3.12 Dinamik reolojik davranış grafiği (HYY) 82
Şekil 3.13 Dinamik reolojik davranış grafiği (ÇYY) 83
Şekil 3.14 Dinamik reolojik davranış grafiği (KYY) 83
Şekil 3.15 Tiksotropik davranış grafikleri 88
Şekil 3.16 HYY ile stabilize edilen az yağlı dondurma örnekleri 104
Şekil 3.17 ÇYY ile stabilize edilen az yağlı dondurma örnekleri 106
Şekil 3.18 KYY ile stabilize edilen az yağlı dondurma örnekleri 107

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Literatür çalışmaları 28
Tablo 2.1 Deneysel dizayn matrisi 40
Tablo 3.1 Soğuk pres yağ yan ürünlerinin fizikokimyasal özellikleri 49
Tablo 3.2 Yan ürünlerin renk değerleri 51
Tablo 3.3 Yan ürünlerin biyoaktif ve mikrobiyolojik özellikleri 52
Tablo 3.4 HYYS deneysel dizayn sonuçları 54
Tablo 3.5 Kuadratik model sonuçları (HYYS) 58
Tablo 3.6 ÇYYS deneysel dizayn sonuçları 59
Tablo 3.7 Kübik model sonuçları (ÇYYS) 63
Tablo 3.8 KYYS deneysel dizayn sonuçları 65
Tablo 3.9 Kübik model sonuçları (KYYS) 69
Tablo 3.10 Soğuk pres yağ yan ürün sütlerinin fizikokimyasal özellikleri 71
Tablo 3.11 Bitkisel sütlerin mikrobiyolojik sonuçları 75
Tablo 3.12 Akış davranış parametreleri (HYY) 79
Tablo 3.13 Akış davranış parametreleri (ÇYY) 80
Tablo 3.14 Akış davranış parametreleri (KYY) 81
Tablo 3.15 Dinamik reolojik davranış parametreleri (HYY) 84
Tablo 3.16 Dinamik reolojik davranış parametreleri (ÇYY) 85
Tablo 3.17 Dinamik reolojik davranış parametreleri (KYY) 86
Tablo 3.18 Tiksotropik davranış parametreleri (HYY) 89
Tablo 3.19 Tiksotropik davranış parametreleri (ÇYY) 90
Tablo 3.20 Tiksotropik davranış parametreleri (KYY) 91
Tablo 3.21 Zeta potansiyel ve damlacık boyutu değerleri (HYY) 93
Tablo 3.22 Zeta potansiyel ve damlacık boyutu değerleri (ÇYY) 94
Tablo 3.23 Zeta potansiyel ve damlacık boyutu değerleri (KYY) 95
Tablo 3.24 Taşma değeri kapasitesi (HYY) 96
Tablo 3.25 Taşma değeri kapasitesi (ÇYY) 97
Tablo 3.26 Taşma değeri kapasitesi (KYY) 98
Tablo 3.27 Termal Özellikler (HYY) 100
Tablo 3.28 Termal özellikler (ÇYY) 101
Tablo 3.29 Termal özellikler (KYY) 102
Tablo 3.30 Renk parametreleri (HYY) 105

Tablo 3.31 Renk parametreleri (ÇYY).....106
Tablo 3.32 Renk parametreleri (KYY) 107
Tablo 3.33 Duyusal analiz sonuçları (HYY).....109
Tablo 3.34 Duyusal analiz sonuçları (ÇYY).....110
Tablo 3.35 Duyusal analiz sonuçları (KYY).....111

ÖZET

Soğuk Pres Yağ Endüstrisi Yan Ürünlerinin Bitkisel Bazlı Süt ve Gıda Ürünleri Üretiminde Değerlendirilmesi

Muhammed Zahid KASAPOĞLU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Eş-Danışman: Doç. Dr. Salih KARASU

Giderek artan dünya nüfusu ve proteince zengin beslenmenin önem kazanması ile düşük maliyetli alternatif bitkisel kaynaklı proteinlere olan ihtiyaç artmıştır. Bu çalışma, soğuk pres Hindistan cevizi (HYY), çörek otu (ÇYY) ve kabak çekirdeği yağı yan ürünlerinin (KYY) bitki bazlı süt ve dondurma üretimi için düşük maliyetli bir alternatif kaynak olarak potansiyel kullanımını araştırmayı amaçlamıştır. İlk olarak, soğuk preslenmiş yağların yan ürünlerinden bitki bazlı sütler üretilmiş ve ticari bir Hindistan cevizi sütü ile karşılaştırılmıştır. Yan ürünlerden elde edilen sütlerin zeta potansiyel (-16,95 ile -30,95 mV) değerleri ticari numuneden (-12,35 mV) daha yüksek bulundu. Ayrıca yan ürünlerden elde edilen sütlerin partikül boyutu değeri (413,15-1025,3 nm) ticari ürüne göre (1137,50 nm) daha düşük bulunmuştur. Elde edilen bitkisel sütler ultrases ve UV pastörizasyon işlemine tabi tutulmuştur. UV pastörizasyon işlemi uygulayarak ÇYY ve HYY örneklerinde ve ultrases ön işlem UV uygulayarak örneklerde toplam bakteri yüzde yüz inhibe edilmiştir. İkinci aşamada, yan ürün sütleri (HYYS, ÇYYS ve KYYS) kullanılarak

tam yağlı ve az yağlı bitki bazlı dondurma numuneleri üretilmiş ve reolojik, duyusal ve termal özellikler açısından kontrol dondurma numuneleri ile karşılaştırılmıştır. Reolojik analiz, tüm bitki bazlı dondurma numunelerinin psödoplastik, katı benzeri ve geri kazanılabilir özellikler gösterdiğini göstermiştir. Az yağlı kontrol dondurma numuneleri (T-K1, ÇYYS-K1ve KYYS-K1) en düşük kıvam katsayısı (K) değerlerini (9,05, 4,93 ve 3,80 Pa.sn) göstermiştir. Tüm yan ürünlerin sütlerinden üretilen az yağlı bitki bazlı dondurma örneklerinin en yüksek K değerleri %3 yan ürün (HYY-3, ÇYY-3 ve KYY-3) içeren (17,69, 15,91 ve 11,31 Pa.sn) örnekler sergilemiştir. Hindistan cevizi, çörek otu ve kabak çekirdeği yağı yan ürünleri, duyusal nitelikleri değiştirmeden bitki bazlı süt ve dondurmada kullanılabilir ve tam yağlı dondurma kalite özelliklerini elde etmek için az yağlı dondurma aynı şekilde üretilebilir. Bu çalışmanın sonuçları çeşitli soğuk pres yağların yan ürünlerinden sütlerin, tam yağlı ve yağı azaltılmış bitkisel bazlı dondurmaların üretiminde ucuz bir hammadde kaynağı olarak başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki bazlı süt, az yağlı bitki bazlı dondurma, soğuk pres yağ yan ürünü, yağ ikame

ABSTRACT

Evaluation of Cold Press Oil Industry By-Products in Plant Based Milk and Food Products Production

Muhammed Zahid KASAPOGLU

Department of Food Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Osman SAGDIC

Co-supervisor: Assoc. Prof. Dr. Salih KARASU

With the increasing world population and the importance of protein-rich nutrition, the need for low-cost alternative plant-based proteins has increased. This study aimed to explore the potential use of cold pressed coconut, *Nigella sativa* and pumpkin seed oil by-products (HYY, ÇYY and KYY) as a low-cost alternative source to produce plant-based milk and ice cream. First, plant-based milks were produced from the by-products of cold-pressed oils and compared to a commercial coconut milk. The zeta potential (between-16.95 and-30.95 mV) values of the milk obtained from the by-products were found to be higher than the commercial sample (-12.35 mV). In addition, the particle size value (413.15-1025.3 nm) of the milk obtained from the by-products was found to be lower than the commercial product (1137.50 nm). The obtained plant-based milks were subjected to ultrasound and UV pasteurization. Total bacteria were inhibited one hundred percent in the samples of ÇYY and HYY by applying UV pasteurization, and in the samples by applying ultrasound pretreatment UV. In the second stage, full-fat and low-fat plant-based ice cream samples were produced using by-product milks (HYYS, ÇYYS and KYYS) and compared with control ice cream samples in terms of rheological,

sensory and thermal properties. Rheological analysis showed that all plant-based ice cream samples showed pseudoplastic, solid-like and recoverable properties. Low-fat control ice cream samples (T-K1, ÇYYS-K1ve KYYS-K1) showed the lowest consistency coefficient (K) values (9.05, 4.93 and 3.80 Pa.sn). The highest K values (17.69, 15.91 and 11.31 Pa.sn) of the low-fat plant-based ice cream samples produced from the milk of all by-products were exhibited by the samples containing 3% by-products product (HYY-3, ÇYY-3 and KYY-3). Coconut, black cumin and pumpkin seed oil by-products can be used in plant-based milk and ice cream without altering the sensory qualities, and low-fat ice cream can be produced in the same way to achieve full-fat ice cream quality characteristics. The results of this study showed that milk from the by-products of various cold pressed oils can be successfully used as an inexpensive raw material source in the production of full-fat and reduced-fat plant-based ice creams.

Keywords: Plant-based milk, low-fat plant-based ice cream, cold press oil by-product, fat substitute

1
GİRİŞ

Hayvansal kaynaklı sütler ve dondurma gibi süt ürünleri dünya çapında en çok tüketilen besin grupları arasında yer almaktadır. Ancak son yıllarda alerjik etkiler, laktoz intoleransı, veganlık ve etik nedenlerle hayvansal ürünlere yönelim azalmış ve bu ürünlerin bitki bazlı alternatiflerine yönelim artmıştır (Akbari vd., 2019; Shori vd., 2022). Bu nedenle dünya çapında bitki bazlı içeceklerin popülaritesi her geçen gün artmaktadır. Bitki bazlı içeceklerin üretiminde hammadde maliyetlerinin düşürülmesi için alternatif ucuz kaynaklara ihtiyaç vardır. Bitki bazlı içeceklerin üretiminde potansiyel alternatif kaynak olarak pirinç, yulaf, soya, bezelye, susam ve badem sıklıkla kullanılmaktadır (Zheng vd., 2016). Bu alternatif kaynaklar, bitki bazlı içeceklerin üretim maliyetini düşürmek için kullanılabilecek potansiyel seçeneklerdir. Ancak, her bir kaynağın özellikleri, besleyici değeri ve tadı farklı olabileceğinden, ürün kalitesi ve tüketici tercihleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Giderek artan dünya nüfusu, protein bakımından zengin beslenmenin önemini vurgulamakta ve hayvansal protein kaynaklarının artan talebi karşılamada sınırlılıklar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, bitkisel kaynaklı protein alternatiflerine olan ihtiyaç önemli hale gelmektedir. Bitkisel bazlı süt ve süt ürünleri sürdürülebilir olmalarıyla ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, bu bitkisel ürünlerin geliştirilmesiyle birlikte, işlevsel özelliklerinin artırılması da mümkün olmuştur. Örneğin, bitkisel bazlı sütlerin kıvamı, tatlandırılması ve besleyici değerleri üzerinde çalışmalar yapılarak geliştirilebilmektedir. Tüketicilerin kişisel tercihleri ve sağlık bilincinin artmasıyla birlikte, bitkisel bazlı süt ve süt ürünlerine olan ilgi ve talep de artmaktadır. Bu da üreticilerin bu alanda daha fazla ürün çeşitliliği sunmasını teşvik etmektedir (Silva & Smetana, 2022). Gelecekteki gıda tedarikinin sürdürülebilirliği ve tüketici taleplerini karşılamak için bitki bazlı gıdaların geliştirilmesi önemli bir adımdır. Bu gelişmeler, bitkisel bazlı protein kaynaklarının çeşitliliğini artırarak, sağlıklı ve sürdürülebilir bir beslenme seçeneği sunma potansiyeline sahiptir. Araştırma ve yenilikler, bitki bazlı süt ve süt

ürünlerinin daha da geliştirilmesine ve tüketici ihtiyaçlarına cevap veren yenilikçi çözümler üretilmesine katkı sağlamaktadır (Cardello vd., 2022).

Soğuk pres yağlar, ısı, solvent veya kimyasal işlem uygulanmadan vidalı pres kullanılarak mekanik olarak çıkarılmaktadır. Soğuk sıkım yağ üretiminin maksimum sıcaklığı 50 °C'yi geçmemektedir. Bu nedenle, yüksek biyoaktif bileşenleri nedeniyle soğuk sıkım yağ tüketiminde bir artış eğilimi vardır. Ayrıca yağ ekstraksiyonundan sonra protein ve karbonhidrat yönünden zengin bir yan ürün ortaya çıkmaktadır (Tekin-Cakmak vd., 2021). Hindistan cevizi yağlarının sağlığa yararlı ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle son yıllarda dünya çapında Hindistan cevizi yağı tüketimi artmıştır. Hindistan cevizi yağları %90 doymuş yağ asitlerinden ve toplam yağ asidi bileşiminin %62'si orta zincirli trigliseritlerden oluşmaktadır. Soğuk sıkım tekniği, Hindistan cevizi yağı üretiminde en çok kullanılan kuru ekstraksiyon yöntemlerinden biridir (Sundrasegaran & Mah, 2020). Soğuk sıkım diğer bir yağ çeşidi olan kabak çekirdeği yağı linoleik asit, oleik asit, palmitik asit ve stearik asit gibi çeşitli yağ asitlerinden oluşmaktadır ve az miktarda α-linolenik, palmitoleik, araşidik, eikosanoik, lignoserik vebehenik asit bulunur (Singh & Kumar, 2022). Önemli biyoaktif bileşiklerin varlığı nedeniyle kardiyovasküler hastalık olasılığını en aza indirmektedir (Wang vd., 2019a) ve obezite, insülin duyarlılığı , düşük östrojen seviyeleri ve iyi huylu prostat hiperplazisi gibi diğer faydaları da bulunmaktadır (Singh & Kumar, 2023). Birçok çalışma, çörek otunun, özellikle tohumu ve yağının, soğuk algınlığı, grip, baş ağrısı, diş ağrısı, astım, burun tıkanıklığı, bronşit, cilt bozuklukları, ishal, gastrointestinal dahil olmak üzere çeşitli sağlık sorunlarını tedavi etmek için önemli özelliklerini ortaya çıkarmıştır (Santiworakun vd., 2022). Ayrıca çörek otu yağı, esansiyel yağ asitleri ve yağda çözünen aktif bileşikler açısından zengindir (Osae vd., 2023; Soleimanifar vd., 2019).

Soğuk sıkım Hindistan cevizi yağı, çörek otu yağı ve kabak çekirdeği yağı üretiminden sonra ortaya lif ve protein içeriği oldukça yüksek bir yan ürün çıkarmaktadır. Bu nedenle, çeşitli soğuk pres yağların yan ürünleri, bitki bazlı ürünler için ucuz bir hammadde olarak iyi bir adaydır. Bitki bazlı içeceklerde soğuk pres Hindistan cevizi, çörek otu ve kabak çekirdeği yağı yan ürünlerinin kullanılması, bitki bazlı içecek ürünlerinin maliyetini azaltmak için önemli bir alternatif sağlayabilir ve aynı zamanda yağ endüstrisi için değerli bir yan ürün

kimliği kazanabilir (Barkah vd., 2021; Sá vd., 2023; Santiworakun vd., 2022; Zaky vd., 2021; Zheng vd., 2016).

Dondurma, hava kabarcıkları, yağ kürecikleri ve buz kristalleri ile birlikte yüksek miktarda süt ürünü veya süt ürünü olmayan yağ (%10-16) içeren donmuş ve havalandırılmış su içinde yağ (Y/S) emülsiyonudur (Karaman vd., 2014). Dondurmanın dokusu, ağızda bıraktığı his, kremsilik ve genel tercihler, yağın diğer bileşenlerle etkileşimi ile geliştirilmektedir. Bununla birlikte, tüketiciler, daha düşük koroner kalp hastalığı ve obezite riski ile ilişkilerinin bir sonucu olarak, düşük yağlı veya düşük kalorili gıda ürünlerini tercih etmektedir. Bu nedenle, son araştırmalar, az yağlı dondurmalar için yeni bir formülasyon oluştururken alternatif bileşenlerin kullanımına ve en iyi dokuyu veren bileşenlerin doğru kombinasyonuna odaklanmaktadır (Atik vd., 2021b). Ancak dondurma termodinamik olarak kararsız bir üründür. Bu nedenle dondurma üretiminde stabilizatör ve emülgatör özellikli bazı özel katkı maddeleri kullanılarak stabilite sağlanmaktadır. Soğuk preslenmiş çeşitli yağ yan ürünlerinin, yüksek protein ve karbonhidrat içerikleri nedeniyle, özellikle az yağlı emülsiyonlar olmak üzere birçok gıda uygulamasında kullanılabileceğini bildirilmiştir (Tekin-Cakmak vd., 2021). Literatürde bitki bazlı içecek ve çeşitli süt ürünlerinin üretimine dayalı farklı hammaddelerin kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Beegum vd., 2021; Tulashie vd., 2022; Yao vd., 2022). Bununla birlikte, soğuk pres Hindistan cevizi yağı, çörek otu ve kabak çekirdeği yağı yan ürünleri kullanılarak az yağlı bitkisel bazlı dondurma üzerinde herhangi bir çalışma bulunamamıştır.

Bu çalışmanın temel amacı, çeşitli soğuk sıkım yağların yan ürünlerini kullanarak bitki bazlı içecek ve dondurma üretmektir. Bu çalışmada öncelikle soğuk sıkım Hindistan cevizi, çörek otu ve kabak çekirdeği yağı yan ürünlerinden bitki bazlı bir içecek üretilmiş ve ticari bir Hindistan cevizi içeceği ile karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada, yan ürün içecekleri kullanılarak tam yağlı ve az yağlı bitki bazlı dondurma numuneleri üretilmiş ve reolojik, duyusal ve termal özellikler açısından kontrol dondurma numuneleri ile karşılaştırılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

1.1.1 Bitkisel Bazlı Süt

1.1.1.1 Bitkisel Süt Tanımı

Günümüzde bitki bazlı içeceklerin hayvansal sütün yerini almasıyla birlikte, "bitkisel bazlı süt içecekleri" veya "bitkisel sütler" olarak da adlandırılan bir segment oluşmuştur. Bu içecekler, inek sütünün benzer bir görünüm ve bazen de dokuya sahip olacak şekilde baklagiller, yağlı tohumlar veya tahılların su özütlerinden elde edilen ürünlerdir (Sethi vd., 2016). Bitki bazlı sütler mineral, vitamin, diyet lifleri ve antioksidanlar gibi sağlığa yararlı biyoaktif bileşenler bakımından zengin olduklarından dolayı fonksiyonel gıdalardır ve nutrasötikler olarak kabul edilmektedir.

Bitki bazlı içecekler, süt yerine geçen ve gıda pazarında öne çıkan ürünlerdir. Bitkisel sütler, inek sütüne benzer veya karşılaştırılabilir bunların içerisinde de önemli düzeyde protein içermektedir, örneğin, inek sütünde 240 ml'de 8,11 g protein bulunurken, soya sütünde 8,71 g, badem sütünde 1,67 g şeklindedir (Vanga & Raghavan, 2018). Bu içecekler genellikle laktoz ve kolesterol içermezler, bu da onları laktoz intoleransı olan veya hayvansal ürünleri tüketmek istemeyen kişiler için cazip hale getirir. Bitki bazlı içecekler, hayvansal sütlerle benzer bir görsel görünüm sunabilirler. Örneğin, badem sütü veya soya sütü, sütün beyaz rengine yakın bir renge sahip olabilir. Bununla birlikte, bitki bazlı içeceklerin duyusal özellikleri, kinetik stabilite ve beslenme bileşimi, hayvansal sütlerden farklılık gösterebilir. Örneğin, badem sütü bademden yapıldığı için badem tadı ve aroması içerebilmektedir. Bitki bazlı içecekler, genellikle tahıllar, sebzeler, sert kabuklu yemişler ve tohumlar gibi bitkisel kaynakların homojenleştirilmiş özlerinden elde edilmektedir. Bu içeceklerde, sürekli bir su fazı ve parçacıkların dağıldığı koloidal bir sistem bulunmaktadır. Parçacıklar arasında protein fraksiyonları, nişasta granülleri, bitki matrisinin katı kısımları ve lipid damlacıkları bulunmaktadır (Paul vd., 2020; Sethi vd., 2016). Bitki bazlı içecekler, besleyici değerleri ve çeşitlilikleriyle dikkat çekmektedir. Farklı bitki kaynaklarından elde edilen içecekler, çeşitli vitaminler, mineraller ve bitkisel bazlı proteinler içermektedir. Bu da bitki bazlı içecekleri sağlıklı bir alternatif yapar. Sonuç olarak, bitki bazlı içecekler, hayvansal süt ürünlerine alternatif olarak tercih edilen ve gıda pazarında

önemli bir yer edinen ürünlerdir. Hem sağlık hem de çevresel faktörler göz önüne alındığında, bitki bazlı içeceklerin popülaritesinin artması ve geliştirilmesi beklenmektedir (Tangyu vd., 2019).

1.1.1.2 İnek Sütü ile Bitkisel Süt

İnek sütü; şekerler, oligosakkaritler, proteinler ve mineraller dahil olmak üzere çeşitli çözünür bileşenleri içeren sulu bir ortamda süspanse edilmiş yağ globülleri ve protein nanopartiküllerinden (kazein miselleri) oluşan bileşimsel ve yapısal olarak karmaşık bir koloidal dispersiyondur (Jukkola & Rojas, 2017). İnek sütü, su, % 4-5 oranında laktoz, % 3-4 oranında yağ, % 3 protein, mineral (% 0,8) ve vitamin (% 0,1) içermektedir.

Güvenli ve dayanıklı hayvansal süt ve ürünleri oluşturmak için kullanılan en yaygın işleme yöntemleri;

- Homojenizasyon; çiğ süt genellikle yağ damlacıklarını küçültmek için yüksek basınçlı bir homojenizatörde küçük bir boşluktan zorlanmasıyla homojenize edilir (çap <500 nm).
- Isıl işlem; mikrobiyal kalite sağlamak ve raf ömrünü uzatmak için pastörize veya sterilize edilir.
- Ayırma; yağsız, yarım yağlı süt veya krema türlerinin eldesi için santrifüjleme yoluyla fraksiyonlara ayırma işlemi yapılır.

Doğal süt yağı globülleri, yaklaşık 4-5 µm bir ortalama çapa sahiptir ve fosfolipidler ile kaplanmış trigliserit açısından zengin bir çekirdekten oluşmaktadır . Hidrofobik çekirdek, trigliserid içermesinin yanı sıra, polar olmayan karotenoidler ve insan sağlığına faydalı vitaminler de içerir. Fosfolipitlerin omurgası kolesterol, proteinler, glikoproteinler, sfingomiyelin ve diğer maddelerden oluşan yapısal olarak karmaşık bir arayüz tabakasından oluşmaktadır. Ortalama 150 nm çapa sahip kazein miselleri, hidrofobik ve elektrostatik kuvvetlerle bir arada tutulan çeşitli proteinler (αS1, αS2 , β ve kazeinler) ve minerallerden (kalsiyum fosfat) oluşan nanopartiküllerdir (Lucey & Horne, 2018). Yağ globüllerini ve kazein misellerini çevreleyen sulu ortam, β - laktoglobulin, α - laktalbümin, sığır serum albümini ve immünoglobulinlerin yanı sıra laktoz, mineraller ve oligosakkaritler dahil olmak üzere çeşitli yüzey aktif proteinler içermektedir.

Termodinamik olarak kararsız bir koloidal dispersiyon olup yağ damlacıklarının küçültülmesiyle kararlı hale getirilmektedir. Homojenizasyondan sonra, damlacık yüzeyleri esas olarak, işlenmiş sütün daha sonra davranış şeklini değiştiren bir kazein ve peynir altı suyu proteinleri karışımı ile kaplanmaktadır (McClements vd., 2019).

İnek sütü, optik olarak opak kremsi beyaz bir görünüme ve karakteristik yumuşak tat profiline sahip düşük viskoziteli bir sıvıdır. Sütün görünüşü, aroması ve ağızda bıraktığı his, makro besin bileşimine, özellikle yağ içeriğine bağlıdır ve algılanan kaymaklılık yağ içeriği ile artmaktadır (Schiano vd., 2017).

Bitkisel bazlı süt alternatiflerinin başarılı bir şekilde geliştirilmesi için inek sütünün bu bileşimsel, yapısal ve fonksiyonel özelliklerinin anlaşılması önemlidir. Bu bilgiler, bitkisel bazlı içeceklerin benzer özelliklere sahip olmasını sağlamak ve tüketici beklentilerini karşılamak için kullanılmaktadır. Ayrıca, bitkisel kaynaklardan elde edilen bileşenlerin uygun kombinasyonu ve işleme teknikleri, bitkisel süt alternatiflerinin besleyici değerini, duyusal özelliklerini ve stabilitesini optimize etmek için kullanılmaktadır.

Bu anlamda badem, Hindistan cevizi, keten tohumu, baklagil veya yulaf kaynakları gibi karakteristik tatlar veya pigmentlerle gelen birçok bitki bazlı ürün için inek sütünü taklit etmek en büyük zorluklardan biridir (Jeske vd., 2017). Sonuç olarak, bitki bazlı sütlerin inek sütünden benzer veya daha iyi stabilite özelliklerine sahip olması önemlidir. Bitkisel kaynaklı sütün benzetmeyi amaçladığı standart; en yaygın kullanılan homojenize ve pastörize inek sütüdür.

Sütte bulunan şekerler ve tuzlar da tat profilini belirlemede önemli bir rol oynar. Bu nedenle, bitki bazlı ürünler tipik olarak koloidal yağ, şekerler ve tuzlar içeren sulu bir çözelti içinde dağılmış proteinden oluşmaktadır (Sethi vd., 2016).

1.1.1.3 Bitkisel Süt Kaynakları

- **Soya sütü**

Soya, proteinler ve linoleik (18: 2) ve linolenik (18: 3) asitler gibi önemli miktarda çoklu doymamış yağ asitleri açısından çok zengin olan eşsiz bir diyet kaynağıdır. Bu tohumlar % 35-45'e kadar protein ve % 20 yağ içerir ve özellikle vejetaryen diyetini izleyen kişilerde önemli bir protein kaynağı görevi görür (Friedman & Brandon, 2001). Soya ürünleri fitokimyasallar açısından zengindir; bunlardan

başlıcaları izoflavonlar, saponinler, fitik asit, tripsin inhibitörleri, fitosteroller, fenolik asitler ve lektinlerdir.

Soya sütü; sade, aromalı, kondanse ve rekonstitüe soya sütü olmak üzere farklı çeşitleri bulunur. Kalsiyum takviyeli soya içeceğinin, makrobesinler açısından inek sütüne en yakın olması ve laktoz içermemesi özellikle süt alerjisi ve laktoz intoleransı olan popülasyonlarda yaygın şekilde tüketilmektedir (Silva vd., 2020).

- **Badem sütü**

Bademin ana bileşenleri proteinler, lipitler, çözünür şekerler, mineraller ve liflerdir. Bademin %35- %52 arasında çoğunluğu lipidtir ve onu %22-25 oranında protein takip eder. Lipitler çoğunlukla doymamış yağ asitleridir ve proteinler çoğunlukla esansiyel amino asitlerdir (Vanga & Raghavan, 2018).

Özellikle kalsiyum, fosfor, selenyum, potasyum, çinko, magnezyum, ve bakır gibi besinler açısından zengindirler ve arabinoz varlığından dolayı prebiyotik özelliklere sahiptirler (Sethi vd., 2016). Ayrıca güçlü bir E vitamini kaynağıdır (25,87 mg/100 g α-tokoferol).

Ticari olarak badem sütü; kavurma, haşlama, kırma azaltma ve yağ ekstraksiyonu ile işleme tabi tutulur (Grundy vd., 2016; Wilde vd., 2019). Alerjen Pru du 6 (amandin) ısıl işlemlere karşı oldukça dirençlidir ancak pepsin enzimine karşı hassastır (Grundy vd., 2016). Mekanik işlemler ve fermentasyon işlemleri kullanılarak kolaylıkla çıkarılabilirler.

- **Hindistan cevizi sütü**

Hindistan cevizi sütü, lif, vitamin ve mineraller açısından zengin bir içecektir. İçerdiği besin öğeleri sayesinde çeşitli sağlık yararları sağlayabilir. Hindistan cevizi sütü, demir, kalsiyum, potasyum, magnezyum ve çinko gibi önemli minerallerin yanı sıra C vitamini ve E vitamini gibi antioksidan vitaminleri içerir. Bu vitaminler ve mineraller, vücudun sağlıklı bir şekilde çalışmasına katkıda bulunur (Sethi vd., 2016).

Hindistan cevizi sütü, içerdiği laurik asit adı verilen doymuş yağ sayesinde bağışıklık sistemini güçlendirmeye yardımcı olabilir. Ayrıca, laurik asit, anne sütünde bulunan bir yağ asidi olup beyin gelişimini desteklemede önemli bir rol

oynayabilir. Hindistan cevizi sütü ayrıca orta zincirli trigliseritler (MCFA) içerir, bu da sindirimin daha kolay olmasını sağlar (Belewu & Belewu, 2007).

Hindistan cevizi sütü, antikanserojen, antimikrobiyal, antibakteriyel ve antiviral etkilerle ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte, bu etkilerin tam olarak nasıl gerçekleştiği ve ne ölçüde olduğu hala araştırma konusu olup, daha fazla çalışma gerekmektedir.

Sonuç olarak, Hindistan cevizi sütü, lif, vitamin, mineral ve sağlık yararları açısından zengin bir bitki bazlı süt alternatifidir. Ancak, herhangi bir besin maddesi gibi, beslenme dengesi ve çeşitliliği önemlidir, bu nedenle Hindistan cevizi sütünü diğer besin kaynaklarıyla birlikte tüketmek en iyisidir. Bireylerin sağlık durumlarına, beslenme gereksinimlerine ve tercihlerine bağlı olarak, Hindistan cevizi sütü, bir alternatif olarak düşünülebilir.

Hindistan cevizi sütü genellikle kabukların ayrılmasından temizlenen ve rendelenen etin ayrılmasına kadar mekanik yöntemle hazırlanır. Yağ, süt ve aromatik bileşenleri çıkarmak için suyla karıştırma yapılır (Belewu & Belewu, 2007). Öğütme süresi, inkübasyon süresi ve Viscozyme-L enzimi gibi faktörler, Hindistan cevizi sütü üretimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

- **Susam sütü**

Yağlı tohum bitkilerinden susam, eşsiz aminoasit içeriği ile zengin protein kaynağıdır. Susam içeceğinin stabilitesi, proteinin denatürasyonu nedeniyle tohumların kavrulması ve ağartılmasıyla azalır. Bu nedenle tohumlar $NaHCO_3$ içeren suya daldırılmasıyla proteinin sudaki çözünürlüğünün artırması sağlanır.

Susam tohumu lignanlar açısından zengin bir kaynaktır. Sesamin, sesamolin, sesaminol gibi lignan bileşikleri, susam tohumunda bulunan önemli miktardaki aktif bileşiklerdir. Bu lignanlar çeşitli sağlık yararlarına sahip olabilir. Susam lignanları antioksidatif özelliklere sahiptir, yani serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresin etkilerini azaltabilirler. Bu, hücrelere ve dokulara zarar veren serbest radikallerin etkilerini nötralize ederek vücudun genel sağlığını korumaya yardımcı olabilir. Susam lignanlarının antikanserojenik özellikleri de araştırılmıştır. Bazı çalışmalar, susam lignanlarının kanser hücrelerinin büyümesini inhibe etme, tümör oluşumunu engelleme ve kanser hücrelerinin yayılmasını durdurma yeteneklerine sahip olduğunu göstermiştir. Bu, kanserle mücadelede potansiyel bir

rol oynayabileceklerini düşündürmektedir. Susam lignanlarının antiviral aktiviteleri de araştırılmaktadır. Bazı çalışmalar, susam lignanlarının özellikle bazı virüslere karşı etkili olduğunu göstermiştir. Bu, bağışıklık sistemini desteklemeye ve virüslerin yayılmasını engellemeye yardımcı olabilir (Namiki, 2007). Sesamolin, sesaminol kavurma ve ağartma gibi ön işlemler susam sütünün üretiminde yardımcı olur, ilki kavrulmuş bir tat verir ve ikincisi enzimatik kötü tadı azaltır (Ahmadian-Kouchaksaraei vd., 2014).

1.1.1.4 Bitkisel Süt Üretimi

Bitki bazlı süt alternatifleri üretimi için genellikle ortak adımlar bulunmaktadır. Bu adımlar aşağıda özetlenmiştir:

1. Yaş öğütme: İlgili bitki matrisi (Hindistan cevizi, fındık, badem, yer fıstığı, susam, soya, kaplan fıstığı, yulaf, pirinç, kenevir, ceviz) öğütülerek ham bir öz elde edilir.
2. Filtrasyon: Elde edilen ham öz, genellikle filtreleme işleminden geçirilerek daha pürüzsüz bir süt benzeri kıvam elde edilir.
3. Bileşenlerin eklenmesi: Ürünün tat, kıvam, stabilite ve besleyici özelliklerini iyileştirmek için çeşitli bileşenler eklenir. Bunlar arasında tatlandırıcılar, tuz, stabilizatörler, emülgatörler ve diğer gıda katkı maddeleri yer alabilir.
4. Sterilizasyon: Ürün, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunu sağlamak için sterilizasyon işleminden geçirilir. Bu işlem genellikle ısıl işlem kullanılarak gerçekleştirilir.
5. Homojenizasyon: Ürün, homojen bir yapı elde etmek için homojenizasyon işleminden geçirilir. Bu işlem, sıvının parçacıklarını daha küçük boyutlara ayırarak ürünün daha homojen bir kıvam kazanmasını sağlar.
6. Aseptik paketleme: Ürün, steril bir ortamda aseptik paketleme sistemleri kullanılarak ambalajlanır. Bu, ürünün mikroorganizma kontaminasyonu olmadan daha uzun süre dayanmasını sağlar.
7. Soğuk depolama: Paketlenmiş ürünler, düşük sıcaklıklarda saklanarak tazeliklerini ve kalitelerini korur.

Bu adımların yanı sıra, bazı ürünlerde stabiliteyi artırmak için gamlar kullanılırken, duyusal özelliklerin geliştirilmesi için tuz, aroma ve tatlandırıcılar da kullanılabilir.

Bu bileşenler, ürünün raf ömrünü artırırken tat, kıvam ve duyusal özelliklerini iyileştirir. Bu adımlar, bitki bazlı süt muadillerinin üretiminde genel olarak kullanılan işlemleri temsil etmektedir (Aydar vd., 2020; McClements vd., 2019; Sethi vd., 2016).

Bitki bazlı süt ürünlerinin güvenliği ve kalitesi, üretim sürecinde önemli bir faktördür. Bu ürünlerin son aşamasında raf ömrünü artırmak ve mikrobiyolojik stabilitelerini sağlamak için genellikle pastörizasyon işlemleri kullanılır. Pastörizasyon, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunu sağlayarak gıda ve içeceklerin mikrobiyolojik kalitesini korur. Ancak, geleneksel termal işlemler yüksek sıcaklıklar gerektirebilir ve ürünlerin fiziksel, kimyasal, duyusal ve beslenme özelliklerinde istenmeyen değişikliklere neden olabilir. Bu nedenle, termal olmayan veya hafif termal işlemlere dayalı yenilikçi işleme teknolojileri, geleneksel pastörizasyon yöntemlerinin yerini almaya başlamaktadır (McClements & Grossmann, 2021). Bu teknolojiler, mikroorganizmaları ve enzimleri etkisiz hale getirebilirken gıda kalitesi özelliklerinde aşırı değişikliklere yol açmaz. Yüksek yoğunluklu ultrason, yüksek basınçlı işleme, mikrodalga, darbeli elektrik alan, omik ısıtma, süperkritik karbondioksit ve ultraviyole radyasyon gibi yenilikçi teknolojiler, bitki bazlı içeceklerin üretiminde kullanılan işlemler arasında öne çıkmaktadır (Bocker & Silva, 2022; Aydar vd., 2020; Munekata vd., 2020).

Tablo 1.1 Literatür çalışmaları

Yenilikçi Teknoloji	Bitkisel Süt Alternatifleri	İşlem Koşulları	Etkiler	Referans
Ultrases	Badem sütü	%80 güç, 8 dk Fiziksel stabilite için 4,9 dk, 300 W ve 20 kHz	Mikroorganizma inaktivasyonu, partikül boyutunda ve viskozitede azalma	(Iorio vd., 2019; Maghsoudlou vd., 2016b)
PEF	Soya sütü	Elektrik alan şiddeti 18, 20 ve 22 kV cm^{-1} ve 25, 50, 75 ve 100 darbe sayısı	Soya fasulyesi lipoksijenazında azalma	(Kohli vd., 2017)
UHPH	Badem sütü	350 MPa, 85°C / 450–600 MPa 30°C / 300 s	Nanopartikül oluşumu, serbest bırakılan sülfhidril gruplarında azalma, mikroorganizma inaktivasyonu, protein çözünürlüğünde azalma	(Dhakal vd., 2014)
HHP	Fındık sütü	150 MPa	Ürünlerin kıvamında azalma, mikroyapısal özelliklerde iyileşme, viskozitede artış	(Bernat vd., 2015; Gul vd., 2017)
HHP	Ca ile zenginleştirilmiş Soya sütü	73-95°C'de 500-700 Mpa Ca seviyesi; 5, 10 ve 15 mmol/L	(614 MPa, 85°C ve 8.53 mmol Ca/L), lipoksigenaz ve tripsin inhibitörlerinin tamamen inhibe edilmesi, proteinlerin % 70'inden fazlasının çözünmesi	(Manassero vd., 2015)
UHPH	Badem sütü	55, 65 ve 75 ° C'de 200 ve 300 MPa	Artan basınç ve sıcaklık ile toplam tokoferol içeriğinde azalma, toplam fitosterol içeriğinde artış	(Toro-Funes vd., 2014)
Ultrases	Hindistan cevizi sütü	90 °C ön ısıtma, 40 W / l, 53 kHz	Yüksek çözünürlülük, artan termal stabilite	(Sun vd., 2022)
UV-C	Hindistan cevizi sütü	15 W-253,7 nm 10 dk 0,5–8,0 mL s^{-1}	*Salmonella enterica* inaktivasyonu *Lactobacillus rhamnosus, Salmonella* Typhimurium ve *Saccharomyces cerevisiae* inaktivasyonu	(Gabriel & Nepomuceno, 2020; Ochoa-Velasco vd., 2018)

Ultra Yüksek Basınçlı Homojenizasyon (UHPH), bitki bazlı sütün stabilitesini artırmak için etkili bir şekilde kullanılabilen, yenilikçi işleme teknolojilerinden biridir (Ferragut vd., 2015). Bu teknik, 200 ila 600 MPa arasında değişen yüksek basınçlar ve 30 ila 85°C arasındaki sıcaklıklar kullanır ve emülsiyonların partikül boyutunu azaltarak homojen partiküller üreterek stabiliteyi artırabilir. Kolloidal partiküllerin boyutunun küçültülmesinin yanında, mikroorganizmalar üzerindeki yüksek basıncın etkileri nedeniyle UHPH işlemi ile mikroorganizmaların aynı anda yok edilmesi sağlanabilir (Cruz vd., 2007).

Yüksek Hidrostatik Basınçla İşleme (HHP), hem 100-800 mPa aralığında basınç etkisi ile sütler üzerinde, özellikle proteinlerin özelliklerini değiştirir ve istenen dokuya, duyusal özelliklere ve besin değerine yol açar (Dhakal vd., 2014).

Ultrases, sıvı içerisine gönderilen ses dalgaları sıvı içinde bulunan moleküllerin titreşmesi ve bu titreşimi komşu moleküle aktararak devam ettirmesi ile meydana gelir. Partikül boyutunun azalmasıyla homojen stabil yapılar oluşturmaktadır (Jafari vd., 2007).

Darbeli Elektrik Alanları (PEF), gıda ürünlerindeki mikroorganizmaları; aroma, renk veya besin bileşikleri üzerinde minimum etkiyle inaktive etmek için kullanılan termal olmayan bir teknolojidir. Ürün iki elektrot arasına yerleştirilir ve yüksek voltajlarda (1-80 kV/cm) çok kısa darbelere (milisaniye) tabi tutularak stabilite sağlanır (Puertolas vd., 2016).

Ultraviyole, UV-C ışığı, gıda ürünlerinin işlenmesinde kullanılan bir fiziksel işlemdir. Bu işlem, mikroorganizmaların inaktivasyonu için etkili bir yöntem olarak kullanılır ve kimyasal kalıntılar oluşturmadığı bilinmektedir (Char vd., 2010). UV-C ışığının mikrobiyal inaktivasyon üzerindeki ana etkisi, özellikle 254 nm dalga boyunda, DNA seviyesinde gerçekleşir. Bu dalga boyunda UV-C ışığı emildiğinde, özellikle pirimidin bazları arasında dimerler olarak adlandırılan yapılar oluşturmak için enerji transferi gerçekleşir. Bu, DNA molekülünde hasara yol açar ve hücrenin replikasyon ve transkripsiyon süreçlerini engeller (Liltved & Landfald, 2000). Sonuç olarak, mikroorganizmaların genetik materyalleri etkilenir ve hücre ölümüne neden olur. UV-C işlemi, mikrobiyal inaktivasyonu sağlamak için genellikle düşük sıcaklıkta uygulanır, bu da gıda ürünlerinin kalite ve besin değerini korumak için avantaj sağlar. Ancak, UV-C ışığının etkili olabilmesi için mikroorganizmaların

ışığa maruz kaldığı süre ve yoğunluk gibi faktörlerin dikkate alınması önemlidir. İşlemin doğru uygulanması, mikrobiyal güvenliği sağlarken gıda ürününün kalitesini etkilememelidir. UV-C ışığı, gıda endüstrisinde mikrobiyal inaktivasyon için bir seçenek olarak kullanılmaktadır. Ancak, her gıda ürünü için etkinliği ve uygulanabilirliği değerlendirilmelidir. Ayrıca, UV-C işleminin diğer gıda işleme teknikleriyle birlikte kullanılması da düşünülebilir, çünkü farklı işlemlerin kombinasyonu, mikrobiyal güvenliği artırabilir ve gıda ürünlerinin kalitesini optimize edebilir (Ochoa-Velasco vd., 2018).

1.1.2 Bitkisel Bazlı Dondurma

Yapılan bir çalışmaya göre soğuk pres fındık yağı yan ürününden fonksiyonel bir gıda bileşiği olarak yüksek basınçlı homojenize fındık sütü elde edilmiştir. Fındık sütü kullanılarak elde edilen dondurmaların artan fındık sütü konsantrasyonu ile dondurmaların su tutma özelliklerinin, akış davranışlarının ve emülsifiye etme kapasitesinin, daha gelişmiş yapı, daha yüksek kıvam ve toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivitesine sahip olduğu gözlenmiştir (Atalar vd., 2021).

Diğer bir çalışma ise ceviz sütünün vegan dondurma üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Ceviz sütü, yüksek yağ içeriği sayesinde dondurma örneklerinin hacim, protein ve doymamış yağ asidi gibi fizikokimyasal özelliklerini geliştirmesi bitkisel süt ve süt alternatiflerinde kullanım potansiyelinin yüksek olduğunu vurgulamıştır (Bekiroglu vd., 2022).

1.1.3 Soğuk Pres Yağlar ve Yan Ürünleri

Soğuk presleme yöntemi, yağlı tohumlardan yağın çıkarılması için uygulanan bir mekanik işlemdir. Bu yöntemde yüksek sıcaklık veya çözücüler kullanılmaz. Bu nedenle soğuk pres yağları tüketici açısından daha çekici hale getiren duyusal, besleyici ve fonksiyonel özelliklere sahip olabilir. Soğuk presleme işlemi, tohum yağlarının zenginleştirilmesi için biyoaktif bileşenlerin korunmasına da olanak tanır. Flavonoidler, fenolik asitler, antioksidanlar, steroller, esansiyel yağ asitleri ve diğer biyoaktif bileşenler soğuk pres yağlarında daha yüksek seviyelerde bulunabilir. Özellikle α-linolenik asit gibi esansiyel yağ asitleri, soğuk presleme işlemiyle elde edilen yağlarda daha fazla bulunabilir. Ayrıca tohum yağlarında tokoferoller, karotenoidler ve diğer hidrokarbonlar gibi besleyici bileşenler de artabilir (Ketenoglu vd., 2020)

Soğuk pres yağ üretimi sırasında yan ürünler de ortaya çıkar. Bu yan ürünlerin geri kazanımı ekonomik açıdan önemlidir. Yan ürünler, yüksek protein, polisakkarit ve diğer besleyici bileşenlerin yanı sıra fonksiyonel, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklere sahip olabilir. Ayrıca, solvent izi içermezler (Masmoudi vd., 2021; Tekin-Cakmak vd., 2021; Zaky vd., 2021). Bu nedenle, soğuk preslenmiş yağ yan ürünleri, bitkisel bazlı süt ve süt ürünleri geliştirmek için kullanılabilir. Yüksek protein ve polisakkarit içerikleri, bu yan ürünlerin bitkisel bazlı sütlerin besleyici bileşenlerini zenginleştirmek için potansiyel bir kaynak olabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, soğuk presleme yöntemiyle elde edilen yağlar, besleyici bileşenlerin zenginleştirilmesi ve biyoaktif bileşenlerin korunması açısından avantaj sağlar. Ayrıca, yan ürünlerin kullanımıyla ekonomik ve çevresel faydalar elde edilebilir. Bu nedenle, bitkisel bazlı süt ve süt ürünleri endüstrisinde soğuk preslenmiş yağ ve yan ürünlerin kullanımı önemli bir potansiyele sahiptir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, genellikle vegan ve vejetaryen gibi kaynakta seçicilik gösteren tüketiciler ile laktoz intoleransa veya çevresel / hayvansal duyarlığa sahip kişiler için, alternatif protein kaynakları olarak, soğuk pres yağ sanayi yan ürünlerinden bitki bazlı süt ve dondurma üretilerek, bu ürünlerin fizikokimyasal, duyusal, reolojik ve yapısal çeşitli özelliklerini belirlemektir.

1.3 Hipotez

Soğuk pres yağlarının üretimi sırasında önemli miktarda yan ürün oluşur ve bu yan ürünler çeşitli açılardan zengin olabilir. Fonksiyonel, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklere sahip olmalarının yanı sıra herhangi bir çözücü izi içermezler ve yüksek protein ve karbonhidrat gibi besleyici bileşenlere sahip olabilirler. Bu yan ürünler, düşük katma değerli ürünler olarak kabul edilebilir. Ancak, geri kazanılarak yüksek katma değerli bitkisel bazlı süt ve süt ürünlerine dönüştürülebilirler. Yan ürünlerin yüksek protein içeriği, bitkisel bazlı sütlerin protein içeriğini artırma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, zenginleştirilmiş besleyici bileşenler ve fonksiyonel özellikler, bitkisel bazlı süt ve süt ürünlerinin besin değerini ve sağlık yararlarını artırabilir. Bu şekilde, soğuk pres yağ üretimi sırasında oluşan yan ürünlerin geri kazanılması, atık azaltma, ekonomik kazanç ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyele

sahiptir. Bu yan ürünlerin dönüşümüyle yüksek katma değerli bitkisel bazlı süt ve süt ürünleri elde edilebilir, böylece ürün çeşitliliği artırılabilir ve daha sağlıklı alternatifler sunulabilir.

2
MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1 Materyal

Bu çalışmada ham madde olarak ONEVA Gıda A.Ş. 'den (İstanbul, Türkiye) temin edilen soğuk preslenmiş yağ endüstrisi yan ürünleri (Hindistan cevizi (HYY), çörek otu (ÇYY) ve kabak çekirdeğinin (KYY) soğuk presle yağ ekstraksiyonu yan ürünleri) kullanılmıştır (Şekil 2.1). Soğuk preslenmiş yağların kimyasal bileşimi ürün ve üretim farklılıkları gibi durumlardan etkileneceği için bu yan ürünler aynı seri üretimden alınmıştır. Çalışmada kullanılan soğuk pres makinası 710 mm boyunda 260 mm genişliğinde, motor gücü 1,5 kW, enerji tüketimi 400-850 Watt/saat, şanzıman helisel milli dişli özelliklerine sahip vidalı prestir. Saatte 1-50 kg arasında 200'den fazla tohum işleme kapasitesi olmak üzere çok çeşitli tohum işleme özelliklerine sahiptir. Soğuk preslenmiş makinesinin kapasitesi 1080 kg ürün/gün'dür. Yağı alındıktan sonra geriye kalan yan ürün kurutulmuş şekilde muhafaza edilmiştir.

Bu yan ürünler Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği laboratuvarına getirilmiş ve analizlerine kadar 4°C'de kapalı ve opak ortamda muhafaza edilmiştir. Bu yan ürünler, bir laboratuvar değirmeni (PX-MFC 90 D, Kinematica, Malters ve İsviçre) kullanılarak öğütülmüştür ve 140 numaralı elekten elenmiştir.



Şekil 2.1 Soğuk pres yağ yan ürünleri

Dondurma üretiminde pudra şekeri, ayçiçek yağı, ksantan gam (stabilizatör olarak) ve lesitin (emülgatör olarak) kullanılmıştır. Hindistan cevizi sütü yerel bir pazardan ticari kontrol sütü olarak satın alınmıştır (Alpro Co., Belçika). Ksantan gam ve

lesitin, Sigma-Aldrich'ten (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, ABD) temin edilmiştir.

2.2 Yöntemler

2.2.1 Yan Ürünlerin Fizikokimyasal Özellikleri

2.2.1.1 Kuru Maddesinin Belirlenmesi

Yan ürünlerin kuru maddesi, AOAC'nın onaylı (Horwitz & Latimer, 2005) tarafından verilen yöntem kullanılarak kantitatif olarak analiz edilmiştir. 10±0.1 g yan ürünler, sıcak hava kurutucusunda (FN 120, Nuve, Ankara, Türkiye) 105°C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra, ağırlıklar bir analitik terazi (Sartorius d=0,1 mg Laboratoire HUMEAU) ile ölçülmüştür.

2.2.1.2 Kül İçeriğinin Belirlenmesi

Yan ürünlerin kül içerikleri, AOAC'nın (Horwitz & Latimer, 2007) resmi analiz yöntemlerine göre bir kül fırınında (Barnstead Thermolyne 72700) 550°C'de en az 5 saat yakılarak belirlenmiştir.

2.2.1.3 Yağ İçeriğinin Belirlenmesi

Yan ürünlerin yağ içeriğini belirlemek için bir Soxhlet ekstraksiyon yöntemi tercih edilmiştir. Bu analiz için 500 mL'lik cam şişeler ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar 105 ± 2°C'deki etüvde iki saat bekletilmiştir. Desikatörde oda sıcaklığına gelmesi beklendikten sonra tartımları alınmıştır. Yan ürünler, çözücünün yağa optimum şekilde nüfuz etmesini sağlamak için mümkün olan en küçük parçacıkları elde etmek üzere öğütülmüştür. Öğütülmüş numuneler 10 g tartılarak önce kaba süzgeç kağıdına daha sonra kaba süzgeç kağıdı kartuşa yerleştirilmiştir. Kartuş, solventin numuneden taşmasını önlemek için yağsız pamukla kaplanmıştır. Kartuş aparata yerleştirilmiştir. Isıtma plakalarına solvent (çözücü olarak hekzan kullanılmıştır) eklenerek 60°C'ye ayarlanmıştır. Analiz yaklaşık 6 saatte tamamlanmıştır. Bu süre sonunda çözücü damıtma yoluyla uzaklaştırılmıştır ve şişeler 105°C'de etüvde 1 saat inkübe edilerek kalan çözücünün yağdan tamamen uzaklaştırılması sağlanmıştır. Etüvdeki plakalar desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur ve son tartımları yapılmıştır. Yan ürünlerin toplam yağ içeriği daha sonra aşağıdaki denklem (2.1) kullanılarak hesaplanmıştır:

$$Yağ\ (\%) = ((M1 - M2)/m) * 100 \quad (2.1)$$

M1: Yağ+Cam şişe (sabit tartım)

M2: Cam şişe (sabit tartım)

m: Örnek miktarı

2.2.1.4 Protein İçeriğinin Belirlenmesi

Soğuk pres yan ürünlerin protein içerikleri Kjeldahl yöntemi (Jung vd., 2003) ile belirlenmiştir. Yaklaşık 3 g numune tartılarak Khejdal şişesine yerleştirilmiştir. Üzerine 25 mL konsantre H_2SO_4 ve 1 adet Kjeldahl tableti (potasyum sülfat (K_2SO_4), sodyum sülfat (Na_2SO_4), titanyum oksit (TiO_2) ve bakır sülfat ($CuSO_4$) karışımı) eklenerek 200-250°C 2 saat bekletilmiştir. Örneklerin rengi siyahtan şeffaf bir renge dönene kadar 350-400°C'de yaklaşık 8 saat yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Örnekler soğumaya bırakıldıktan sonra üzerine 5 ml %40 NaOH, 3 ml %3 borik asit ilave edilerek distilasyon işlemi yapılmıştır (Behr Distilasyon Ünitesi-S5, Almanya). 1 dakika distilasyondan sonra 0,1 N HCl ile titrasyon yapılarak harcanan HCl ml olarak kaydedilmiştir. Yan ürünlerin toplam protein içerikleri elde edilen nitrojen değerleri ile 6,25 protein faktörü çarpılarak hesaplanmıştır (Denklem 2.2 ve 2.3).

$$Nitrojen\ (\%) = ((V1 - V0) * N * M)/m * 100 \quad (2.2)$$

$$Protein\ (\%) = Nitrojen\ (\%) * 6{,}25 \quad (2.3)$$

V1: HCl solüsyonun harcanmış hacmi (mL)

V0: HCl solüsyonun başlangıç hacmi (mL)

N: HCl solüsyonun normalitesi (0,1)

M: Nitrojenin molar kütlesi 0,0014g/100mol

m: Numune kütlesi (g)

2.2.1.5 Su Aktivitesinin Belirlenmesi

Yan ürünler yüzeyi kaplayacak şekilde plastik kaplara yerleştirildikten sonra değerler su aktivitesi ölçerde (AquaLab, 2.0, ABD) 25°C'de elde edilmiştir.

2.2.1.6 pH Değerinin Belirlenmesi

Yan ürünlerin pH'ı, 25°C'de damıtılmış su içinde %10 (a/h) toz süspansiyonu içinde bir pH metre (WTW-Inolab, Weilheim, Almanya) kullanılarak ölçülmüştür.

2.2.1.7 Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Yan ürünlerin renk parametrelerini ölçmek için bir kolorimetre (CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. Tüm ölçümler CIELAB sisteminde *(L*, a** ve *b**) ve 25°C'de üçlü olarak yapılmıştır. Yan ürünlerin renk değerleri *L** (beyazlık (100) /koyuluk (0)), *a** (kırmızı/yeşillik) ve *b** (sarı/mavilik) olarak verilmiştir.

2.2.2 Yan Ürünlerin Biyoaktif Özellikleri

2.2.2.1 Ekstraksiyon

Biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu için metanol su kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi sırasında 1 g numune test tüpü içine aktarılarak üzerine 10 ml metanol:su (1:1) karışımı ilave edilmiştir. Karışım bir ultra-turrax (Daihan, HG-15D) kullanılarak 10000 rpm'de 2 dakika homojenleştirilmiştir. Karışım, oda sıcaklığında 1 saat çalkalanarak 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj yapılmıştır. Süpernatan, 0,45 um'lik bir şırınga filtresinden süzülerek elde edilen ekstraktlar ileri analizler için -20°C'de muhafaza edilmiştir.

2.2.2.2 Toplam Fenolik İçeriğinin Belirlenmesi

Elde edilen ekstraktların toplam fenolik içeriği (TPC) (Jung vd., 2003) tarafından açıklanan modifiye yönteme göre belirlenmiştir. İşlem sırasında 0,5 mL yan ürünlerin ekstraktlarının üzerine sırasıyla 2,5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi ve 2 mL Na_2C0_3 ilave edilmiştir. Karışım karanlık bir yerde 25°C'de 30 dakika inkübe edildikten sonra TPC içerikleri bir spektrofotometre (Shimadzu UV-1800, Japonya) ile 760 nm'de belirlenmiştir. Numunelerin TPC'leri, 100 g kurutulmuş numune başına miligram gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak hesaplanmıştır.

2.2.2.3 Toplam Antioksidan Analizleri

Toplam antioksidan kapasitesi CUPRAC ve DPPH serbest radikal tutucu etki yöntemi ile spektrofotometrik olarak gerçekleştirilmiştir. Tüm analizler en az iki tekrarlı olarak yapılmıştır.

Her bir yan ürün ekstraktı (0,1 ml) 1 ml $CuCl_2$ solüsyonu (170,48 mg $CuCl_2.2H_2O$/100 ml su olarak hazırlanmıştır), 1 ml Neocuproin (Nc) solüsyonu (0.156 g Nc/100 ml etanol olarak hazırlanmıştır) ve 1 ml NH4Ac (7,708 g NH_4Ac/100 ml su olarak hazırlanmıştır) solüsyonu ile karıştırılmıştır. Ardından karışıma 1 ml distile su ilave edildi. Yan ürünlerin ekstraktlarının absorbansı, 60 dakikalık inkübasyondan sonra bir spektrofotometre (Shimadzu UV-1800, Japonya) ile 450 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar, 100 g başına mg Trolox eşdeğeri (TE) olarak verilmiştir.

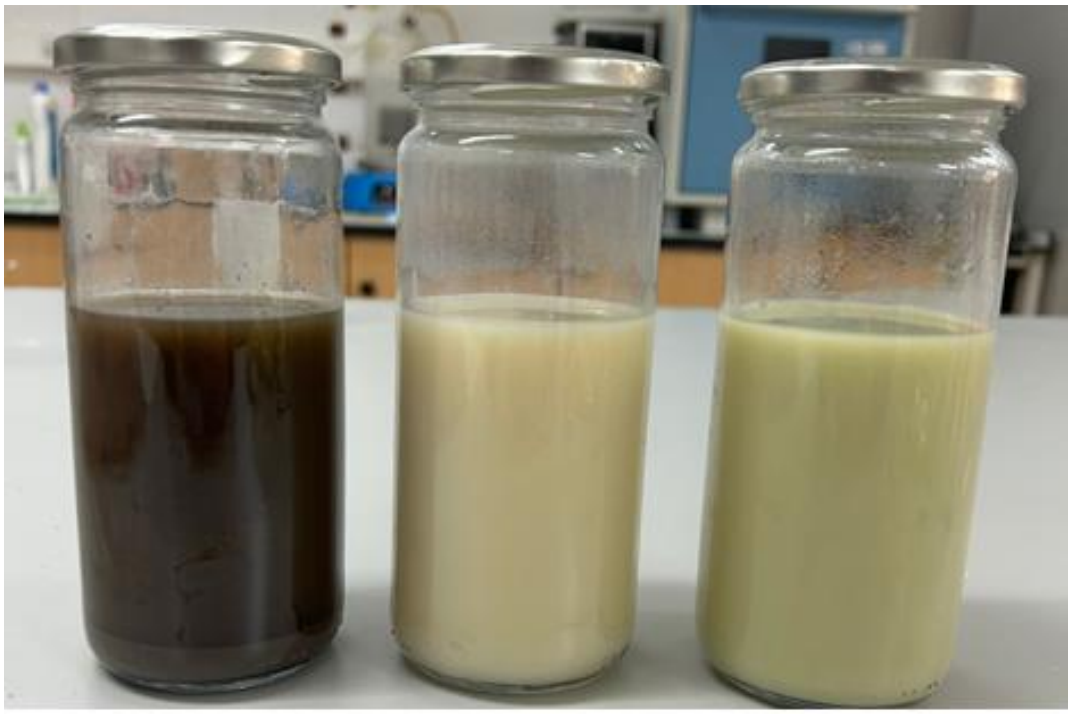
Her bir yan ürün ekstraktı (0,1 ml) 4,9 ml DPPH (1,1-diphenyl-2- picrylhydrazyl) solüsyonu ile karıştırılmıştır. Yan ürünlerin ekstraktlarının absorbansı, 60 dakikalık inkübasyondan sonra bir spektrofotometre (Shimadzu UV-1800, Japonya) ile 517 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar, 100 g başına mg Trolox eşdeğeri (TE) olarak verilmiştir.

2.2.3 Yan Ürünlerin Mikrobiyolojik Özellikleri

Yan ürünlerin toplam bakteri, koliform bakteri, maya ve küf sayımları için homojen hale getirilen 10 g yan ürün örneklerinin steril 90 ml peptone water (SCHARLAU 02-494) içerisine tartılmış ve homojenize edilmiştir. İlk olarak 10^{-1} hazırlanan solüsyondan 0,1 ml alınarak 10^{-4}'e kadar seyreltme yapılmıştır. Toplam bakteri sayımı için PCA (Plate Count Agar, Merck, Darmstadt, Almanya) besiyeri kullanılarak yayma plak yöntemine göre ekim yapılmıştır. 37 ºC'de 48 saat sonunda koloni sayımları alınmıştır. Toplam koliform sayımı için VRB (Violet Red Bile) Agar besiyeri kullanılarak yayma plak yöntemine göre ekim yapılmıştır. 24 saat 30ºC' de inkübe edilerek koloni sayımları alınmıştır. Toplam maya ve küf sayımı için DRBC Agar (Merck, Darmstadt, Almanya) besiyeri kullanılarak yayma plak yöntemine göre ekim yapılmıştır. 28ºC'de 5 gün sonunda koloni sayımları alınmıştır.

2.2.4 Bitkisel Bazlı Sütün Hazırlanışı

Bu çalışma kapsamında hammadde olarak soğuk preslenmesiyle elde edilen Hindistan cevizi, çörek otu ve kabak çekirdeği yağ yan ürünleri kullanılmıştır. HYY (Hindistan cevizi yağı yan ürünü), ÇYY (çörek otu yağı yan ürünü) ve KYY (kabak çekirdeği yağı yan ürünü) bir laboratuvar öğütücüsünde (Kinematica, Malters, İsviçre) öğütüldü ve ardından No.140 elek ile elenmiştir. Bitkisel bazlı sütlerin üretiminin akış şemasını (Şekil 2.3)'de gösterilmektedir. Yan ürün öğütüldükten sonra toplam katı konsantrasyonunu belirlemek için farklı sıcaklıklarda (40°C-50°C-60°C) damıtılmış su ile seyreltilmiş ve homojenleştirilmiştir. Ön denemeler sonucunda, en yüksek protein miktarını elde etmek için %10 w/v katı konsantrasyonunda ve 60°C'de 1 saat ön ısıl işlem uygulanmasına karar verilmiştir. Bu işlem, yan ürünün fiziksel özelliklerini ve protein içeriğini optimize etmek için yapılan bir ön işlemdir. 60°C'de 1 saat ön ısıl işlem, belirli bir sıcaklık ve süre kombinasyonuyla yan üründeki proteinin uygun şekilde işlenmesini sağlayabilir ve istenen sonuçlara ulaşılmasına yardımcı olabilir. Bu ön işlem, yan ürünün sonraki aşamalarda bitkisel bazlı süt veya süt ürünlerine dönüşümü için daha uygun bir form oluşturabilir veya yan üründeki proteinin kullanılabilirliğini artırabilir. Yan ürünün homojenleştirilmesi ise karışımın daha homojen bir şekilde dağılmasını sağlar. Bu ön deneme sonuçlarına dayanarak, yan ürünün uygun konsantrasyon ve ön işlem koşullarının belirlenmesi önemlidir. Bu adımlar, bitkisel bazlı süt ve süt ürünlerinin üretimi için yan ürünlerin optimize edilmesi ve en yüksek katma değerin elde edilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda kullanılan prosedürlerdir.



Şekil 2.2 Bitkisel sütler

Ultrases homojenizasyonunun optimum güç (W) ve süresinin (dk) belirlenmesi için bitki bazlı sütün damlacık boyutu, % protein ve kolloidal stabilitesi ölçülmüştür. Belirlenen optimum güç ve sürede homojenize edilmiştir. Ultrases işleminde sıcaklık 40°C'de soğutucu ünite ile sabit tutulmuştur. Daha sonra süt süzülerek sütün sıcaklığı 10°C'ye düşürülerek süt örnekleri buzdolabında 4°C'de muhafaza edilmiştir.

2.2.5 Deneysel Dizayn

Yanıt yüzey metodu ve tüm faktöriyel merkezi komposite dizayn kullanılarak ultrases gücü (W) ve sürenin (dk) bitkisel bazlı süt örneklerinin protein (%) damlacık boyutu (nm) ve kolloidal stabilite özellikleriine etkisi araştırılmış ve maksimum protein ve kolloidal stabilite ve minimum damlacık boyutu değerine göre optimum formülasyon belirlenmiştir. Design expert software (Version 7 Stat-Easy Co., Minneapolis, MN, USA) programı kullanılarak 13 farklı deneysel nokta elde edilmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Deneysel dizayn matrisi

Deneme	Güç (W)	Süre (dk)
1	300	1
2	500	1
3	500	4
4	500	4
5	400	4,62
6	500	1
7	400	2,5
8	400	2,5
9	300	4
10	400	2,5
11	300	1
12	400	0,38
13	300	4

2.2.6 Bitkisel Bazlı Sütün Damlacık Boyutu ve Zeta Potansiyeli

Damlacık boyutu ölçümleri, statik ışık saçılımı prensibiyle çalışan bir parçacık boyut analiz cihazı olan Zetasizer Nanozs (Malvern Instruments, Ltd., Worcestershire, BK) kullanılarak yapılmıştır. Zetasizer Nanozs, parçacık boyutu ve dispersiyon özelliklerini analiz etmek için kullanılan bir cihazdır. Bu cihaz, örnekteki parçacıkların hareketinin ışığı nasıl saçtığını ölçerek parçacık boyutu dağılımını belirlemektedir. Dondurma karışımı örnekleri damıtık suda 500 kat seyreltilerek Z-ortalama çapı olarak belirlenmiştir. Süt örneklerinin kolloidal dağılım stabilitelerini belirlemek için ζ-potansiyel olssn mikro-elektroforez cihazı (Zetasizer Nanozs, Malvern Instruments, Ltd., Worcestershire, BK) kullanılarak karakterize edilmiştir. Örnekler damıtık su ile 500 kat seyreltildikten sonra ultrasonik su banyosunda birkaç saniye homojenize edildikten sonra ölçüm alınmıştır.

2.2.7 Bitkisel Bazlı Sütün Fizikokimyasal Özellikleri

Bitkisel süt örneklerinin yağ içerikleri Gerber yöntemine göre belirlendi. Bitki sütü örneklerinin protein içeriği Kjeldahl yöntemi (Jung vd., 2003) (N x 6,25) ile değerlendirilmiştir. Bitki sütü örneğinin pH'ı bir pH metre (WTW-inoLab, Weilheim, Almanya) ile ölçülmüştür. Ölçümler üç paralel şeklinde yapılmıştır.

2.2.8 Bitkisel Bazlı Sütün Kolloidal Stabilitenin Belirlenmesi

Bitkisel süt numunelerinin kolloidal stabilitesi, 4°C'de muhafaza edilerek faz ayrımı miktarıyla belirlendi. Süt örnekleri 50 mL'lik tüplere aktarıldı ve 7. günde oluşan faz ayrımının yükseklikleri ölçüldü. Bu ölçümler, emülsiyon stabilitesi olarak adlandırılan bir parametre kullanılarak kolloidal stabiliteyi belirlemek için kullanılmıştır.

Emülsiyon stabilitesi, bir sıvı içindeki küçük damlacıkların diğer bir sıvıda ne kadar uzun süre dağılmasını ve bir arada kalmasını sağlama yeteneğini ifade eder. Bitkisel süt numunelerindeki emülsiyon stabilitesi, numunelerin içerisindeki yağ globüllerinin süt matrisi içinde ne kadar homojen dağıldığını ve ayrışmanın ne kadar az olduğunu gösterir.

$$Emülsiyon\ Stabilitesi\ (\%) = 100 - ((\mathrm{Vn}\ /\mathrm{V0}) \times\ 100) \qquad (2.4)$$

Burada V_n, depolama süresindeki (mL) sedimantasyon hacmidir ve V_0, başlangıç hacmidir (mL).

2.2.9 Bitkisel Bazlı Sütün Optik Mikroskop Görüntüleri

Örneklerin mikro yapısı, kamera bağlantısı olan bir mikroskop (OlympusDP27, Almanya) kullanılarak değerlendirilmiştir. Örnekler lamel üzerine birkaç damla damlatılarak hava veya kabarcık olmaması için bir lam ile örtülerek 40X objektif büyütmede görüntülenmiştir.

2.2.10 Bitkisel Bazlı Sütün Renk Değerleri

Süt örneklerinin renk parametreleri CR-400 (Konica Minolta, Tokyo, Japonya) renk ölçüm cihazı ile kalibre edilmiş ve ölçümler paralel olarak üç farklı noktadan gerçekleştirilmiştir. L^* değeri parlaklığı (0-100), a^* değeri kırmızıdan (+) yeşile (-), b^* değeri sarıdan (+) maviye (-) renk değişimini gösterir.

2.2.11 Bitkisel Bazlı Sütün UV-Pastörizasyonu

UV-C reaktörü, Defne Mühendislik Laboratuvar Ekipmanları (Afyonkarahisar) tarafından kullanılmıştır. Reaktör, ana gövde üzerinde 2 L kapasiteli paslanmaz çelik besleme ünitesi, peristaltik pompa, UV-C lambalı paslanmaz çelik kolon ve poliüretan bağlantı borularından oluşmaktadır. Su, besleme ünitesinden reaktöre pompalanır ve UV-C lambanın etkisiyle mikroorganizmaların inaktivasyonu gerçekleşir. Bu reaksiyon, 253,7 nm'deki radyasyon gücü 18 W olan Lightech GPH846T5L/HO/4 model UV-C lamba tarafından sağlanır. Reaktörün çift cidarlı yapısı, işlem sırasında kolonda sabit bir sıcaklığın korunmasını sağlamak için soğutma suyunun geçişini sağlar. Bu sayede reaktörün istenilen sıcaklıkta çalışması ve etkinliğinin sağlanması amaçlanır. UV-C reaktörü çalışmaya başlamadan 15 dakika önce çalıştırıldı ve kolonun dezenfeksiyonu UV-C radyasyonu ile sağlandı. UV pastörizasyonda 20 ve 40 mL/dk akış hızında sırasıyla 54 J/mL ve 27 J/mL UV doz uygulaması gerçekleştirilmiştir.

2.2.12 Bitkisel Bazlı Sütlerin Mikrobiyolojik Analizleri

UV pastörizasyon ve ultrases homojenizasyonun mikrobiyal etkisini belirlemek için bitkisel bazlı süt örneklerinin toplam bakteri, koliform bakteri, maya ve küf sayımları için homojen hale getirilen bitkisel bazlı süt örnekleri steril 90 ml peptonlu su (SCHARLAU 02-494) içerisine tartılmış ve homojenize edilmiştir. Her örneğe toplam koliform, maya ve küf 10^{-1} hazırlanan solüsyondan ekim yapılmıştır. HYY sütünün toplam bakteri sayımı 10^{-2} seyreltmede diğer örnekler 10^{-1} seyreltmede yapılmıştır. Toplam bakteri sayımı için PCA (Plate Count Agar-MERCK 1.05463.0500), toplam koliform sayımı için VRB Agar (Violet Red Bile), toplam maya ve küf için DRBC Agar (Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol-MERCK 1.00466.0500) besiyeri kullanılarak yayma plak yöntemine göre ekim yapılmıştır.

2.2.13 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Hazırlanışı

Hindistan cevizi yağı yan ürünü (HYY): Kaynak olarak soğuk pres Hindistan cevizi yağı yan ürünü kullanılarak bitki bazlı dondurma üretimi akış şemasında gösterilmiştir (Şekil 2.3). Ticari Hindistan cevizi sütü ile farklı yağ oranlarına (%2,5, 7,5 ve 12,5) sahip kontrol numuneleri (K1, K2 ve K3) olarak üç farklı dondurma numunesi üretilmiştir. Başka bir kontrol dondurma örneği (HYYS-K3),

HYY sütü kullanılarak (%12,5 yağ oranında) üretilmiştir. %2,5 yağ oranına sahip düşük yağlı dondurma örnekleri (HYY-1, HYY-2 ve HYY-3) %1, 2 ve 3 oranında HYY ilavesi ile stabilize edilmiştir.

Bitki bazlı dondurma örneklerinin formülasyonu %2,5-12,5 yağ, %12 şeker, %2 lesitin ve %0,35 ksantan gamdan (KG) oluşturulmuştur. İlk önce, KG ve HYY sütü, dondurma üretiminin ilk aşamasında oluşturulan formüllere göre tartıldı. KG, tamamen çözünmesi için kademeli olarak ilave edilmiştir ve bir manyetik karıştırıcıda 1000 rpm'de tutulmuştur. Daha sonra HYY (%1-3) eklenmiştir ve karıştırılmıştır, az yağlı dondurma formülasyonuna göre (HYY1, HYY2 ve HYY3) tartılmıştır. Daha sonra sırasıyla şeker ilave edilmiştir. Lesitin ve yağ karıştırıldı ve tüm dondurma formülasyonlarına eklenmiştir. Daha sonra dondurma karışımları homojenizatör (Ultra Turrax, DAIHAN, HG-15D, Gang-Won-Do, Güney Kore) ile 1000 rpm'de 3 dakika homojenize edilmiştir. Bu prosedürü takiben, tüm dondurma karışımı iki gün boyunca 0-4 °C'de olgunlaşması için tutuldu. Karışımlar daha sonra bir dondurma makinesi (DeLonghi IL Gelataio ICK5000, Treviso, İtalya) ile dondurma yapmak için kullanıldı. Dondurma örnekleri analiz için -18 °C'de saklanmıştır.

Çörek otu yağı yan ürünü (ÇYY) ve kabak çekirdeği yağı yan ürünü (KYY): Bitki bazlı dondurma üretiminde tüm örnekler çörek otu yağı ve kabak çekirdeği yağı yan ürün sütü ile elde edilmiştir. Kontrol numuneleri olarak farklı yağ oranlarına (2,5, 7,5 ve %12,5) sahip kontrol numuneleri olarak üç farklı dondurma numunesi üretilmiştir. %2,5 yağ oranına sahip düşük yağlı dondurma örnekleri (%1, 2 ve 3 oranında ÇYY ve KYY ilavesi ile stabilize edilmiştir.

Bitki bazlı dondurma örneklerinin formülasyonu ve üretim aşamaları Hindistan cevizi sütü bazlı dondurma ile aynıdır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Bitkisel süt ve dondurma akım şeması

2.2.14 Bitkisel Bazlı Dondurma Karışımlarının Damlacık Boyut Dağılımları ve Zeta Potansiyel Değerleri

Örneklerin damlacık boyutu parçacık boyut analiz cihazı (Zetasizer Nanozs, Malvern Instruments, Ltd., Worcestershire, BK) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dondurma karışımı örnekleri damıtık suda 500 kat seyreltilerek Z-ortalama çapı olarak belirlenmiştir. Dondurma karışımlarının kolloidal dağılım stabilitelerini belirlemek için (ζ-potansiyel) mikro-elektroforez cihazı (Zetasizer Nanozs, Malvern Instruments, Ltd., Worcestershire, BK) kullanılarak karakterize edilmiştir. Örnekler damıtık su ile 500 kat seyreltildikten sonra ultrasonik su banyosunda birkaç saniye homojenize edildikten sonra ölçüm alınmıştır.

2.2.15 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Reolojik Özellikleri

Bitki bazlı dondurma karışımlarının reolojik ölçümleri stres ve sıcaklık kontrollü peltier ısıtma sistemine sahip reometre (MCR 302, Anton Paar, Avustralya) ile gerçekleştirilmiştir. Paralel plakada, PP50 reometre probu kullanılmış olup ve

numune plakası arasında 0,5 mm boşluk bırakılmıştır. Her reolojik ölçüm 25°C'de üç kez gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin akış davranış reolojik özellikleri 0-100 kesme hızı (s^{-1}) aralığında belirlenmiştir. Akış davranış reolojik özelliklere ait parametreler Power Law modeli ve doğrusal olmayan regresyon kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\tau = K \times \gamma^n \tag{2.5}$$

Burada τ değeri kayma gerilimi (Pa), K kıvam katsayısıdır ($Pa.s^n$), γ kayma hızıdır (s^{-1}) ve n akış davranış indeksidir.

Dondurma karışımlarının dinamik reolojik analizi paralel plaka konfigürasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Doğrusal viskoelastik bölge ilk olarak %0,1 ve %100 gerilmede gerçekleştirilen amplitüd tarama testi kullanılarak tanımlanmıştır. Sonuçlara dayalı olarak, frekans tarama testi 0,1-10 Hz. frekans aralığında ve 0,1-64 s^{-1} açısal hızda (ω) gerçekleştirilmiştir. Numunelerin açısal hızlarına bağlı olarak depolama modülü (G') ve kayıp modülü (G") belirlenmiştir. Dinamik reolojik parametreleri hesaplamak için power-law modeli ve doğrusal olmayan regresyon kullanılmıştır.

$$G' = K'(\omega)^{n'} \tag{2.6}$$

$$G'' = K''(\omega)^{n''} \tag{2.7}$$

Burada G′ değeri depolama modülüdür (Pa), G″ değeri kayıp modülüdür (Pa), ω açısal hız değeridir (s^{-1}), K′, K″ kıvam katsayısı değerleridir ($Pa.s^n$) ve n′, n″ akış davranışı indeks değerleridir.

Dondurma örneklerinin 3-ITT reolojik özellikleri, değişken kesme hızı için 150 s^{-1} ve sabit kesme hızı için 0,5 s^{-1} olarak hesaplanmıştır. Değerlerin belirlenmesinde lineer viskoelastik bölge dikkate alınmış ve örneklerde lineer viskoelastik bölge 50 s^{-1}'de durmaktadır. İlk aralığın ilk 100 saniyesi sırasında, dondurma karışımları nispeten düşük bir kesme hızına (0,5 s^{-1}) tabi tutulmuştur. Belirlenen kesme hızı, 2. zaman aralığında 40 saniye boyunca 150 s^{-1}'e uygulanmıştır. Numuneler 1 s t zaman aralığında düşük kesme hızına maruz bırakarak, 3. zaman aralığı, ikinci zaman aralığında dondurma karışımlarının dinamik reolojik davranışı araştırılmıştır. Numunelerin viskoelastik katı yapısında (G′) bir değişiklik olmuştur. Numunelerin 3. zaman periyodundaki davranışlarını simüle etmek için ikinci dereceden bir yapısal kinetik model kullanılmıştır.

$$[\frac{G' - G_e}{G_0 - G_e}]^{1-n} = (n-1)k \times t - 1 \quad (2.8)$$

G′ değerinin depolama modülündeki (Pa) değişikliği temsil ettiği yerde, G0 3. zaman aralığındaki ilk depolama modülü değeridir (Pa), Ge ürünün tamamen iyileştiği andaki depolama modülüdür, k, tiksotropik hız sabitidir.

2.2.16 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Renk Değerleri

Dondurma örneklerinin renk parametreleri (Chroma Meter, Konica, Minolta, Japonya) renk ölçüm cihazı ile kalibre edilmiş ve ölçümler paralel olarak üç farklı noktadan gerçekleştirilmiştir. L^* değeri parlaklığı (0-100), a^* değeri kırmızıdan (+) yeşile (-), b^* değeri sarıdan (+) maviye (-) renk değişimini gösterir.

2.2.17 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Taşma değeri

Dondurmaların hacim artışını belirlemek için darası alınmış ölçü silindirine belirli bir hacme kadar boşluk kalmayacak şekilde dondurma numuneleri yerleştirilmiştir. Her dondurmaya aynı işlem uygulanmış ve hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra dondurmalar oda sıcaklığında erimeye bırakıldı. Eritilmiş dondurmalar, aynı silindir ölçü kabına aynı hacme kadar doldurulduu. Daha sonra eritilmiş dondurmalar hassas terazilerle tartılmıştır. Dondurmaların hacim artışının hesaplanmasında kullanılan denklem (2.9) belirtilmiştir.

$$\%Taşma\ Kapasitesi = \frac{Dondurma\ hacmi - dondurma\ miksi\ hacmi}{dondurma\ miksi\ hacmi} \quad (2.9)$$

2.2.18 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Termal Özellikleri

Bitki bazlı dondurma örneklerinin termal özellikleri, atmosfer basıncında çalışan A DTA-DSC (STA44gf3, Netzsch, Almanya) (Hwang, Shyu ve Hsu, 2009) tarafından bir diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) kullanılarak ölçüldü. 10 mg ağırlığındaki dondurma örnekleri bir Quick Press Pan (Tzero) ile kapatılmış önceden tartılmış bir alüminyum numune kabı ve sıcaklık verileri, 1 °C/dk'lık bir ısıtma hızında bir nitrojen atmosferinde -20 ila +50 °C arasında toplanmıştır.

Referans olarak boş bir Pan kullanılmıştır. Soğutma için nitrojen gazı akış hızları 50 mL/dakika idi. Başlangıç sıcaklıkları, erime geçişleri ve buz oluşumu (T0, Tf ve ΔHf) belirlendi. Başlangıç sıcaklıkları, teğet ve taban çizgisinin erime zirvesinin soluna bağlandığı nokta olarak tanımlanır. Donma noktalarını hesaplamak için en dik eğimin sıcaklığı kullanıldı. Düz taban çizgisini erime zirvesinden önce ve sonra bağlayarak ve zirveyi taban çizgisi üzerine entegre ederek zirvenin altındaki taban çizgisinin ekstrapolasyonu, füzyon entalpisini ifade eder.

2.2.19 Bitkisel Bazlı Dondurmanın Duyusal Analizi

Duyusal analiz, 5'i erkek ve 5'i erkek olmak üzere eğitimli 10 panelist tarafından analiz edildi. Panelistler ürün hakkında bilgilendirildikten sonra duyusal değerlendirme için numuneler hazırlanmıştır. Duyusal değerlendirme formu kullanıldı. Dondurma örneklerinin duyusal analizinde renk ve görünüm, buzlu yapı ve tutarlılık, yabancı tat ve koku, krema tadı, erime direnci ve genel kabul kriterleri belirlendi. Duyusal değerlendirmelerde 1 ile 9 arasında puan vermeleri istendi. Hedonik hoşlanma ölçeği ile değerlendirilmiştir (1: aşırı derecede hoşlanmam, 2: pek sevmem, 3: orta derecede sevmem, 4: az sevmem, 5: hiç sevmem ya da sevmem, 6: biraz severim, 7: orta derecede severim, 8: çok beğendim ve 9: aşırı derecede beğendim).

2.2.20 İstatistiksel Analiz

Veriler JMP 9 (SAS, NC, ABD) programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey testiyle analiz edilmiştir. Değişkenler arasındaki farklar

$p<0,05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir. Aritmetik ortalama ve standart sapmalar her değişken için hesaplanmıştır.

3
ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Soğuk Pres Yağ Yan Ürünleri

3.1.1 Fizikokimyasal Özellikler

Bitkisel bazlı süt ve dondurmaların elde edildiği soğuk pres Hindistan cevizi yağı, çörek otu yağı ve kabak çekirdeği yağı yan ürünlerin fiziksel, kimyasal, biyoaktif ve mikrobiyolojik özellikleri belirlenmiştir. Hammadde olarak kullanılan soğuk pres yağ yan ürünlerin analiz sonuçları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Soğuk pres yağ yan ürünlerinin fizikokimyasal özellikleri

	HYY	**ÇYY**	**KYY**
Kuru Madde %	92,10±0,04^{a}	90,5±2,22^{a}	88,99±0,65^{b}
Kül %	2,94±0,00^{b}	3,29±0,01^{a}	2,44±0,00^{c}
Yağ %	11,89±0,01^{b}	16,84±1,75^{a}	10,40±1,12^{b}
Protein %	17,20±0,80^{c}	28,49±1,16^{b}	45,70±2,25^{a}
Karbonhidrat %	60,07±1,44^{a}	41,88±0,40^{b}	30,45±0,40^{c}
pH	5,84±0,02^{a}	5,88±0,16^{a}	6,02±0,00^{a}
Su Aktivitesi	0,42±0,20^{a}	0,45±0,12^{a}	0,45±0,01^{a}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı satırda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. (HYY: Hindistan cevizi yağı yan ürünü, ÇYY: Çörek otu yağı yan ürünü, KYY: Kabak çekirdeği yağı yan ürünü)

Yan ürünlerin kuru madde içerikleri %88,99 ile %92,10 arasında değişerek birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Kül içerikleri %2,44 ile %3,29 arasında değişkenlik gösterdi ve en yüksek kül içeriği ÇYY'de bulunmuştur ve bunu HYY

ve KYY izledi. Literatürde benzer bir çalışmada çörek otundan elde edilen soğuk preslenmiş yağ yan ürünlerinin kuru madde, kül, protein ve karbonhidrat içerikleri sırasıyla %92,10, %7,20, %30,16 ve %39,55 olarak bulunmuştur (Barkah vd., 2021). Tablo 3.1 incelendiğinde soğuk preslenmiş yağ yan ürünlerinin yüksek kaliteli protein ve karbonhidrat kaynakları olarak kabul edilebileceği görülmüştür. Protein içerikleri kaynağa bağlı olarak %17,20 ile %45,70 arasında, karbonhidrat içerikleri %30,45 ile %60,07 önemli ölçüde farklılık göstermiştir. En yüksek protein içeriğine kabak çekirdeği yağı yan ürünü en düşük protein içeriğine Hindistan cevizi yağı yan ürünü sahipti. Benzer çalışmaların soğuk preslenmiş yağlı tohumların yan ürünleri incelendiğinde kolza tohumunda %32,8, susam tohumunda %64,4, kabak çekirdeğinde %45 protein olduğu görülmektedir (Jia vd., 2021; Sá vd., 2022, 2023). Bulgulara göre tüm yan ürünlerin büyük miktarda protein ve karbonhidrat içeriğine sahip olması bitkisel bazlı ürünler için zengin hammadde kaynaklarını oluşturmaktadır.

HYY, ÇYY ve KYY yağ içeriklerine bakıldığında sırasıyla %11,89, %16,84 ve %10,40'tır. Yan ürünlerin yağ içeriklerinin %10'dan fazla olması düşük soğuk presleme verimi olduğu gösterir. Bu durum yan ürünlerin depolanmasında oksidasyon sorunu açısından ve yan ürünce zengin gıdalar üretimi için oldukça önemlidir. Yüksek yağ içeriğine sahip olmalarına rağmen hammaddelerin yüksek fenolik içeriği sayesinde oksidasyon önlenebilir.

HYY, ÇYY ve KYY'nin pH değerleri 5,84 ile 6,02 arasında değişmiştir. Su aktivitesi gıda ürünlerinde mikrobiyolojik gelişim göstergesidir ve mikrobiyal gelişimin olmaması için 0,7 değerinin altında olması beklenir. Tablo 3.1 incelendiğinde tüm yan ürünler 0,42 ile 0,45 arasında olduğu görülmektedir.

Sonuçlara göre soğuk preslenmiş yağların yan ürünleri, gıda formülasyonları ve insan beslenmesi için potansiyel bir protein ve karbonhidrat kaynağı olarak değerlendirilebilir.

3.1.2 Renk Özellikleri

Soğuk preslenmiş yağ yan ürünlerinin görsel kabulü büyük ölçüde renk değerleri ile belirlenmektedir. Soğuk preslenmiş yağ yan ürünlerinin renk değerleri elde edildikleri kaynaklara bağlıdır ve yan ürün çeşidi değiştikçe renk değerleri de değişmektedir. HYY, ÇYY ve KYY'nin renk değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

HYY, ÇYY ve KYY'nin *L**, *a** ve *b** değerleri sırasıyla 41,11 ile 84,96, -3,50 ile 1,65, 3,94 ile 21,60 arasında değişmektedir. HYY, en yüksek *L** değerine (en açık renk değeri) ve en yüksek *b** değerine (en yüksek sarılık) sahiptir.

Tablo 3.2 Yan ürünlerin renk değerleri

Renk Değerleri	HYY	ÇYY	KYY
L*	84,96±0,09^{a}	41,11±0,34^{bc}	44,15±0,22^{b}
a*	1,55±0,05^{a}	1,65±0,05^{a}	-3,50±0,17^{b}
b*	21,60±0,40^{a}	3,94±0,10^{c}	11,66±0,11^{b}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı satırda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. (HYY: Hindistan cevizi yağı yan ürünü, ÇYY: Çörek otu yağı yan ürünü, KYY: Kabak çekirdeği yağı yan ürünü)

Gıda ürünlerinin rengi, tüketici algısını etkileyen en önemli değişkenlerden biridir. Çeşitli katkı maddelerinin eklenmesiyle gıdaların renk özellikleri değiştirilebilir. Bu bağlamda, bu yağ yan ürünleri, gıda üretimi için renk maddesi olarak kullanılabilir.

3.1.3 Biyoaktif ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Tablo 3.3 yan ürünlerin toplam fenolik içeriğini (TPC) ve antioksidan kapasitesini (CUPRAC ve DPPH) ve mikrobiyolojik özelliklerini göstermektedir. Soğuk pres yağ yan ürünlerinde doğal olarak bulunan fenolik bileşikler yan ürünlerin duyusal özelliklerini ve oksidatif stabilitesini olumlu yönde etkiler.

Tablo 3.3, TPC sonuçlarının 104,49 mg GAE/100 g ile 607,12 mg GAE/100 g arasında değişmesine bağlı olarak yan ürünler birbirinden önemli ölçüde farklılık göstermiştir.

Tablo 3.3 Yan ürünlerin biyoaktif ve mikrobiyolojik özellikleri

	HYY	**ÇYY**	**KYY**
TPC (mg GAE/100g)	104,49±1,06^{c}	607,12±6,03^{a}	351,14±4,44^{b}
CUPRAC (mg TE/100g)	106,58±10,38^{c}	650,44±42,21^{a}	495,22±4,40^{b}
DPPH (mg TE/100g)	3,01±0,03^{c}	15,34±0,01^{a}	11,38±0,03^{b}
Toplam Bakteri	<1	<1	<1
Toplam Koliform	<1	<1	<1
Toplam Maya-Küf	<1	<1	<1

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı satırda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. (HYY: Hindistan cevizi yağı yan ürünü, ÇYY: Çörek otu yağı yan ürünü, KYY: Kabak çekirdeği yağı yan ürünü)

En yüksek TPC değerine ÇYY ve KYY örneği sahipken HYY en düşük değere sahip olduğu görülmüştür. (Tekin-Cakmak vd., 2021)'de yaptığı çalışmada soğuk preslenmiş Hindistan cevizi çörek otu, kabak çekirdeği ve keten tohumu yağı yan ürünlerinin TPC değerleri 65,66 ile 278,01 GAE/100g yağ arasında değiştiği belirlenmiş en yüksek değerlerin çörek otu ve keten tohumunda olduğunu bildirilmiştir. Fenolik bileşikler, güçlü antioksidan etkileri bulunur. Yüksek fenolik içeriğine sahip yan ürünlerin antioksidan aktiviteleri CUPRAC ve DPPH yöntemleri ile tespit edilmiştir. Tablo 3.3'te görüldüğü gibi CUPRAC ve DPPH sonuçları sırasıyla 106,58 mg TE/100 g ile 650,44 mg TE/100 g ve 3,01 ile 15,34 arasında değişerek TPC sonuçları ile pozitif korelasyon bulunmuştur. Literatürdeki soğuk pres yağ yan ürünleri antioksidan aktiviteleri incelendiğinde benzer sonuçlar bulunmuştur (Tekin-Cakmak vd., 2021).

Tüm yan ürünlerin mikrobiyolojik analizi sonuçlarında (toplam bakteri, toplam koliform ve toplam maya ve küf) herhangi bir mikrobiyal gelişim saptanmamıştır (Tablo 3.3).

3.2 Bitkisel Bazlı Sütlerin Homojenizasyon Koşullarının Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisi

Soğuk preslenmiş Hindistan cevizi yağı, çörek otu yağı ve kabak çekirdeği yağı yan ürünü kullanılarak elde edilen sütlerin homojenizasyonu için ultrases gücü ve süresinin protein miktarı, damlacık boyutu ve kolloidal stabilitesinin etkisi yanıt yüzey yöntemiyle belirlenmiştir. 13 farklı deneme dizaynı sonucu oluşturulan farklı koşulların protein miktarı, damlacık boyutu ve kolloidal stabilite üzerine etkisi modellenmiştir.

3.2.1 HYY Sütü

3.2.1.1 Protein Değerleri

Deneme dizaynı, farklı ultrases güç ve sürelerinde elde edilen numunelerin çözünür protein miktarlarını göstermektedir (Tablo 3.4). Çözünür protein miktarları, %1,382 ile %2,839 arasında değişmiştir, bu da ultrases gücünün artmasıyla çözünür protein miktarının değiştiğini göstermektedir. Ultrases gücünün artmasıyla çözünür protein içeriğinde öncelikle bir artış görülmüş ancak daha sonra bir azalma meydana gelmiştir. Şekil 3.1'de bu değişimi grafiksel olarak göstermektedir. Ultrases uygulamasında gücün ve sürenin artması, proteinlerin ikincil, üçüncül ve kuaterner yapılarında bozulmalara neden olabilir. Bu bozulmalar, proteinlerin açılmasına veya denatürasyonuna yol açar. Denatüre olan proteinler, normal üç boyutlu yapılarını kaybeder ve daha az çözünür hale gelir (Rahman vd., 2020).

Proteinlerin açılması veya denatürasyonu, proteinler arasında agregasyona (birleşme) neden olabilir. Agregasyon, çözünür proteinlerin bir araya gelerek büyük moleküller veya partiküller oluşturmasına yol açar. Bu da çözünür protein miktarında azalmaya ve çözünürlükte azalmaya neden olabilir (Jiang vd., 2014).

Maksimum çözünür protein ise 400 W 2,5 dak da saptanmıştır. 400W- 2,5 dk üzerinde uygulanan güçte ve sürede kavitasyon etkisi ile proteinlerde çözünürlülüğünün azaldığı söylenilebilir (Byanju vd., 2020).

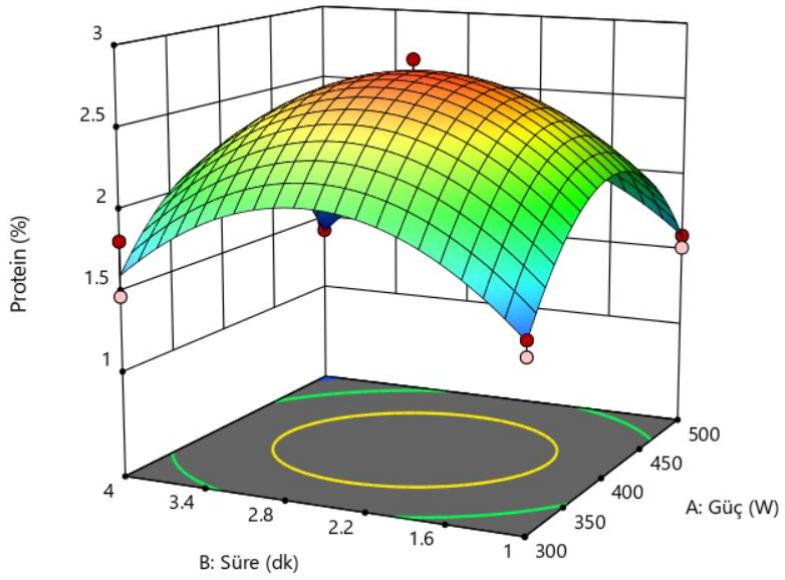
Ultrases gücü ve ultrases uygulama süresinin süt örneklerinin protein miktarı üzerine etkisi kuadratik model ile modellenmiştir. Tablo 3.5'te görüldüğü üzere, kuadratik modele ait R^2 ve Adj R^2 değerleri sırasıyla 0,968 ve 0,946 olarak bulunmuştur. R^2 değerinin yüksek çıkması protein miktarı üzerine homojenizasyon

koşulu etkisinin kuadratik model ile başarılı bir şekilde açıklanabileceğini göstermektedir. Model sonuçları incelendiğinde kuadratik modelin anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Modele ait lack of fit değeri ise önemsiz ($P=0,13$) olarak bulunmuştur. Tablo 3.5'e göre güç ve sürenin lineer etkileri önemsiz bulunurken her iki parametrenin kuadratik etkileri ise önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 3.4 HYYS deneysel dizayn sonuçları

Deneme	Güç (W)	Süre (dak)	Protein (%)	Damlacık Boyutu (nm)	Kolloidal Stabilite (%)
1	300	1	1,382	2117,67	92,63
2	500	1	1,596	1041,67	97,54
3	500	4	1,408	720,73	74,00
4	500	4	1,472	789,33	74,20
5	400	4,62	1,472	979,43	66,74
6	500	1	1,515	955,43	97,53
7	400	2,5	2,720	400,70	99,56
8	400	2,5	2,733	461,90	99,56
9	300	4	1,467	986,27	64,50
10	400	2,5	2,839	405,60	99,54
11	300	1	1,480	2492,67	92,61
12	400	0,38	1,750	1259,00	98,00
13	300	4	1,810	992,50	65,00

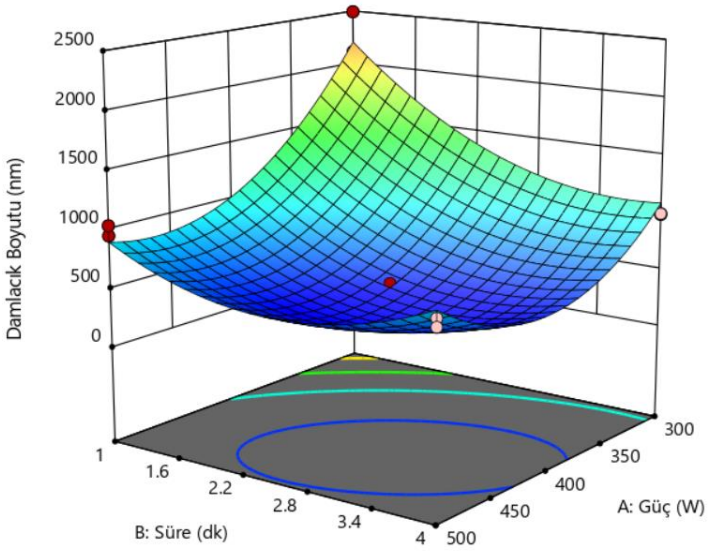
HYYS: Hindistan cevizi yağı yan ürün sütü



Şekil 3.1 Maksimum protein noktası için yanıt yüzey grafiği

3.2.1.2 Damlacık Boyutu Değerleri

Tablo 3.4'e göre, farklı güç ve sürelerde homojenize edilen süt numunelerinin damlacık boyutu önemli ölçüde etkilenmiştir. Güç ve süre arttıkça damlacık boyutunun azaldığı görülmüştür. Örneğin, 400 W- 2,5 dk'lık homojenize süt örneği en düşük damlacık boyutuna sahip olmuştur. Bu durum, sıvı ultrasonun kavitasyon kabarcıklarının oluşumuna neden olması ve ultrason işleminin süt örneklerindeki partikülleri parçalamasıyla ilgilidir. Yüksek yoğunluklu ultrason dalgaları, süt ortamında kavitasyon kabarcıklarının oluşmasına neden olur. Bu kabarcıklar patladığında, çevredeki sıvıyı etkileyen şiddetli basınç dalgalanmaları meydana gelir ve bu da partiküllerin parçalanmasına ve damlacık boyutunun küçülmesine yol açar (Shanmugam vd., 2012; Yang vd., 2008). Homojen bir süt örneği için, genellikle damlacık boyutunun 0,5 mikrondan daha küçük olması beklenir. Tablo 3.4'teki sonuçlara göre, 400 W- 2,5 dk'lık homojenize süt örneği en düşük damlacık boyutuna sahip olduğundan, bu durum beklenen homojen süt örneği için uygun bir damlacık boyutunu göstermektedir.



Şekil 3.2 Minimum damlacık boyutu noktası için yanıt yüzeyi grafiği

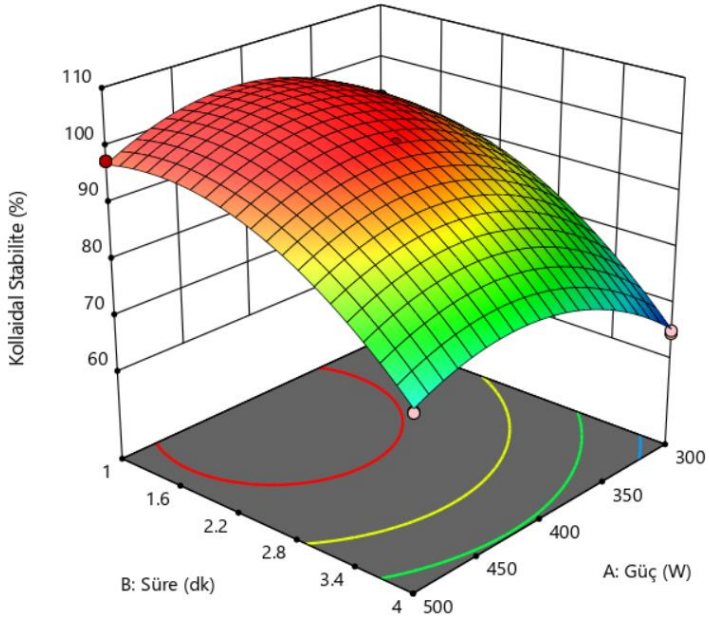
Tablo 3.5'te görüldüğü üzere, 13 farklı deneme dizaynı sonucu oluşturulan farklı koşulların protein miktarı, damlacık boyutu ve kolloidal stabilite üzerine etkisi kuadratik model ile modellenmiştir. Farklı koşulların kullanımının damlacık boyutu üzerine etkisi gösteren modele ait R^2 ve Adj R^2 değerleri sırasıyla 0,934 ve 0,887 olarak bulunmuştur. Model sonuçları incelendiğinde kuadratik modelin anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Modele ait lack of fit değeri ise önemli ($P=0,006$) olarak bulunmuştur. Kuadratik modele göre güç ve sürenin lineer etkileri, güç-süre etkileşimleri ve güç ve sürenin damlacık boyutu üzerine kuadratik etkileri önemli düzeyde bulunmuştur (Tablo 3.5).

3.2.1.3 Kolloidal Stabilite Değerleri

Tablo 3.4'ten elde edilen sonuçlara göre, ultrason uygulamasının örneklerin ortalama damlacık boyutunu azalttığı görülmüştür. Maksimum kolloidal stabilite, 2,5 dakika boyunca 400W homojenizasyon koşuluyla %99,6 olarak bulunmuştur. Daha düşük güç ve sürelerde homojenize edilen örnekler, büyük parçacıklara sahip olduklarından dolayı daha yüksek sedimentasyon göstermiştir. Düşük stabiliteye sahip örneklerdeki durum, kavitasyon etkisi nedeniyle hücre hasarı ve bozulma, hücre içi bileşiklerin salınması ve viskozitenin artmasıyla ilişkilendirilebilir (Sarangapany vd., 2022). Viskozitedeki artış, sedimentasyonun azalmasını açıklayabilir. Ayrıca, daha yüksek güç değerleriyle protein denatürasyon

derecesinin artması, faz ayrımı üzerinde rekabet etkisi gösterebilir (Vanga vd., 2020; Wang vd., 2020).

Kolloidal stabilite modellenerek elde edilen sonuçlara bakıldığında, R^2 ve Adj R^2 değerlerinin 0,99'dan büyük olduğu ve p değerinin 0,05'ten küçük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, Tablo 3.5'e göre gücün ve sürenin lineer etkileri, güç-süre etkileşimleri ve kuadratik etkilerinin önemli olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).



Şekil 3.3 Maksimum stabilite noktası için yanıt yüzey grafiği

Tablo 3.5'te görüldüğü üzere, Kuadratik model kullanılarak yapılan analiz sonucunda, homojenizasyon koşullarının bitkisel sütün fizikokimyasal özellikleri üzerinde etkisinin başarılı bir şekilde açıklandığı görülmüştür. Modelde yer alan tüm parametreler için p değerlerinin 0,05'ten küçük olduğu ve modelin R^2 değerinin 0,95'ten yüksek olduğu belirtilmiştir (Tablo 3.5). Optimize edilmiş deney koşullarına göre, HYY sütünün homojenizasyonu için önerilen güç değeri 405,16W ve süre değeri 2,52 dakikadır. Optimizasyonda maksimum protein ve kollodial stabilite ve minumum damlacık boyutu dikkate alınmıştır. Desirability değeri 0,99 olarak tespit edilmiştir. Bu koşulların kullanılmasıyla sütün fizikokimyasal özelliklerinin istenen düzeyde etkili bir şekilde optimize edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Bu bulgular, homojenizasyon işleminin bitkisel sütün kalitesi üzerinde önemli bir parametre olduğunu ve uygun koşulların belirlenmesinin ürünün istenen özelliklere sahip olmasını sağladığını göstermektedir.

Tablo 3.5 Kuadratik model sonuçları (HYYS)

ANOVA / Kuadratik model						
Source	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F-value**	**p-value**	
Response 1: Protein						
Model	3,56	5	0,7115	42,67	< 0,0001	significant
A-Güç	0,0027	1	0,0027	0,1642	0,6974	
B-Süre	0,0036	1	0,0036	0,2182	0,6546	
AB	0,0522	1	0,0522	3,13	0,1202	
A^2	1,35	1	1,35	80,87	< 0,0001	
B^2	1,60	1	1,60	95,68	< 0,0001	
Residual	0,1167	7	0,0167			
Lack of Fit	0,0392	1	0,0392	3,04	0,1319	not significant
Pure Error	0,0775	6	0,0129			
Cor Total	3,67	12				
Response 2: Damlacık boyutu						
Model	4,341E+06	5	8,682E+05	19,98	0,0005	significant
A-Güç	1,187E+06	1	1,187E+06	27,32	0,0012	
B-Süre	1,029E+06	1	1,029E+06	23,68	0,0018	
AB	5,749E+05	1	5,749E+05	13,23	0,0083	
A^2	7,219E+05	1	7,219E+05	16,61	0,0047	
B^2	5,821E+05	1	5,821E+05	13,39	0,0081	
Residual	3,042E+05	7	43460,55			
Lack of Fit	2,255E+05	1	2,255E+05	17,19	0,0060	significant
Pure Error	78716,60	6	13119,43			
Cor Total	4,645E+06	12				
Response 3: Kolloidal Stabilite						
Model	2596,92	5	519,38	429,37	< 0,0001	significant
A-Güç	101,75	1	101,75	84,11	< 0,0001	
B-Süre	1796,37	1	1796,37	1485,06	< 0,0001	
AB	9,83	1	9,83	8,13	0,0246	
A^2	226,98	1	226,98	187,65	< 0,0001	
B^2	354,32	1	354,32	292,92	< 0,0001	
Residual	8,47	7	1,21			
Lack of Fit	8,32	1	8,32	343,13	< 0,0001	significant
Pure Error	0,1455	6	0,0243			
Cor Total	2605,38	12				

3.2.2 ÇYY Sütü

3.2.2.1 Protein Değerleri

Deneme dizaynı farklı ultrases güç ve sürelerinde elde edilen numunelerin çözünür protein miktarlarını göstermektedir (Tablo 3.6). Çözünür protein miktarları, %0,16 ile %0,76 arasında değişmiştir, bu da ultrases gücünün artmasıyla çözünür protein miktarının değiştiğini göstermektedir. Ultrases süresinin artmasıyla çözünür protein içeriğinde öncelikle bir artış görülmüş, ancak daha sonra bir azalma meydana gelmiştir. Şekil 3.4 bu değişimi grafiksel olarak göstermektedir. Maksimum çözünür protein ise 500 W 4 dk'da saptanmıştır.

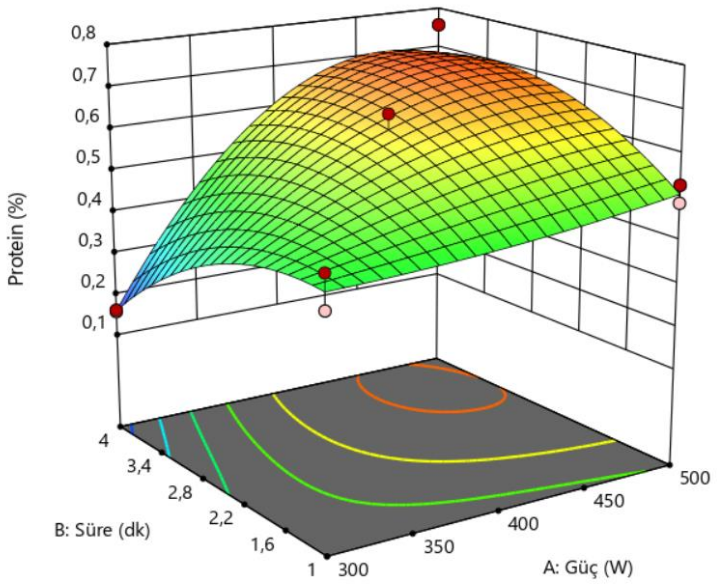
Tablo 3.6 ÇYYS deneysel dizayn sonuçları

Deneme	Güç (W)	Süre (dk)	Protein (%)	Damlacık Boyutu (nm)	Kolloidal Stabilite (%)
1	300	1	0,399	3575,00	95,00
2	500	1	0,488	1697,50	93,00
3	500	4	0,602	2340,00	91,00
4	500	4	0,757	2655,50	91,00
5	400	4,62	0,571	2893,00	95,00
6	500	1	0,530	1712,50	94,00
7	400	2,5	0,664	2112,50	92,00
8	400	2,5	0,599	2212,50	91,00
9	300	4	0,161	1675,50	94,00
10	400	2,5	0,618	1192,50	91,00
11	300	1	0,478	3279,50	95,00
12	400	0,38	0,342	1067,00	97,00
13	300	4	0,157	2056,00	95,00

ÇYYS: Çörek otu yağı yan ürün sütü

Ultrasonik işlem protein moleküllerinin denatürasyonuna neden olabilir. Proteinlerin denatürasyonu, hidrofobik özelliklerini artırarak ekstrakt stabilitesini iyileştirebilir. Ultrason enerjisi ve işlem süresi arttıkça, akustik kavitasyon (kabarcık oluşumu ve çökmesi) proteinlerin hidrofobik özelliklerini artırabilir ve protein yapılarının açılmasına yol açabilir. Bu da proteinleri sürfaktan gibi davranabilir hale getirir ve ardından proteinin yüzeylere adsorbe olmasına olanak tanır (Singh & Kumar, 2022; Vanga & Raghavan, 2018; Wang vd., 2020).

Farklı koşulların kullanımının protein değeri üzerine etkisi gösteren modele ait R^2 ve Adj R^2 değerleri sırasıyla 0,954 ve 0,908 olarak bulunmuştur (Tablo 3.7). R^2 değerinin yüksek çıkması protein miktarı üzerine homojenizasyon koşulu etkisinin kübik model ile başarılı bir şekilde açıklanabileceğini göstermektedir. Modele ait 20,91 F değeri, modelin anlamlı olduğunu gösterir. 0,05'ten küçük P değerleri, model terimlerinin önemli olduğunu gösterir. Tablo 3.7'ye göre model sonuçları incelendiğinde kübik modelin anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Tablo 3.7'de kübik modele göre güç ve sürenin lineer etkisi, güç-süre etkileşimleri ve güç ve sürenin protein miktarı üzerine etkileri önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$).

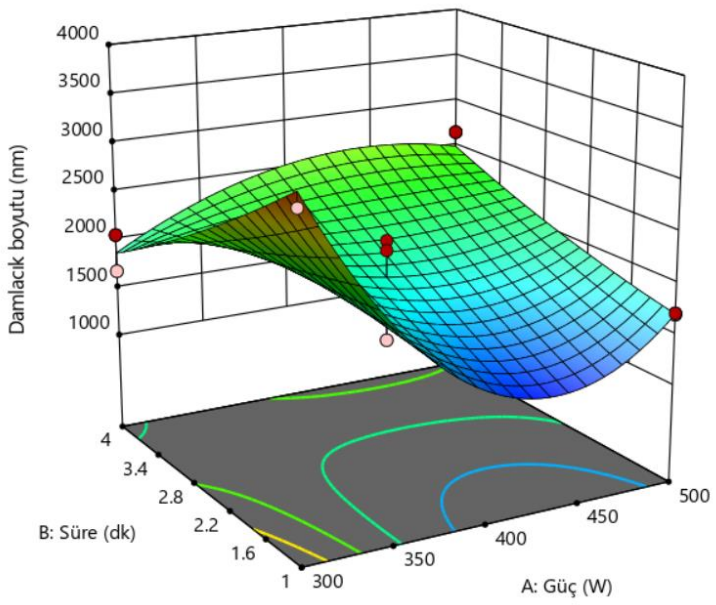


Şekil 3.4 Maksimum protein noktası için yanıt yüzey grafiği

3.2.2.2 Damlacık Boyutu Değerleri

Tablo 3.6'ya göre, farklı güç ve sürelerde homojenize edilen süt numunelerinin damlacık boyutu önemli ölçüde etkilenmiştir. Damlacık boyutları 1067 nm ile 3575 nm arasında değişiklik göstermiştir. Şekil 3.5'te gösterildiği gibi süre arttıkça damlacık boyutunun azaldığı görülmüştür. Model sonuçları incelendiğinde 400 W ve 0,38 dk'lık homojenize süt örneğinin en düşük damlacık boyutuna sahip olduğu belirlenmiştir.

Farklı koşulların kullanımının damlacık boyutu üzerine etkisi gösteren modele ait R^2 ve Adj R^2 değerleri sırasıyla 0,884 ve 0,767 olarak bulunmuştur (Tablo 3.7). Model sonuçları incelendiğinde kübik modelin anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Modele ait 7,59 F değeri, modelin anlamlı ve 0,05'ten küçük P değerleri, model terimlerinin önemli olduğunu gösterir. Bu durumda B, AB, A^2B anlamlı model terimleridir. Tablo 3.7'de kübik modele göre sürenin lineer etkisi ve güç-süre etkileşimleri damlacık boyutu üzerine etkileri önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$).



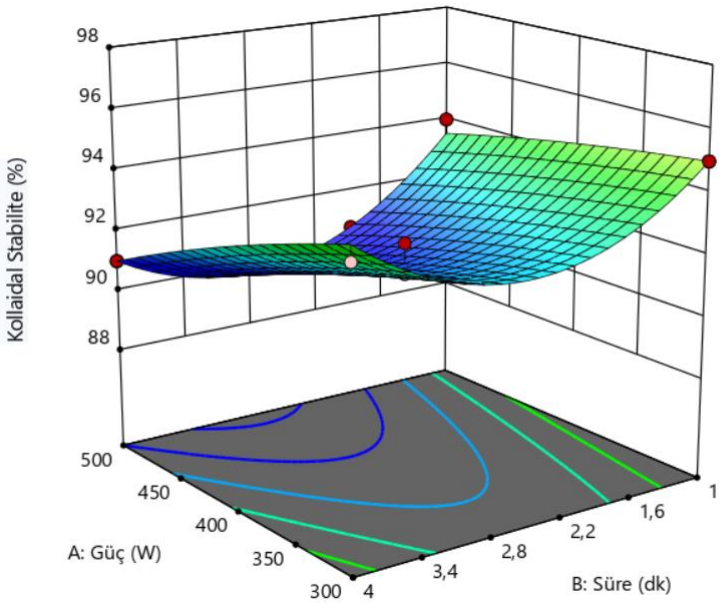
Şekil 3.5 Minimum damlacık boyutu noktası için yanıt yüzey grafiği

3.2.2.3 Kolloidal Stabilite Değerleri

Maksimum kolloidal stabilite 0,38 dakika boyunca 400W homojenizasyon koşulu ile %97 olarak bulunmuştur (Tablo 3.6). Şekil 3.6'da güç ve sürenin kolloidal stabilite üzerine etkisi gösterilmektedir.

Kolloidal stabilite modellenerek elde edilen sonuçlara bakıldığında R^2 ve Adj R^2 değerleri sırasıyla 0,966 ve 0,932'dir (Tablo 3.7). Modele ait 28,45 F değeri, modelin anlamlı ve 0,05'ten küçük P değerleri, model terimlerinin önemli olduğunu gösterir. $p<0,05$ ile kübik modelin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu durumda A, B, AB, B^2 anlamlı model terimleridir. Tablo 3.7'de kübik modele göre güç ve sürenin lineer etkisi, güç-süre etkileşimleri ve güç ve sürenin kolloidal stabilite üzerine etkileri önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$).

Bitki sütünün formülasyonundaki ana dezavantaj, stabilizasyonudur. Bitki sütünün sedimantasyon özellikleri, viskozite, renk, görünüm, bulanıklık vb. gibi diğerlerinin yanı sıra önemli bir fonksiyonel özellik olarak kabul edilir. Badem sütleri ile yapılan bir çalışmada ultrases kullanılarak 300 W ile sırasıyla 0, 2.5 ve 5 dakikalık boyunca optimum koşul belirlenmiş ve 4,9 dakika boyunca 300 W'ta 20 kHz frekans kullanılarak yapılan sürekli işlem fiziksel olarak kararlı kıldığı görülmüştür (Maghsoudlou vd., 2016b).



Şekil 3.6 Maksimum kolloidal stabilite noktası için yanıt yüzey grafiği

Kübik model kullanılarak yapılan analiz sonucunda, homojenizasyon koşullarının bitkisel sütün fizikokimyasal özellikleri üzerinde etkisinin başarılı bir şekilde açıklandığı görülmüştür. Modelde yer alan tüm parametreler için p değerlerinin 0,05'ten küçük olduğu belirtilmiştir (Tablo 3.7).

Tablo 3.7 Kübik model sonuçları (ÇYYS)

ANOVA / Kübik model					
Source	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F-value**	**p-value**
Response 1: Protein					
Model	0,3817	6	0,0636	20,91	0,0009 significant
A-Güç	0,1746	1	0,1746	57,39	0,0003
B-Süre	0,0262	1	0,0262	8,62	0,0261
AB	0,1013	1	0,1013	33,27	0,0012
A^2	0,0271	1	0,0271	8,92	0,0244
B^2	0,0349	1	0,0349	11,46	0,0147
A^2B	0,0312	1	0,0312	10,26	0,0185
Pure Error	0,0183	6	0,0030		
Cor Total	0,4000	12			
Response 2: Damlacık boyutu					
Model	6,056E+06	6	1,009E+06	7,59	0,0132 significant
A-Güç	5,943E+05	1	5,943E+05	4,47	0,0790
B-Süre	1,667E+06	1	1,667E+06	12,53	0,0122
AB	2,771E+06	1	2,771E+06	20,83	0,0038
A^2	6,464E+05	1	6,464E+05	4,86	0,0697
B^2	23800,83	1	23800,83	0,1789	0,6871
A^2B	1,872E+06	1	1,872E+06	14,07	0,0095
Pure Error	7,982E+05	6	1,330E+05		
Cor Total	6,855E+06	12			
Response 3: Kolloidal Stabilite					
Model	47,41	6	7,90	28,45	0,0004 significant
A-Güç	12,50	1	12,50	45,00	0,0005
B-Süre	2,00	1	2,00	7,20	0,0364
AB	2,00	1	2,00	7,20	0,0364
A^2	0,0862	1	0,0862	0,3105	0,5976
B^2	26,13	1	26,13	94,08	< 0,0001
A^2B	0,0048	1	0,0048	0,0173	0,8997
Pure Error	1,67	6	0,2778		
Cor Total	49,08	12			

Homojenizasyon koşullarının çörek otu yağı yan ürünü kullanılarak elde edilen sütün fizikokimyasal özelliklerine etkisi incelemek amacıyla kübik model kullanılmıştır. Tüm parametreler için model terimlerini önemli bulunması ($p<0,05$)

ve model R^2 değerinin yüksek olması (R^2>0,85) kübik modelin proses koşullarının ÇYY sütünün fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini başarılı bir şekilde açıklayabileceğini göstermektedir. Optimize edilmiş deney koşullarına göre KYY sütünün homojenizasyonu için önerilen güç değeri 421,80W ve süre değeri 1 dakikadır. Optimizasyonda maksimum protein ve kolloidal stabilite ve minimum damlacık boyutu dikkate alınmıştır. Desirability değeri 0,65 olarak tespit edilmiştir.

Bu koşulların kullanılmasıyla sütün fizikokimyasal özelliklerinin istenen düzeyde etkili bir şekilde optimize edilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu bulgular, homojenizasyon işleminin bitkisel sütün kalitesi üzerinde önemli bir parametre olduğunu ve uygun koşulların belirlenmesinin ürünün istenen özelliklere sahip olmasını sağladığını göstermektedir.

3.2.3 KYY Sütü

3.2.3.1 Protein Değerleri

Deneme dizaynı farklı ultrases güç ve sürelerinde elde edilen numunelerin çözünür protein miktarlarını göstermektedir (Tablo 3.8). Çözünür protein miktarları, %0,55 ile %1,75 arasında değişmiştir, bu da ultrases gücünün artmasıyla çözünür protein miktarının değiştiğini göstermektedir. Ultrases süresinin artmasıyla çözünür protein içeriğinde öncelikle bir artış görülmüş, ancak daha sonra bir azalma meydana gelmiştir. Şekil 3.7 bu değişimi grafiksel olarak göstermektedir. Maksimum çözünür protein 400 W gücünde 4,62 dk'da saptanmıştır.

Çözünenlerin parçacık boyutu, proteinin ekstraksiyon verimini etkileyen önemli bir faktördür. Kavitasyonel etkiler, ultrasonik dalgaların sıvı içerisinde yüksek basınçlı ve düşük basınçlı bölgeler oluşturarak kavitasyon kabarcıkları oluşmasına neden olduğunda, protein ekstraksiyonu için kullanılan bir yöntemde etkili olabilir. Bu kavitasyon etkisi, özellikle hücre yüzeyine doğrudan uygulandığında, hücrelerin parçacık boyutunu kırarak daha fazla yüzey alanını özütleme sıvısına maruz bırakır. Ultrasonik dalgaların yüksek frekanslı titreşimleri, sıvı içerisinde kavitasyon kabarcıklarının oluşmasına ve çökmesine neden olur. Bu kabarcıklar çözünenlerin parçacıklarını etkileyerek dispersiyonlarını artırır ve böylece çözelti ile temas yüzeylerini artırır. Bu da proteinlerin daha etkili bir şekilde ekstrakte edilmesini sağlar. Ultrasonik yöntemler, protein ekstraksiyonu gibi işlemlerde daha yüksek

verimlilik elde etmek için kullanılan bir yöntem olabilir. Ancak, dikkatli bir şekilde optimize edilmeli ve kontrol edilmelidir, çünkü aşırı kavitasyon etkisi, proteinlerin yapısal bütünlüğünü bozarak istenmeyen sonuçlara neden olabilir (Byanju vd., 2020; Rahman & Lamsal, 2021).

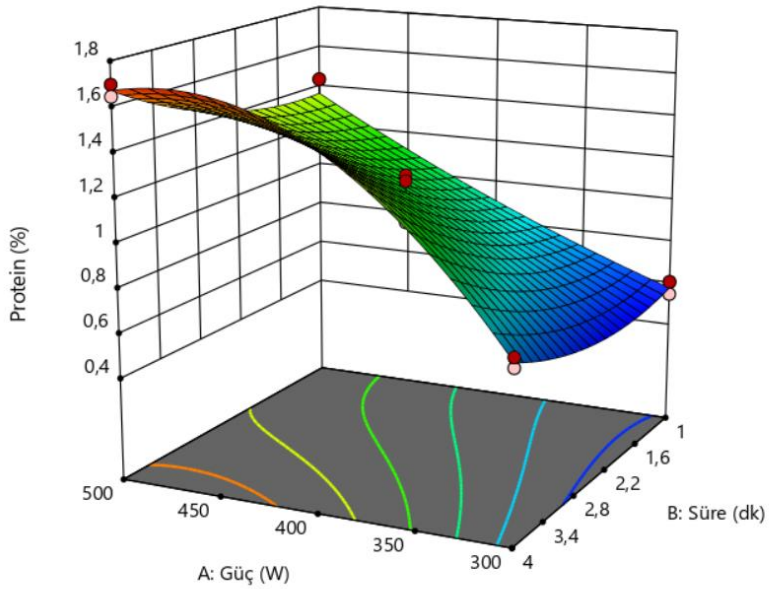
Tablo 3.8 KYYS deneysel dizayn sonuçları

Deneme	Güç (W)	Süre (dk)	Protein (%)	Damlacık Boyutu (nm)	Kolloidal Stabilite (%)
1	300	1	0,548	625,80	94,00
2	500	1	1,297	356,37	95,00
3	500	4	1,647	370,70	96,00
4	500	4	1,699	385,07	95,50
5	400	4,62	1,747	417,73	95,00
6	500	1	1,438	319,90	95,00
7	400	2,5	1,189	426,87	95,00
8	400	2,5	0,999	433,43	95,00
9	300	4	0,742	569,03	94,00
10	400	2,5	1,215	430,60	95,50
11	300	1	0,608	650,03	94,00
12	400	0,38	0,895	807,17	97,00
13	300	4	0,697	599,60	94,00

KYYS: Kabak çekirdeği yağı yan ürün sütü

Farklı koşulların kullanımının protein değeri üzerine etkisi gösteren modele ait R^2 ve Adj R^2 değerleri sırasıyla 0,980 ve 0,961 olarak bulunmuştur. R^2 değerinin yüksek çıkması protein miktarı üzerine homojenizasyon koşulu etkisinin kübik model ile başarılı bir şekilde açıklanabileceğini göstermektedir. Model sonuçları

Tablo 3.9'da incelendiğinde kübik modelin anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Model F değeri 49,74 modelin anlamlı olduğunu gösterir. 0,05'ten küçük P değerleri, model terimlerinin önemli olduğunu gösterir. Bu durumda A, B, A^2, A^2B anlamlı model terimleridir. Tablo 3.9'a göre güç ve sürenin lineer etkileri ve her iki parametrenin kübik etkileri önemli bulunmuştur ($p<0.05$).



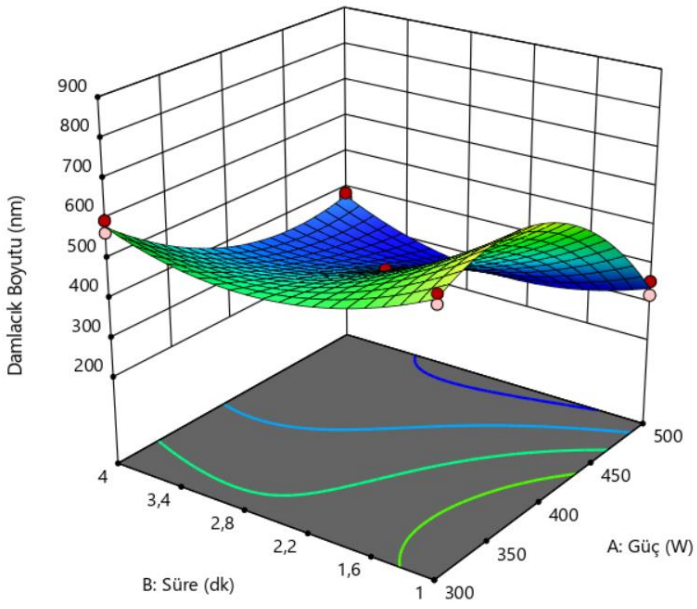
Şekil 3.7 Maksimum protein noktası için yanıt yüzey grafiği

3.2.3.2 Damlacık Boyutu Değerleri

Tablo 3.8'e göre, farklı güç ve sürelerde homojenize edilen süt numunelerinin damlacık boyutu önemli ölçüde etkilenmiştir. Damlacık boyutları, 319,90 nm ile 807,17 nm arasında değişiklik göstermiştir. Güç ve süre arttıkça damlacık boyutunun azaldığı görülmüştür. Model sonuçlarına bakıldığında 500 W – 1 dk'lık homojenize süt örneğinin en düşük damlacık boyutuna sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.8).

Ultrasonik işlemin parçacık boyutunu küçültmesi, sedimantasyon indeksi değerinde iyileşme sağlamış olabilir. Ultrasonik enerji, parçacıklar arasındaki reaksiyonlara olanak tanır ve daha küçük parçacık boyutlarıyla sonuçlanır. Daha küçük parçacıklar, daha büyük bir arayüz alanı ve parçacıklar arasında daha kısa ortalama mesafe sağlar. Bu durum, daha güçlü parçacık etkileşimlerine ve dolayısıyla bitki sütünün faz ayrımına karşı daha iyi stabiliteye yol açar (Vela vd., 2021).

Farklı koşulların kullanımının damlacık boyutu üzerine etkisi gösteren modele ait R^2 ve Adj R^2 değerleri sırasıyla 0,993 ve 0,998 olarak bulunmuştur. Model sonuçları incelendiğinde kübik modelin anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Modele ait 160,75 F değeri, modelin anlamlı olduğunu gösterir. 0,05'ten küçük P değerleri, model terimlerinin önemli olduğunu gösterir. Bu durumda A, B, AB, B^2, A^2B anlamlı model terimleridir. Tablo 3.9'da göre kübik modele göre güç ve sürenin lineer etkisi, güç-süre etkileşimleri ve güç ve sürenin damlacık boyutu üzerine etkileri önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 3.8 Minimum damlacık boyutu noktası için yanıt yüzey grafiği

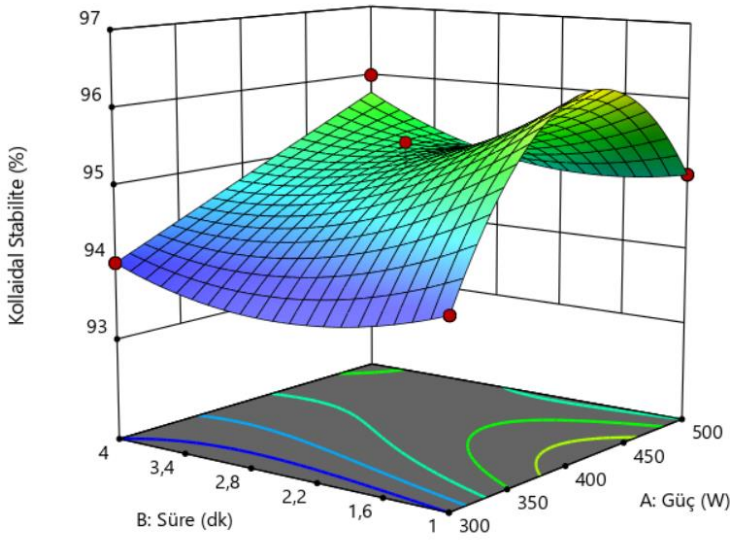
3.2.3.3 Kolloidal Stabilite Değerleri

Tablo 3.8'deki sonuçlara göre maksimum kolloidal stabilite, 0,38 dakika boyunca 400 W homojenizasyon koşulu ile %97 olarak bulunmuştur. Daha düşük güç ve sürelerde homojenize edilen örnekler, büyük parçacıklara sahip olduklarından dolayı daha yüksek sedimentasyon göstermiştir.

(Salve vd., 2019) tarafından yapılan bir çalışmada, fıstık ekstraktının ultrasonik işlemeyle stabilizasyonu incelenmiştir. Çalışmada, farklı güç seviyelerinde (200 W, 300 W ve 400 W) 20 kHz frekansında 3 dakika süreyle ultrason uygulanmış süt

numuneleri kullanılmıştır. Bu işlem sonucunda, tüm numunelerde faz ayrımı gözlenmemiş ve stabil hale getirilmiştir

Kolloidal stabilite modellenerek elde edilen sonuçlara bakıldığında R^2 ve Adj R^2 değerleri 0,95'ten büyük ve $p<0,05$ ile kübik modelin anlamlı olduğu görülmektedir. Sonuçlar güç ve sürenin etkili olduğunu göstermektedir. 31,57 model F değeri modelin anlamlı olduğunu ifade eder. 0,05'ten küçük P değerleri, model terimlerinin önemli olduğunu gösterir. Bu durumda A, B, A^2, B^2, A^2B önemli model terimleridir. Bu sonuçlar, Tablo 3.5'e göre güç ve sürenin lineer etkileri, güç-süre etkileşimleri ve kübik etkilerinin önemli olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).



Şekil 3.9 Maksimum kolloidal stabilite noktası için yanıt yüzey grafiği

Kübik model kullanılarak yapılan analiz sonucunda, kabak çekirdeği yağı yan ürünü kullanılarak elde edilen bitkisel sütün fizikokimyasal özellikleri üzerinde homojenizasyon koşullarının etkisinin başarılı bir şekilde açıklandığı belirtilmiştir. Modelde yer alan tüm parametreler için p değerlerinin 0,05'ten küçük olduğu ve modelin R^2 değerinin 0,95'ten yüksek olduğu ifade edilmiştir. Optimize edilmiş deney koşullarına göre, KYY sütünün homojenizasyonu için önerilen güç değeri 500 W ve süre değeri 4 dakikadır. Bu koşulların kullanılmasıyla sütün fizikokimyasal özelliklerinin istenen düzeyde etkili bir şekilde optimize edilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu bulgular, kabak çekirdeği yağı yan ürünü

kullanılarak elde edilen bitkisel sütün kalitesini iyileştirmek için homojenizasyon koşullarının önemini vurgulamaktadır. Kübik modelin kullanılmasıyla proses koşullarının KYY sütünün fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin başarılı bir şekilde tahmin edilebileceği ve optimize edilebileceği gösterilmiştir. Optimizasyonda maksimum protein ve kollodial stabilite ve minumum damlacık boyutu dikkate alınmıştır. Desirability değeri ise 0,98 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3.9 Kübik model sonuçları (KYYS)

ANOVA / Kübik model						
Source	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F-value**	**p-value**	
Response 1: Protein						
Model	2,08	6	0,3475	49,74	< 0.0001	significant
A-Güç	1,52	1	1,52	217,44	< 0.0001	
B-Süre	0,3630	1	0,3630	51,95	0,0004	
AB	0,0134	1	0,0134	1,93	0,2146	
A^2	0,0616	1	0,0616	8,81	0,0250	
B^2	0,0418	1	0,0418	5,99	0,0500	
A^2B	0,0958	1	0,0958	13,72	0,0100	
Pure Error	0,0419	6	0,0070			
Cor Total	2,13	12				
Response 2: Damlacık Boyutu						
Model	2,493E+05	6	41547,94	160,75	< 0.0001	significant
A-Güç	1,281E+05	1	1,281E+05	495,73	< 0.0001	
B-Süre	75831,76	1	75831,76	293,40	< 0.0001	
AB	4357,11	1	4357,11	16,86	0,0063	
A^2	4089,31	1	4089,31	15,82	0,0073	
B^2	39814,35	1	39814,35	154,05	< 0.0001	
A^2B	48065,32	1	48065,32	185,97	< 0.0001	
Pure Error	1550,74	6	258,46			
Cor Total	2,508E+05	12				
Response 3: Kolloidal Stabilite						
Model	9,21	6	1,53	31,57	0,0003	significant
A-Güç	3,78	1	3,78	77,79	0,0001	
B-Süre	2,00	1	2,00	41,14	0,0007	
AB	0,2812	1	0,2812	5,79	0,0529	
A^2	2,41	1	2,41	49,57	0,0004	
B^2	0,8333	1	0,8333	17,14	0,0061	
A^2B	2,13	1	2,13	43,91	0,0006	
Pure Error	0,2917	6	0,0486			
Cor Total	9,50	12				

3.3 Optimum Bitkisel Bazlı Sütlerin Karakterizasyonu

Soğuk preslenmiş çeşitli yağların yan ürün kullanılarak belirlenen optimum koşullarda bitkisel bazlı sütler elde edilmiştir. Bitkisel süt örneklerin fizikokimyasal özellikleri Tablo 3.10'da gösterilmiştir.

Yağ miktarları %0,89 ile %2,08 arasında değişmiştir (Tablo 3.10). İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunan yan ürün sütleri arasında en yüksek yağ içeriğine HYY sütü sahipti.

Protein miktarları %0,87 ile 2,43 arasında değişmiştir. Örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p<0,05$). En yüksek protein miktarı HYY ve KYY sütü iken en düşük ÇYY sütüne ait olduğu tespit edilmiştir. Gıda proteinleri, bitki bazlı protein emülsiyonlarının stabilitesine katkıda bulunabilecek yüksek moleküler ağırlığa ve çözünme hızına sahiptir. Literatürde bitki bazlı sütlerin protein içerikleri <%1-2 oranlarında bulunmaktadır (Munekata vd., 2020; Silva vd., 2020).

Süt örneklerinin pH değerleri önemli oranda farklılık göstermektedir. Bu farklılık elde edildikleri kaynakların kimyasal yapılarına ve asit bileşiklerine bağlanabilir.

Yan ürün sütlerinin damlacık boyutu 427,8 ile 1137,5 nm arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi (Tablo 3.10). Süt örneklerinin damlacık boyutu değerinin HYY sütü ile KYY sütü ticari içeceğe göre daha düşük bulunması, bitkisel süt üretimi sırasında etkin bir homojenizasyon işlemi uygulandığı göstermektedir.

Genel olarak bitki bazlı sütteki büyük partiküller, çözünmemiş protein, nişasta, lifler ve diğer hücresel materyallerle ilişkilendirilmiştir. (Li vd., 2023) çalışmasında lotus tohumu sütüne uygulanan ısıl işlemin (80°C-30dk) damlacık boyutunun 0,509'den 0,676 μm'ye yükselmesiyle boyut dağılımının parçacık hacminde azalmaya ve genel dağılımın daha büyük parçacıklara kaymasına neden olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni ise muhtemelen hidrofobik etkileşimler gibi denatürasyon, açılım ve moleküller arası etkileşim nedeniyle hammaddeki proteinlerin daha fazla toplanmasına bağlamışlardır.

Tablo 3.10 Soğuk pres yağ yan ürün sütlerinin fizikokimyasal özellikleri

	Fizikokimyasal Özellikleri			
	Ticari	**HYY Sütü**	**ÇYY Sütü**	**KYY Sütü**
Yağ (%)	1,90±0,01^{b}	2,08±0,01^{a}	1,54±0,15^{c}	0,89±0,02^{d}
Protein (%)	1,05±0,10^{c}	2,43±0,02^{a}	0,87±0,05^{c}	1,75±0,05^{b}
pH	7,23±0,01^{a}	5,91±0,01^{c}	5,89±0,00^{d}	6,84±0,01^{b}
Damlacık Boyutu (nm)	1137,5±0,44^{a}	403,15±0,04^{d}	1025,3±0,55^{b}	427,8±0,44^{c}
PDI	0,6±0,08^{a}	0,65±0,19^{a}	0,80±0,20^{a}	0,66±0,63^{a}
Zeta Potansiyel (mV)	-12,35±0,21^{d}	-16,95±0,21^{c}	-29,16±0,18^{b}	-30,70±0,04^{a}
L*	72,00±0,13^{a}	65,70±0,58^{c}	25,78±1,29^{d}	70,32±0,05^{b}
a*	-0,91±0,04^{b}	-1,27±0,39^{b}	7,88±0,23^{a}	-3,78±0,00^{c}
b*	3,67±3,43^{b}	5,68±0,58^{b}	6,81 ±1,98^{ab}	14,5 ±0,24^{a}
7.Gün Stabilite (%)	99,00±0,00^{a}	98,00±0,00^{ab}	95,00±1,15^{c}	97,00±0,00^{bc}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı satırda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. HYY Sütü: Hindistan cevizi yağı yan ürün sütü, ÇYY Sütü: Çörek otu yağı yan ürün sütü, KYY Sütü: Kabak çekirdeği yağı yan ürün sütü

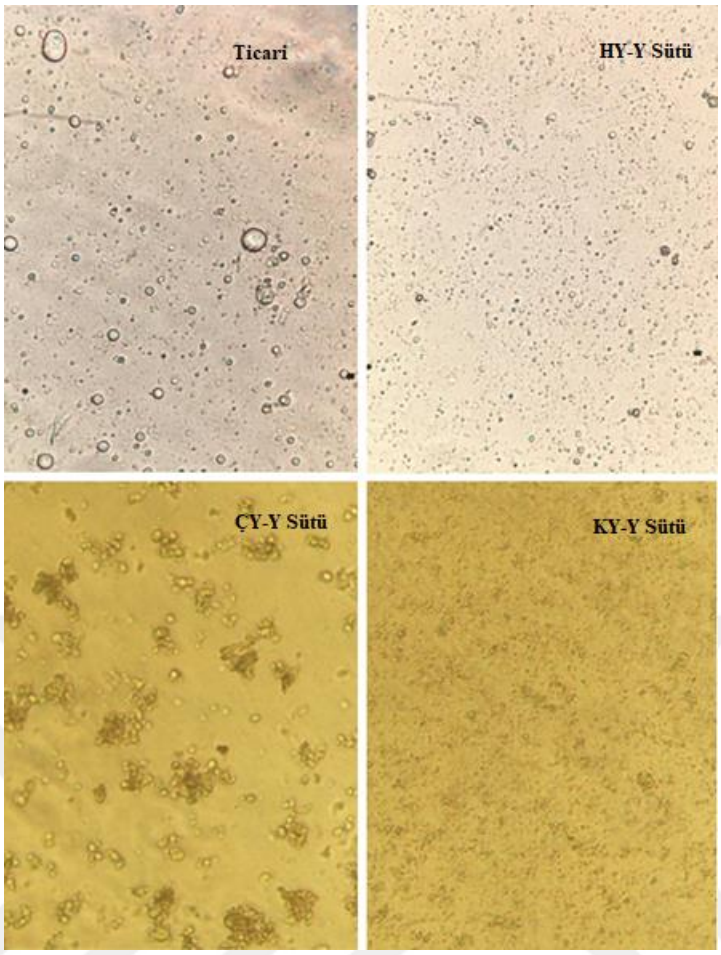
Zeta potansiyelin belirlenmesi ara yüzey özelliklerindeki değişikliklere ilişkin bilgi sağlamak için gerçekleştirilmiştir. Bitki bazlı süt örneklerinin zeta potansiyel değerleri negatif yüklüydü ve -12,35 ile -30,70 mV arasında değiştiği görülmüştür (Tablo 3.10). Tüm örnekler ticari süte göre daha yüksek zeta potansiyele sahipti bu durum ise süt örneklerinin koloidal parçacıklar arasında etkili olan güçlü elektrostatik itici kuvvetler olacaktır, bu da parçacık agregasyonunun meydana gelme olasılığını azaltacaktır. Partiküllerin negatif yüklü olması pH'larının nötre yakın olmasına bağlanabilir. Sonuçlar literatürdeki çalışmalarla uyumludur (Zheng vd., 2021; Zhou vd., 2021; Xu vd., 2018).

Renk değerleri incelendiğinde *L** değeri 25,78 ile 72,00 arasında değişmiştir (Tablo 3.10). *L** değerindeki farklılık muhtemelen bitkisel hammaddelerinin yapısında doğal olarak bulunan ve/veya homojenleştirme işlemi sırasında oluşan koyu renkli pigmentlerden kaynaklanmaktadır. Badem, Hindistan cevizi, yulaf ve kaju sütünün renk değerlerinin incelendiği çalışmada badem, yulaf ve kaju sütleri hafif kahverengimsi bir renge sahipken, Hindistan cevizi sütü daha parlak beyazımsı bir görünüme sahip olduğu bildirilmiş. *L** değerleri ise sırasıyla 71,40, 85,90, 67,83 ve 72,72 olduğu belirlenmiş ve bu etkinin temel olarak, çeşitli süt analoglarındaki koloidal parçacıkların türleri, konsantrasyonları ve boyutlarındaki farklılıkların bir sonucu olarak ışık emiliminde farklılıklara yol açmasına bağlanmıştır (Zheng vd., 2021).

Bitkisel süt örneklerinin tümünde fiziksel stabiliteleri %95'ten büyük olduğu gözlenmiştir. Bitki sütünün formülasyonundaki ana dezavantaj, stabilizasyonudur. Bitkisel sütü stabilize etmek için yapılan bir çalışmada 300 W ultrases gücünde sırasıyla 0, 2,5 ve 5 dakikalık bir işlem süresiyle işlendi ve 4,9 dakika boyunca 300 W'ta 20 kHz frekans kullanılarak yapılan sürekli işlem fiziksel olarak stabil bir bitkise süt oluştuğu ortaya konulmuştur (Maghsoudlou vd., 2016a). Ultrases uygulanmış numunedeki sedimantasyon indeksi değerindeki iyileşme, moleküller arasındaki reaksiyonların önünü açan partikül boyutunun küçülmesine bağlı olabilir. Parçacık boyutunun ultrasonla küçültülmesi, daha büyük bir arayüz alanı ve parçacıklar arasında daha düşük bir ortalama mesafe ile sonuçlanır, bu da daha güçlü parçacıklar arası etkileşimlere ve dolayısıyla bitki sütünün faz ayrımına karşı stabilitesine neden olur (Sarangapany vd., 2022).

3.3.1 Optik Görüntüleri

Yan ürün sütlerinin mikroskobik görüntüleri Şekil 3.10'de gösterilmiştir. Şekil'de gösterildiği gibi HYY ve KYY sütü homojen dağılım gösterirken ticari ve ÇYY sütünde büyük parçacıklar görülmüştür.



Şekil 3.10 Soğuk pres yağ yan ürün sütlerinin optik görüntüleri

Mikroskopik gözlem, büyük parçacık boyutunun muhtemelen hücre duvarı malzemesinin ve nişasta granülü kalıntılarının varlığından kaynaklandığını gösterir.

3.3.2 UV-Pastörizasyon

Soğuk preslenmiş Hindistan cevizi, çörek otu ve kabak çekirdeği yağı yan ürünlerinden elde edilen sütlere UV pastörizasyon ve ultrases ön işlemli (US) UV pastörizasyon uygulanmıştır. UV pastörizasyonun toplam mezofilik aeorofilik bakteri, toplam küf- maya ve toplam koliform bakterinin inaktivasyon etkisi incelenmiştir. Toplam mezofilik aeorofilik bakteri sayımlarına ait inaktivasyon değerleri Tablo 3.11'de belirtilmiştir. Bu kapsamda UV pastörize ve ultrases ön işlemli UV pastörize süt örneklerinde toplam küf-maya ve toplam koliform için canlı bakteri sayımı tespit edilmemiştir ve sonuçlar negatiftir. Toplam mezofilik aerofilik canlı sayımı için yapılan analizde uygulanan ultrases ve ultraviyole işlemlerinin etkili olduğu gösterilmiştir. Tabloya bakıldığında US işlemi sonucunda

başlangıç popülasyonuna göre HYY, ÇYY ve KYY sütleri sırasıyla %13,33, %42,52 ve %96,51 oranlarında azalma gözlenmiştir. Ultrases ön işlemi UV uygulaması ile desteklendiğinde ise mikrobiyal yükün önemli derecede azaldığı gözlemlenmiştir. US olmayan 27 j/mL UV doz uygulaması yapılan sütlerde bakteri yükü sırasıyla HYY, ÇYY ve KYY sütü için başlangıç popülasyondan (1,18-2,11 ve 3,07 log kob/mL'den) 0,84-1,60-2,64-log kob/mL'ye düşmüştür. HYY, ÇYY ve KYY sütlerinde oransal olarak bu değerler sırasıyla %53,33- %69,24 ve %62,55'lik azalma olduğu görülmüştür. 54 j/mL UV doz uygulamasının sonuçları değerlendirildiğinde ise KYY sütü hariç (3,07 log kob/mL 'den 2,21 log kob/mL'ye düşerek %86,21 azalma) diğer sütlerde popülasyon tamamen inhibe edilmiştir. US ön işlemli UV pastörizasyon uygulanmış örnekler içinde durum benzer olup 27 j/mL UV doz uygulaması sırasıyla (ÇYYS ve KYYS) 1,84 ve 1,61 log kob/mL'den 1,30 ile 1,00 log kob/mL'ye düşürmüştür. HYYS için ise toplam bakteri tespit edilememiştir. 54 j/mL UV doz uygulaması ile tüm örneklerde %100 oranında inhibisyon sağlanmıştır.

Geleneksel ısıl işlemin gıda ürünleri üzerinde protein, laktoz, vitamin kaybı ve bazı biyoaktif bileşiklerin denatürasyonu gibi çeşitli olumsuz etkileri bulunmaktadır (Silva vd., 2015).

Gıdalarda ısı uygulaması olmadan fiziksel ve kimyasal değişiklikleri uyarma kabiliyeti nedeniyle ultrases teknolojisi ve UV pastörizasyon gibi termal olmayan gıda işleme teknolojileri trendler arasındadır (Sarangapany vd., 2022).

Ultrasesin mikrobiyolojik indirgeme üzerindeki etkisi, kavitasyon sırasında hücre parçalanması ve ayrıca mikroorganizmaların hücre zarlarının incelmesine neden olan serbest radikaller ve hidrojen peroksit oluşumundan kaynaklanmaktadır (Ertugay & Başlar, 2014). Mikroorganizmaların tamamen inaktivasyonu için ultrases işleminin daha etkili olabilmesi için ön ısıtma gibi diğer tekniklerle birlikte kullanıldığında etkili olmuştur (Abid vd., 2013).

Tablo 3.11 Bitkisel sütlerin mikrobiyolojik sonuçları

US	UV Doz (J/mL)	HYYS (log kob/mL)	ÇYYS (log kob/mL)	KYYS (log kob/mL)
Yok	Yok	1,18±0,00	2,11±0,01	3,07±0,00
Yok	27	<1	1,60±0,02	2,64±0,00
Yok	54	<1	<1	2,21±0,01
Var	Yok	1,11±0,00	1,84±0,00	1,61±0,00
Var	27	<1	1,30±0,00	1,00±0,00
Var	54	<1	<1	<1

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuştur. HYYS: Hindistan cevizi yağı yan ürün sütü, ÇYYS: Çörek otu yağı yan ürün sütü, KYYS: Kabak çekirdeği yağı yan ürün sütü

Fıstık sütüne farklı güçlerde (200,300 ve 400 W) uygulanan ultrases işlemi toplam hücre sayımı sonucunda en yüksek mikrobiyal azalma (1,13 log kob/mL) 400W'ta olduğu görülmüştür (Salve vd., 2019). (Atalar vd., 2019)'da yaptığı çalışmada ise fındık yağı yan ürününden elde edilen bitkisel sütün 5 dakika süreyle %60 genlikte ve 15 dakika süreyle %80 genlikte termosonikasyon uygulaması, mikroorganizmaların (toplam aerobik mezofilik bakteri ve maya-küf) tamamen inaktivasyonunu sağladığını ve 85 °C'de konvansiyonel pastörizasyonun biyoaktif bileşiklerin kaybı ve yapısal özelliklerin bozulması gibi bazı istenmeyen değişikliklere neden olduğunu bildirmiştir. (Atik & Gumus, 2021) sığır sütünde farklı akış hızı (5 mL/dak ila 18 mL/dak) ve sıcaklık aralığı (4–25°C) koşullarında UV-C (ultraviyole) kullanımı ile ısıl olmayan bir koruma teknolojisi incelemiş ve UV-C uygulaması sonrası çiğ sütte toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında yaklaşık 2 log azalma, maya-küf sayısında yaklaşık 4 log azalma sağladığını göstermiştir. Benzer diğer çalışmalarda Hindistan cevizi suyundaki mikroorganizmaların inaktivasyonu için UV-C uygulamasının etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır (Bhullar vd., 2018; Ochoa-Velasco vd., 2018).

3.4 Bitkisel Bazlı Dondurma

3.4.1 Reolojik Özellikler

Tüm bitki bazlı dondurma karışımlarının akış profili üzerindeki etki, sabit kesme reolojik özelliklerinden elde edilen veriler kullanılarak değerlendirilmiştir.

Şekil 3.11-A, Ticari Hindistan cevizi sütünden farklı yağ içeriklerine sahip dondurma numuneleri ve HYYS'den üretilen tam yağlı kontrol numunesi ile az yağlı dondurma numunelerinin karşılaştırmasını göstermektedir.

Şekil 3.11-B, çörek otu yağı yan ürün sütünden elde edilen farklı yağ içeriklerine sahip dondurma numunelerini ve kontrol örneklerini karşılaştırmaktadır. Burada kontrol örnekleri, çörek otu yağı yan ürün sütünün farklı yağ içeriklerine sahip olan dondurma numuneleridir.

Şekil 3.11-C ise kabak çekirdeği yağı yan ürün sütünden elde edilen farklı yağ içeriklerine sahip kontrol dondurma numunelerini ve az yağlı dondurma örneklerini karşılaştırmaktadır. Bu karşılaştırmalar, farklı yağ içeriklerine sahip kontrol numuneler ile az yağlı dondurma numunelerinin akış davranışını değerlendirmek için yapılmıştır.

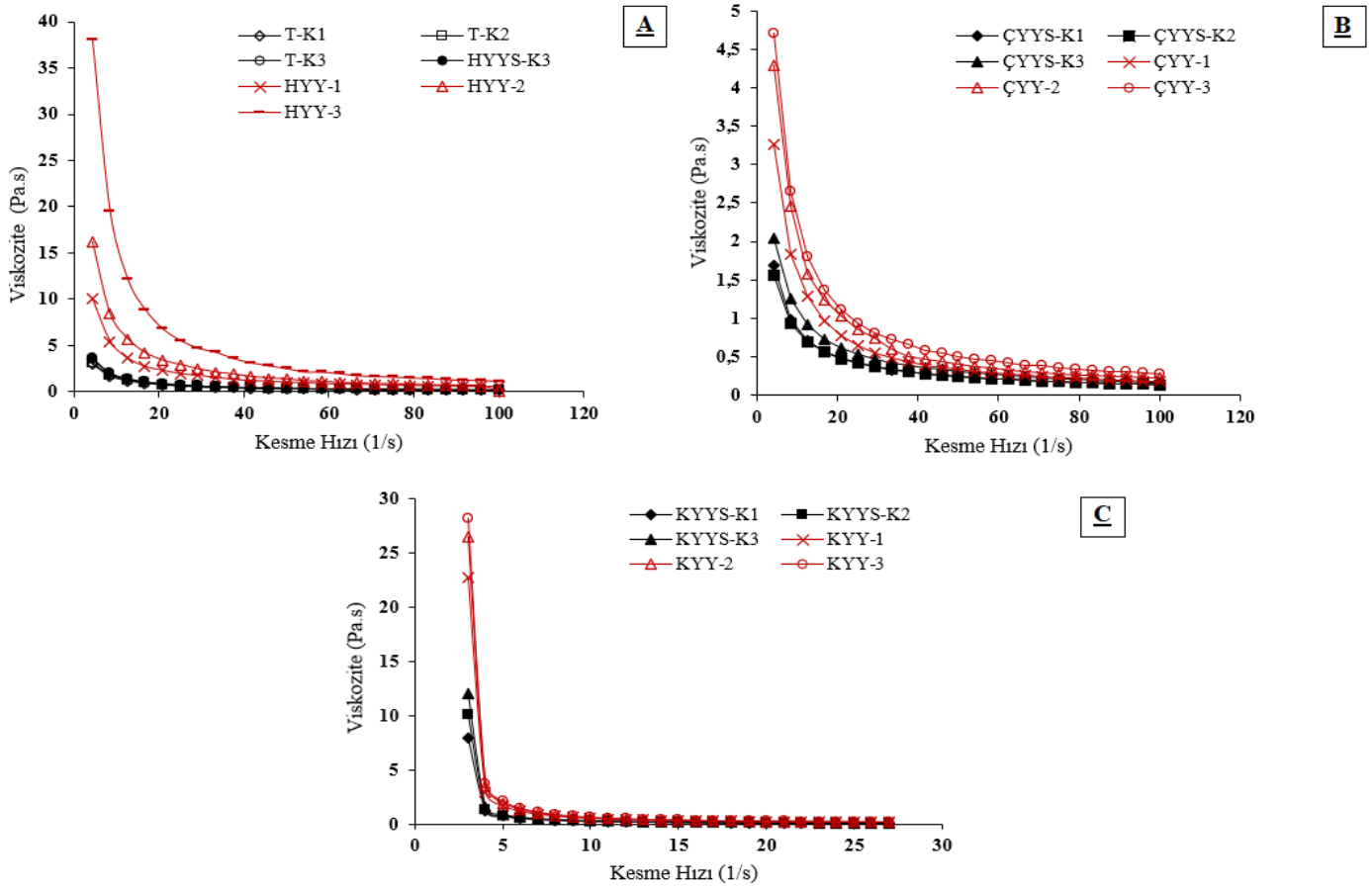
Şekil 3.11-A-B ve C'ye göre, viskozite kayma hızının artmasıyla azaldığı için tüm numuneler kayma incelmesi (psödoplastik) davranışı sergilemiştir. Bulgularımız önceki çalışmalarla da uyumludur (Dogan vd., 2013; Kurt & Atalar, 2018; Sharma vd., 2017). Moleküller arası bağlantıların yapısal bozulması, viskozitedeki düşüşü açıklayabilir. (Atik vd., 2021b) soğuk preslenmiş chia yağı yan ürünü ile stabilize edilen az yağlı dondurma numunelerinin kaymayla incelme özellikleri gösterdiğini belirlemiştir. Ayrıca (Bekiroglu vd., 2022) ceviz sütü ile hazırlanan bitkisel dondurma örneklerinin kesme inceltme özelliklerine sahip olduğunu bildirmiştir. Kümelenmiş bileşenler üzerine uygulanan kesme kuvvetinin kırılma etkisi, dondurma karışımının yapısındaki tek tek bileşenlerin artan hizalanması ile ilgilidir; bu, dondurma damlacıklarının yüzeyinde hafifçe parçalanmış misel kazeinin karmaşık birlikteliği ile ilişkilidir (Karaca vd., 2009).

Tablo 3.12-13 ve 14'teki veriler, power law modelinin tüm dondurma karışımları için akış davranışını iyi bir şekilde tanımladığını göstermektedir. R^2 değerleri 0,95'ten büyük olan akış davranış indeksi (n) değerleri, tüm dondurma karışımları

için 1'den düşüktü, bu da psödoplastik (Newton olmayan kayma-incelme) bir davranışı gösterir. Bu durum, düşük kesme hızı işleme ayarlarında sistem özelliklerinin yüksek kararlılığıyla birlikte karışımın kolayca pompalanabilmesini ve nihai ürünün istenen dokusunu ve ağız hissini sağlamaktadır (Yao vd., 2022; Singh vd., 2002; Bekiroglu vd., 2022; Tekin vd., 2020; Gul vd., 2018; Kurt & Atalar, 2018; Sharma vd., 2017; Dogan vd., 2013; Hwang vd., 2009; Karaca vd., 2009; Singleton & Rossi, 1965).

Tablo 3.12'ye göre HYY için kıvam katsayısı (K) değerleri 9,05 ile 17,69 $Pa.s^n$ arasında değişmektedir. Yağ ve HYY oranı arttıkça, numunelerin K değerinin önemli ölçüde arttığı görülmüştür ($p<0,05$). Bu da dondurma karışımlarında artan görünür viskoziteye bağlı olarak daha viskoz bir yapıya işaret etmektedir. Örneğin, T-K1 en düşük K değerine sahipken (9,05 $Pa.s^n$), HYY-3 en yüksek K değerine sahipti (17,69 $Pa.s^n$). Yağ/yağ oranı, emülsiyon ürünleri gibi dondurma karışımlarının kıvamını etkileyen önemli bir faktördür (Yao vd., 2022).

Az yağlı ürünlerde yağ oranındaki azalma, kıvamdaki azalmayı telafi etmek için dengelenmelidir. HYY ile stabilize edilmiş az yağlı dondurma, tüm kontrol numunelerinden daha yüksek bir K değeri göstermiştir. HYY oranının artmasıyla kıvam değerinin arttığı görülerek, Hindistan cevizi yağı yan ürününü bitkisel bazlı dondurmaların yapısal iyileştirmesinde kullanılabileceği belirtilmektedir.



Şekil 3.11 Akış davranış grafikleri

Tablo 3.12 Akış davranış parametreleri (HYY)

Örnek	Yağ (%)	HYY (%)	K (Pa.s^n)	n	R^2
T-K1	2,5	-	9,05 ±0,04^d	0,14±0,00^c	>0,95
T-K2	7,5	-	9,67±0,08^d	0,15±0,00^{bc}	>0,95
T-K3	12,5	-	11,14±0,31^{bc}	0,15±0,00^{bc}	>0,95
HYYS-K3	12,5	-	10,23±0,13^{cd}	0,19±0,00^a	>0,95
HYY-1	2,5	1	9,29±0,00^d	0,16±0,00^b	>0,95
HYY-2	2,5	2	12,22±0,14^b	0,15±0,00^{bc}	>0,95
HYY-3	2,5	3	17,69±0,46^a	0,14±0,00^c	>0,95

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. T-K1: Az yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K2: Yarım yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K3:Tam yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, HYYS-K3: Tam yağlı Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-1: Az yağlı %1 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, , HYY-2: Az yağlı %2 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-3: Az yağlı %3 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma

Tablo 3.13, çörek otu yağı yan ürünü sütünden elde edilen dondurma numuneleri için kıvam katsayısı (K) değerlerini içermektedir. Bu tabloya göre, örneklerin kıvam katsayısı değerleri 4,64 ile 15,91 Pa.s^n arasında değişmektedir. Yağ ve ÇYY oranının artmasıyla birlikte, numunelerin K değerinin önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Tüm örnekler viskoz bir yapıya sahiptir. Az ve yarım yağlı kontrol örnekleri, en düşük K değerine sahip olan örneklerdir. Diğer yandan, %3 oranında ÇYY ilave edilen en yüksek K değerine sahip örnektir ve bu değer 15,91 Pa.s^n olarak belirlenmiştir.

ÇYY ile stabilize edilmiş az yağlı dondurma numunesi, tüm kontrol numunelerinden daha yüksek bir K değerine sahiptir. Bu durum, çörek otu yağı yan ürünün bitkisel bazlı dondurmalarda kullanım potansiyelini vurgulamaktadır. Tüm örneklerin viskoz bir yapıya sahip olması, dondurma ürünlerinde istenen kıvamı sağlamada etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.13 Akış davranış parametreleri (ÇYY)

Örnek	Yağ (%)	ÇYY (%)	K (Pa.s^n)	n	R^2
ÇYYS-K1	2,5	-	4,93±0,05^e	0,23±0,00^a	>0,95
ÇYYS-K2	7,5	-	4,64±0,11^e	0,24±0,01^a	>0,95
ÇYYS-K3	12,5	-	6,58±0,04^d	0,21±0, 00^{ab}	>0,95
ÇYY-1	2,5	1	10,14±0,20^c	0,13±0,01^c	>0,95
ÇYY-2	2,5	2	11,71±0,40^b	0,14±0,00^{bc}	>0,95
ÇYY-3	2,5	3	15,91±0,11^a	0,12±0,03^c	>0,95

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. ÇYYS-K1: Az yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K2: Yarım yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K3: Tam yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-1: Az yağlı %1 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-2: Az yağlı %2 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-3: Az yağlı %3 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma

Hindistan cevizi yağı ve çörek otu yağı yan ürünlerinin lif ve protein içeriğine sahip olduğunu ve sus tutma özelliklerine sahip olduğunu göstermektedir (Tekin-Cakmak vd., 2021). Yaptığı çalışmasında az yağlı emülsiyonlara Hindistan cevizi yağı ve çörek otu yağı yan ürünü ilavesinin yapıyı güçlendirdiği belirtilmektedir. Az yağlı emülsiyonların kıvam katsayısı 3,61 Pa.s^n iken %1 Hindistan cevizi yağı ve çörek otu yağı yan ürünü ilavesiyle artmıştır.

Bu bulgular, Hindistan cevizi yağı ve çörek otu yağı yan ürününün bitkisel bazlı ürünlerde kullanım potansiyelini ve bu yağların yapıyı güçlendirme özelliklerini vurgulamaktadır. Polisakkaritlerin yanı sıra diğer bileşenlerin etkisiyle bu yağların kıvam ve su tutma özelliklerini artırabileceği görülmektedir.

Tablo 3.14'teki verilere göre ise kabak çekirdeği yağı yan ürünü (KYY) için kıvam katsayısı (K) değerleri 3,80 ile 11,31 Pa.s^n arasında değişmektedir. Yağ ve KYY oranının artmasıyla birlikte, numunelerin K değeri istatistiksel olarak değişmiştir. %3 KYY ile stabilize edilen az yağlı dondurma numunesi en yüksek K değerine sahip olmuştur (11,31 Pa.s^n). Bu sonuçlar, az yağlı dondurmada KYY'nin stabilizatör olarak kullanımının gözlemlendiğini göstermektedir. Bu durum, kabak

çekirdeği yağı yan ürünün dondurma karışımının yapısını güçlendirdiği ve daha viskoz bir yapı oluşturduğunu göstermektedir.

Tablo 3.14 Akış davranış parametreleri (KYY)

Örnek	Yağ (%)	KYY (%)	K (Pa.s^n)	n	R^2
KYYS-K1	2,5	-	3,80±0,01^e	0,21±0,00^a	>0,95
KYYS-K2	7,5	-	4,04±0,08^e	0,23±0,00^a	>0,95
KYYS-K3	12,5	-	4,70±0,00^d	0,23±0,00^a	>0,95
KYY-1	2,5	1	9,39±0,14^c	0,17±0,00^b	>0,95
KYY-2	2,5	2	10,48±0,01^b	0,14±0,00^c	>0,95
KYY-3	2,5	3	11,31±0,03^a	0,12±0,00^c	>0,95

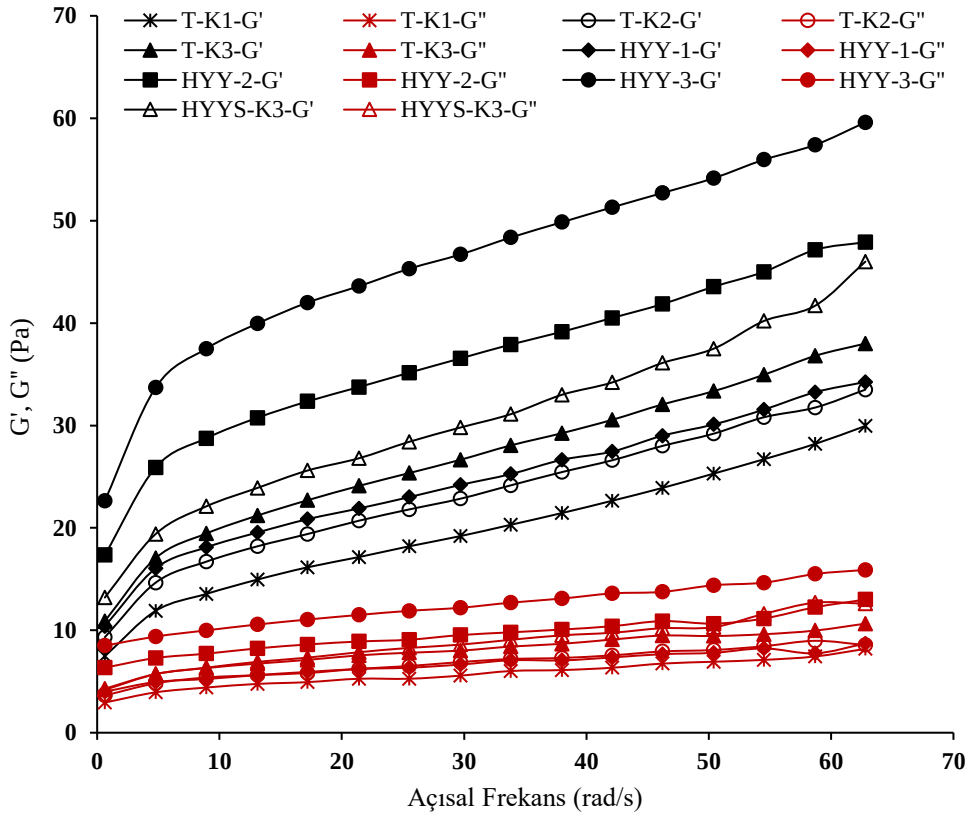
Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. KYYS-K1: Az yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K2: Yarım yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K3: Tam yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-1: Az yağlı %1 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-2: Az yağlı %2 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-3: Az yağlı %3 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma

Protein içeren gıdaların fonksiyonel özellikleri, sıcaklık, pH, iyonik kuvvet, tuzların ve çözücülerin varlığı, basınç, kayma gerilimi ve protein yapısından aşırı derecede etkilenir (Kumar vd., 2022). Yapılan bir çalışmaya dayanarak, yemeklik yağ çıkarma endüstrilerinden elde edilen proteince zengin kabak çekirdeği yan ürünlerinin, gıda endüstrisinde yeni ürünlerin formüle edilmesinde teknolojik bileşenler olarak kullanılabilecek yüksek kaliteli, sürdürülebilir kaynaklar olduğu sonucuna varılmıştır (Sá vd., 2023).

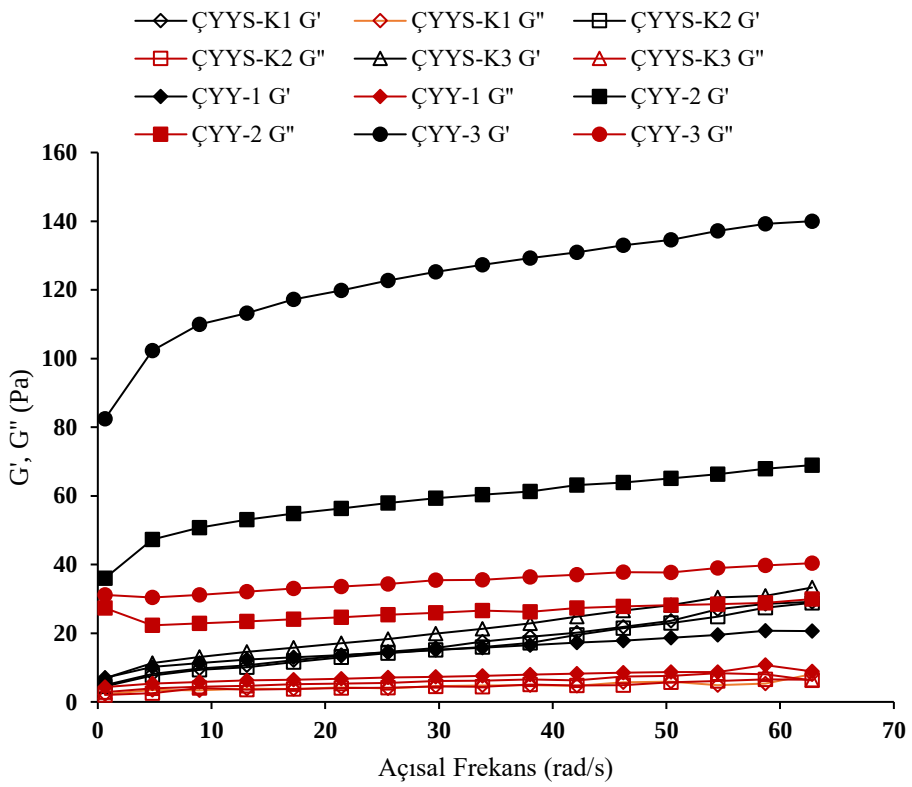
Dondurma numunelerinin katı veya sıvı yapısını değerlendirmek için dinamik reolojik özelliklerin incelendiği ve frekans tarama testinin dondurma örneklerinin ağızda çiğnenirken katı veya sıvı davranışını simüle edebileceği belirtilmektedir (Kumar vd., 2022). Bu test, yağ ve yağ yan ürün konsantrasyonunun dondurma kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Örneklerin artan sıklıkta G' (depolama modülü) ve G" (kayıp modülü) değerlerindeki artış,

dondurma örneklerinde jel benzeri davranışın kanıtı olarak görülmektedir (Kurt & Kahyaoglu, 2015).

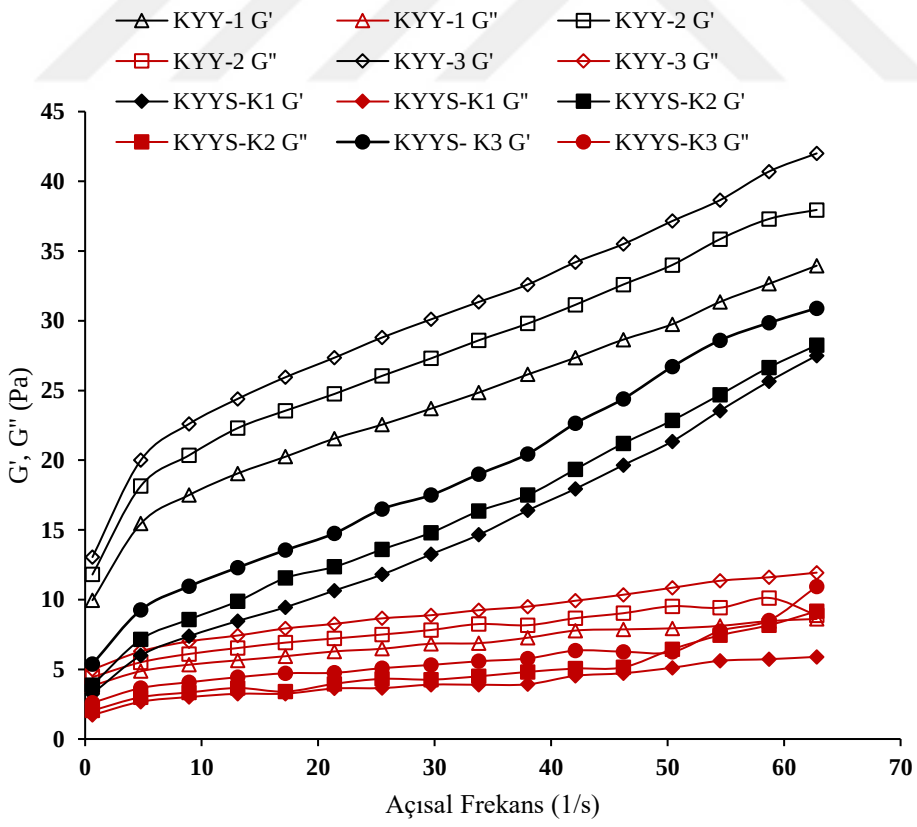
Şekil 3.12-13 ve 14'te gösterildiği gibi, tüm numuneler için G' değeri, tüm frekans aralıklarında G" değerinden daha yüksektir. Bu da bitki bazlı dondurma numunelerinin genel olarak katı benzeri davranışının sıvı karakterden daha baskın olduğunu göstermektedir. Bu bilgiler, dondurma üretiminde bitki bazlı alternatiflerin reolojik özelliklerini ve kalitesini değerlendirmek için kullanılan testlerin ve analizlerin önemini vurgulamaktadır. Diğer bir çalışma da benzer sonuçlar bildirmiştir (VanWees vd., 2020).



Şekil 3.12 Dinamik reolojik davranış grafiği (HYY)



Şekil 3.13 Dinamik reolojik davranış grafiği (ÇYY)



Şekil 3.14 Dinamik reolojik davranış grafiği (KYY)

Tablo 3.15'te sunulan verilere göre, hesaplanan K' ve K" değerleri 5,76-26,59 ve 2,48-7,70 aralığında bulunmaktadır. Bu değerler bitki bazlı dondurma karışımlarının viskoelastik katı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, n' ve n" değerleri 0,33-0,38 ve 0,18-0,26 aralığındadır. Bu değerler ise ağ kararlılığının arttığını göstermektedir (Kaltsa vd., 2018). %3 ilaveli HYY numunesi en yüksek K' ve K" değerlerine sahipken, az yağlı kontrol numunesi en düşük değerlere sahiptir.

Tablo 3.15 Dinamik reolojik davranış parametreleri (HYY)

Örnek	K'	n'	R^2	K''	n''	R^2
T-K1	5,76±0,09^{e}	0,38±0,01^{a}	>0,95	2,48±0,02^{d}	0,26±0,00^{b}	>0,95
T-K2	7,85±0,28^{d}	0,33±0,01^{ab}	>0,95	3,24±0,11^{cd}	0,23±0,01^{bc}	>0,95
T-K3	9,47±0,56^{c}	0,32±0,01^{b}	>0,95	3,89±0,13^{c}	0,23±0,01^{bc}	>0,95
HYYS-K3	10,28±0,12^{c}	0,33±0,00^{ab}	>0,97	3,20±0,05^{cd}	0,31±0,00^{a}	>0,95
HYY-1	9,14±0,26^{cd}	0,30±0,00^{ab}	>0,95	3,56±0,13^{c}	0,19±0,01^{cd}	>0,95
HYY-2	16,82±0,30^{b}	0,24±0,00^{c}	>0,95	5,42±0,01^{b}	0,18±0,00^{d}	>0,95
HYY-3	26,59±0,33^{a}	0,22±0,00^{c}	>0,95	7,70±0,39^{a}	0,17±0,02^{d}	>0,95

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. T-K1: Az yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K2: Yarım yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K3:Tam yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, HYYS-K3: Tam yağlı Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-1: Az yağlı %1 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, , HYY-2: Az yağlı %2 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-3: Az yağlı %3 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma

Tablo 3.16'daki sonuçlara göre K' ve K" değerleri sırasıyla 1,89-105,89 ve 1,62-28,22 aralığında bulunmaktadır. Bu değerler bitki bazlı dondurma karışımlarının viskoelastik katı karakterin baskınlığı ifade etmektedir. Ayrıca, n' ve n" değerleri 0,13-0,64 ve 0,07-0,33 aralığında değişmektedir. Az yağlı %3 ÇYY ile stabilize edilen numune en yüksek K' ve K" değerlerine sahipken, az ve yarım yağlı kontrol numuneleri en düşük değerlere sahiptir. Bu sonuçlar, çörek otu yağı yan ürününün bitki bazlı dondurmaların yapısal özelliklerini etkileyerek daha viskoelastik bir yapı oluşturabileceğini göstermektedir.

Çörek otu yağ yan ürünü içerisinde bulunan polisakkarit yapısı, yüksek miktarda dallanmış halde bulunması, suyla çözünebilme ve şişebilme özellikleri sayesinde K' değerinin artmasının temel nedenlerindendir. Polisakkaritler, kolloidal, viskoz ve jelleştirici özelliklere sahiptirler ve yüksek viskoziteye sahip disperse yapıların oluşumunda önemli rol oynarlar. Soğuk pres çörek otu yağ yan ürünü içerisinde bulunan polisakkaritlerin yüksek miktarda bulunması, viskoelastik katı karakter yapısının artmasını sağlar. Benzer çalışma (Akcicek & Karasu, 2018) tarafından chia tohumu yağ yan ürünü kullanılarak az yağlı bir salata sosunun viskoelastik katı karakter yapısını geliştirerek yağ ikame maddesi olarak kullanılabileceğini öne sürmüştür.

Tablo 3.16 Dinamik reolojik davranış parametreleri (ÇYY)

Örnek	K'	n'	R^2	K''	n''	R^2
ÇYYS-K1	2,09±0,32^{d}	0,63±0,05^{a}	>0,95	1,85±0,73^{c}	0,30±0,14^{a}	>0,95
ÇYYS-K2	1,89±0,08^{d}	0,64±0,01^{a}	>0,95	1,62±0,43^{c}	0,33±0,10^{a}	>0,95
ÇYYS-K3	4,15±0,03^{cd}	0,49±0,01^{b}	>0,95	2,53±0,13^{c}	0,26±0,02^{a}	>0,95
ÇYY-1	8,79±0,05^{c}	0,30±0,01^{c}	>0,95	3,72±0,40^{c}	0,22±0,00^{a}	>0,95
ÇYY-2	59,91±0,13^{b}	0,15±0,00^{d}	>0,95	14,77±0,14^{b}	0,10±0,00^{a}	>0,95
ÇYY-3	105,89±2,54^{a}	0,13±0,00^{d}	>0,95	28,22±3,13^{a}	0,07±0,01^{a}	>0,95

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. ÇYYS-K1: Az yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K2: Yarım yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K3: Tam yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-1: Az yağlı %1 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-2: Az yağlı %2 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-3: Az yağlı %3 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma

Tablo 3.17'deki KYY verilerine göre K' ve K" değerleri sırasıyla 1,03-11,96 ve 0,83-4,51 aralığında bulunmaktadır. Bu değerler bitki bazlı dondurma karışımlarının viskoelastik katı karakter yapısının olduğunu simgelemektedir. Ayrıca, n' ve n" değerleri 0,29-0,78 ve 0,21-0,53 aralığında değişmektedir. Bu değerler KYY ilavesiyle yapısal özelliklerin kontrol örneklerine göre iyileştiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, kabak çekirdeği yağı yan ürününün bitki bazlı

dondurmaların viskoelastik karakterini artırabileceğini ve yapısal özelliklerini geliştirebileceğini göstermektedir. Yapılan bir çalışmada farklı bitki proteinleri ile hazırlanan kenevir içeceği bazlı dondurma karışımlarının reolojik özellikleri incelenmiş kıvam katsayısını protein ilaveli tüm örneklerde artırmıştır (Hidas vd., 2023).

Tablo 3.17 Dinamik reolojik davranış parametreleri (KYY)

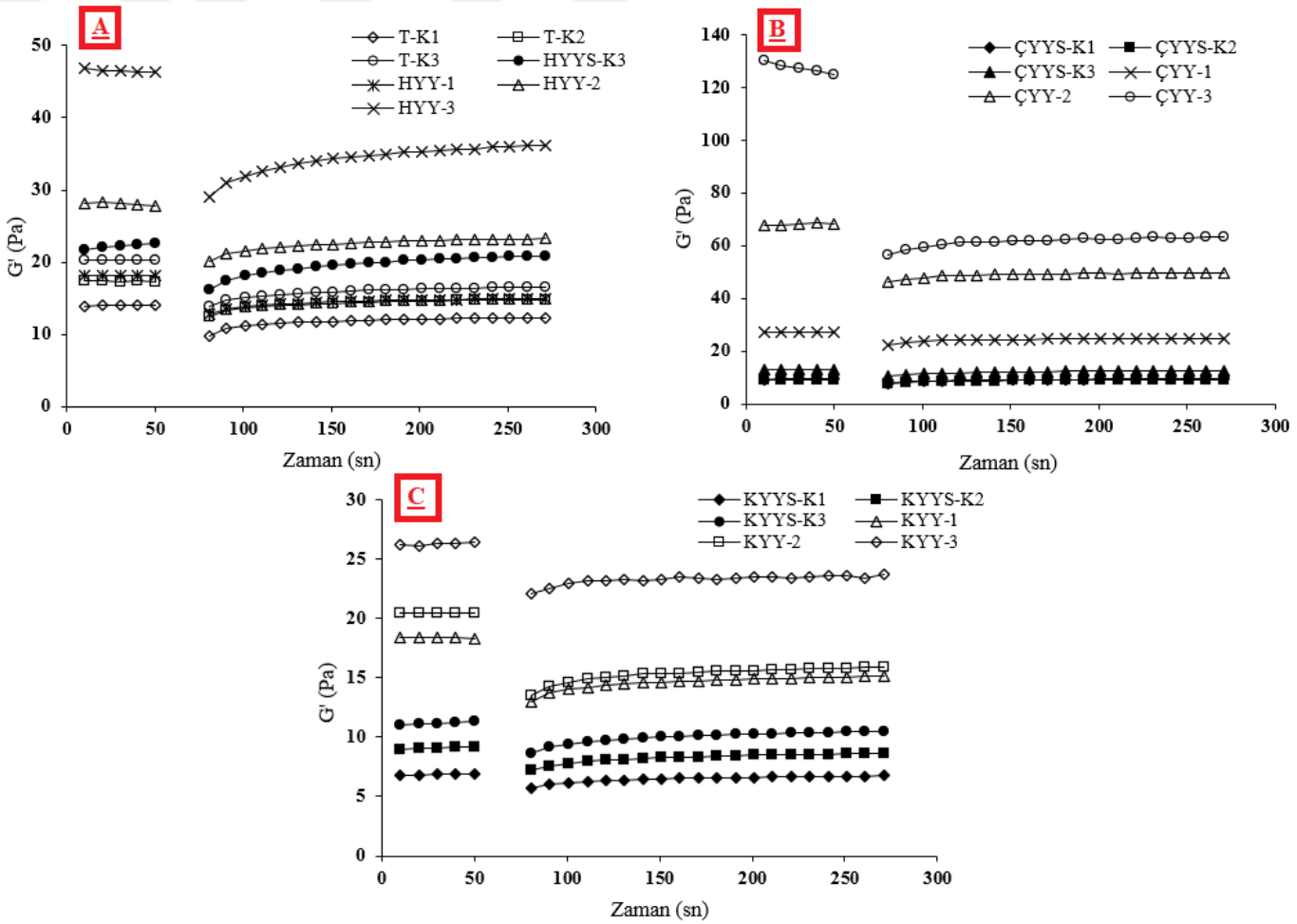
Örnek	K'	n'	R^2	K''	n''	R^2
KYYS-K1	1,03±0,06^{d}	0,78±0,02^{a}	>0,95	1,37±0,07^{c}	0,33±0,01^{b}	>0,95
KYYS-K2	1,72±0,11^{cd}	0,66±0,01^{b}	>0,95	0,83±0,03^{c}	0,53±0,02^{a}	>0,95
KYYS-K3	2,71±0,16^{c}	0,58±0,02^{c}	>0,95	1,51±0,02^{c}	0,41±0,01^{b}	>0,95
KYY-1	8,61±0,57^{b}	0,32±0,01^{d}	>0,95	3,35±0,23^{b}	0,22±0,01^{c}	>0,95
KYY-2	10,60±0,03^{ab}	0,29±0,00^{d}	>0,95	4,00±0,29^{ab}	0,21±0,02^{c}	>0,95
KYY-3	11,96±0,41^{a}	0,29±0,01^{d}	>0,95	4,51±0,02^{a}	0,21±0,01^{c}	>0,95

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. KYYS-K1: Az yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K2: Yarım yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K3: Tam yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-1: Az yağlı %1 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-2: Az yağlı %2 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-3: Az yağlı %3 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma

Tüm bu farklılıklar, soğuk pres yağ yan ürünlerin içeriğiyle birlikte dondurma bileşenleri arasındaki sinerjistik etkileşimlere bağlanabilir. Protein-polisakkarit yapıları arasında oluşan bağlar, moleküller arasında güçlü etkileşimlere neden olur ve bu da G' (depolama modülü) değerinde bir artışa yol açar. Bu bağlar, moleküllerin bir arada tutulmasını ve yapıların daha sert ve dayanıklı olmasını sağlar. Bu etkileşimler, gıda kalitesinin iyileştirilmesine yol açarak fonksiyonel niteliklerin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Tüm dondurma karışımları incelendiğinde yapının kuvvetlendiği görülmekte ve soğuk pres yağ yan ürünlerinin güçlü bir stabilizatör potansiyelini ortaya koymaktadır. Literatürde (Atalar vd.,

2021) proteince zengin fındık içeceği ile elde edilmiş dondurma numuneleri için benzer bir sonuç bildirmiştir.

Şekil 3.15, üç aralıklı tiksotropi testi (3-ITT) sonuçlarını göstermektedir ve dondurma karışımlarının yapısal geri kazanımı hakkında bilgi vermektedir. Şekilde, 3. aralıktaki tüm dondurma karışımlarının tiksotropik davranışın, yani yapısal geri kazanımın G' değerlerine dayandığını göstermektedir. Şekil 3.15 yağ ve soğuk pres yağ yan ürünleri oranı değişen tüm dondurma karışımlarının yapısal geri kazanım eğilimini göstermektedir. Az yağlı dondurma karışımı en düşük yapısal geri kazanımı gösterirken, %3 soğuk pres yağ yan ürünü ile stabilize edilen az yağlı dondurma karışımları en yüksek geri kazanımı gösterir.



Şekil 3.15 Tiksotropik davranış grafikleri

Daha düşük yapısal geri kazanım, işleme sırasında homojenleştirme veya pompalama gibi deformasyonlardan sonra dondurmanın orijinal yapısına hızlı bir şekilde geri yüklenememesinden kaynaklanır. Bu durum, yapısal moleküler etkileşimlerin yüksek viskozite ve gücü nedeniyle olabilir (Wang vd., 2019b; Razmkhah vd., 2016). Bu çalışmanın sonuçları, bitki bazlı dondurma karışımlarının geleneksel dondurma karışımlarından beklenen yapısal geri kazanım eğilimini gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca (Atik vd., 2021a) tarafından yapılan önceki araştırmalarla da tutarlılık göstermektedir. Bu araştırmalarda, soğuk preslenmiş chia yağı yan ürünlerinin tiksotropik davranışı artırdığı bildirilmiştir.

Tablo 3.18-19 ve 20, ikinci dereceden yapısal kinetik modelin parametrelerini göstermektedir. Bu parametreler G_0, G_e, k ve G_e/G_0 olarak belirtilmektedir. G_e/G_0 oranı, daha hızlı iyileşme eğilimini gösterir.

Tablo 3.18 Tiksotropik davranış parametreleri (HYY)

Örnek	G_0	G_e	G_e/G_0	k×100	R^2
T-K1	9,85±0,71^{e}	12,50±0,01^{d}	1,26±0,00^{c}	3,16±0,01^{e}	>0,99
T-K2	11,24±0,25^{de}	14,80±0,72^{cd}	1,31±0,00^{c}	3,31±0,01^{d}	>0,99
T-K3	13,82±1,28^{cd}	19,49±0,46^{bc}	1,41±0,00^{a}	3,41±0,04^{b}	>0,99
HYYS-K3	14,44±0,27^{c}	20,91±0,02^{bc}	1,44±0,01^{a}	3,51±0,01^{a}	>0,99
HYY-1	12,49±0,71^{cde}	15,64±0,72^{cd}	1,26±0,00^{c}	3,12±0,02^{e}	>0,99
HYY-2	18,88±0,16^{b}	25,28±0,71^{b}	1,33±0,00^{bc}	3,30±0,02^{d}	>0,99
HYY-3	25,01±0,69^{a}	33,87±0,61^{a}	1,35±0,00^{b}	3,35±0,00^{c}	>0,99

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. T-K1: Az yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K2: Yarım yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K3:Tam yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, HYYS-K3: Tam yağlı Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-1: Az yağlı %1 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, , HYY-2: Az yağlı %2 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-3: Az yağlı %3 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma

Tablo 3.18'e göre en yüksek G_0, G_e, $G_e/G0$ ve k değerleri tam yağlı numunesi ve az yağlı %3 yan ürün ilaveli numunelerinde bulunmaktadır. Bu da HYY-3 numunesinin en fazla tiksotropik davranışı sergilediğini göstermektedir. HYY, yüksek yağ içeren kontrol numunesiyle benzer geri kazanım özellikleri göstermekte ve ticari kontrol numunelerine göre daha fazla tiksotropik davranış sergilemektedir. İyileşme eğilimi, tiksotropik hız sabiti (k) değeri ne kadar yüksekse, numunelerin geri kazanılabilir özellikleri o kadar fazla olmaktadır. Bu bulgular, Soğuk pres Hindistan cevizi yağı yan ürününün dondurma karışımının geri kazanılabilir özelliklerini geliştirmek için kullanılabileceğini göstermektedir. Kısacası HYY, numunelerin tiksotropik davranışını artırarak daha hızlı bir şekilde yapısal iyileşme sağlayabilir.

Tablo 3.19 Tiksotropik davranış parametreleri (ÇYY)

Örnek	G_0	G_e	G_e/G_0	k×100	R^2
ÇYYS-K1	7,02±0,03^{e}	9,71±0,23 ^{e}	1,38±0,03 ^{b}	4,37±0,45^{b}	>0,99
ÇYYS-K2	6,76±0,03^{e}	9,55±0,05 ^{e}	1,41±0,01^{b}	4,03±0,21^{b}	>0,99
ÇYYS-K3	10,33±0,58^{d}	13,26±0,62^{d}	1,28±0,01^{c}	1,70±0,11^{c}	>0,99
ÇYY-1	16,65±0,02^{c}	25,03±0,02^{c}	1,50±0,00^{a}	6,12±0,03^{a}	>0.99
ÇYY-2	43,05±0,07^{b}	54,93±0,03^{b}	1,28±0,00^{c}	5,67±0,04^{a}	>0.99
ÇYY-3	53,25±0,04^{a}	64,41±0,08^{a}	1,21±0,00^{d}	4,02±0,06^{b}	>0.99

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. ÇYYS-K1: Az yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K2: Yarım yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K3: Tam yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-1: Az yağlı %1 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-2: Az yağlı %2 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-3: Az yağlı %3 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma

Çörek otu yağı yan ürünü bazlı dondurma örneklerinin tiksotropik davranışları incelendiğinde en yüksek G_0, G_e, G_e/G_0 ve k değerleri yan ürün ile stabilize edilen az yağlı numunelerde bulunmaktadır. Bu da ÇYY ilave edilen az yağlı numunelerinde en fazla tiksotropik davranışı sergilediğini gösterir (Tablo 3.19).

Tablo 3.20 Tiksotropik davranış parametreleri (KYY)

Örnek	G_0	G_e	G_e/G_0	k×100	R^2
KYYS-K1	5,22±0,10^{f}	6,89±0,11^{d}	1,32±0,00^{a}	3,92±0,56^{c}	>0,99
KYYS-K2	6,70±0,06^{e}	8,91±0,19^{c}	1,33±0,01^{a}	3,12±0,29^{c}	>0,99
KYYS-K3	8,09±0,07^{d}	10,86±0,05^{c}	1,34±0,02^{a}	2,86±0,08^{c}	>0,99
KYY-1	11,81±0,02^{c}	15,27±0,09^{b}	1,29±0,01^{a}	4,64±0,90^{bc}	>0.99
KYY-2	12,54±0,14^{b}	16,19±0,10^{b}	1,29±0,01^{a}	6,43±0,61^{b}	>0.99
KYY-3	19,98±0,03^{a}	22,85±1,20^{a}	1,14±0,06^{b}	11,40±0,57^{a}	>0.99

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. KYYS-K1: Az yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K2: Yarım yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K3: Tam yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-1: Az yağlı %1 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-2: Az yağlı %2 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-3: Az yağlı %3 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma

Tablo 3.20 kabak çekirdeği yağı yan ürününün iyileşme eğilimini göstermektedir. Kontrol numuneleri ile az yağlı dondurma numuneleri arasında önemli fark bulunmuştur ($p<0,05$). KYY'nin ilavesi dondurma karışımının geri kazanılabilir özelliklerini geliştirmek için kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

(Nooshkam vd., 2023) tarafından yapılan çalışmada, az yağlı ve az şekerli dondurmaların kontrol dondurmalarına kıyasla daha yüksek elastik (G′) ve viskoz (G″) değerlere sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, yağ ikamesi ile oluşturulan protein-polisakkarit kompleksinin de kontrol numunesine kıyasla daha yüksek görünür viskozite değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada, yağ/şeker ikamesi seviyesinin artmasıyla karışımların K ve n endekslerinin sırasıyla arttığı ve azaldığı belirtilmiştir.

Yağın dondurma karışımında dağıldığı ve viskozite artışında önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir. Yağın azalması, sürekli fazda daha düşük yağ agrega hacmi nedeniyle baz viskozitesinde bir düşüşe ve dondurma yüzeyindeki yağ küreciklerinin filmlerinin oluşumunda bir azalmaya yol açabilir. Bu durum, erime sırasında daha düşük stabiliteye yol açabilen hava kabarcıkları yüzeylerini etkileyebilir. Bununla birlikte, yağın azaltılması durumunda, protein ve polisakkarit

gibi bileşenlerin su moleküllerini tutma ve karışımın viskozitesini artırma potansiyeline bağlı olarak, yağı azaltılmış dondurmaların viskozitesini telafi ettiği belirtilmektedir (Wan vd., 2018).

3.4.2 Damlacık Boyutu ve Zeta Potansiyeli

Zeta potansiyeli değerleri, parçacıklar arasındaki elektriksel itme kuvvetinin seviyesini ölçerek emülsiyonların stabilitesini tahmin etmek için kullanılır. Zeta potansiyeli, yüzey yüklerinin dağılımı ve emülsiyon ortamındaki elektrolit konsantrasyonu gibi faktörlere bağlı olarak hesaplanır. Yüksek bir zeta potansiyeli, parçacıklar arasındaki elektriksel itme kuvvetinin güçlü olduğunu gösterir. Bu durumda, parçacıklar birbirlerini iterek yakın teması engeller ve emülsiyon stabilitesi artar. Bu tür bir sistemde, parçacıkların agregasyonu veya topaklanması engellenir. Düşük bir zeta potansiyeli ise, parçacıklar arasındaki düşük elektriksel itme kuvveti nedeniyle topaklanma ve yakın temasın oluşmasına yol açar. Bu durumda, emülsiyon stabilitesi düşük olabilir ve parçacıklar bir araya gelerek büyük damlacıklar veya faz ayrışması oluşturabilir. Bu nedenle, zeta potansiyeli değerleri, emülsiyonların stabilitesini tahmin etmek ve uygun formülasyon veya işleme koşullarını belirlemek için önemli bir gösterge olarak kullanılır (Zhang vd., 2018).

Tablo 3.21'e göre, Hindistan cevizi sütü bazlı dondurma karışımlarının zeta potansiyel değerleri -38,77 mV ile -41,47 mV arasında değişmektedir. Bu değerler dondurma karışımlarının yüksek emülsiyon stabilitesine sahip olduğunu göstermektedir. HYY kullanımı, parçacıklar arasındaki elektriksel itme kuvvetini artırarak emülsiyonun stabilitesini iyileştirdiği görülmektedir. Ayrıca, Tablo 3.18'de belirtilen dondurma karışımlarının partikül boyutları (d32), 1,502.26 µm ile 4,629.67 µm arasında değişmektedir. Bu sonuçlar, HYY'nin yağ damlacığı boyutu üzerinde de olumlu bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Daha küçük partikül boyutları, emülsiyonun homojenliğini ve stabilitesini artırır. Bu veriler, HYY kullanımının dondurma karışımlarının fiziksel özelliklerini iyileştirebileceğini ve emülsiyon stabilitesini artırabileceğini göstermektedir.

Tablo 3.21 Zeta potansiyel ve damlacık boyutu değerleri (HYY)

Örnek	Zeta potansiyel (mV)	Damlacık boyutu, d_{32}(µm)
T-K1	-40,07±0,55^{bc}	2,539.3±0,20^{bc}
T-K2	-41,47±0,58^{c}	3,582.0±1,90^{ab}
T-K3	-39,73±0,98^{bc}	4,629.7±0,26^{a}
HYYS-K3	-34,55±0,03^{a}	1,502.3±2,52^{c}
HYY-1	-38,80±0,52^{b}	1,694.7±0,62^{c}
HYY-2	-38,77±0,8^{bc}	2,271.3±0,62^{c}
HYY-3	-39,27±1,72^{bc}	1,855.7±0,46^{c}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. T-K1: Az yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K2: Yarım yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K3:Tam yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, HYYS-K3: Tam yağlı Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-1: Az yağlı %1 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, , HYY-2: Az yağlı %2 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-3: Az yağlı %3 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma

Tablo 3.19'a göre, çörek otu sütü bazlı dondurma karışımlarının zeta potansiyeli değerleri -28,05 mV ile -40,60 mV arasında değişmektedir. ÇYY ilaveli az yağlı numuneler kontrol örneklere göre daha yüksek emülsiyon stabilitesine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Tablo 3.19'da dondurma karışımlarının partikül boyutları (d32) 1,572.7 um ile 3,495 um arasında belirlenmiştir. Bu sonuçlar, ÇYY ilavesinin dondurma karışımlarının yağ damlacığı boyutu ve zeta potansiyeli üzerinde pozitif etkisini ortaya koymuştur.

Tablo 3.22 Zeta potansiyel ve damlacık boyutu değerleri (ÇYY)

Örnek	Zeta potansiyel (mV)	Damlacık boyutu, d_{32} (µm)
ÇYYS-K1	-32,90±1,13^{b}	1,841.5±0,37^{b}
ÇYYS-K2	-28,05±2,33^{b}	2,700.0±0,58^{ab}
ÇYYS-K3	-28,80±1,13^{b}	3,495.0±0,38^{a}
ÇYY-1	-40,60±0,29^{a}	1,572.7±0,56^{b}
ÇYY-2	-39,50±0,45^{a}	2,749.7±0,32^{ab}
ÇYY-3	-39,33±0,75^{a}	2,322.3±0,31^{ab}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. ÇYYS-K1: Az yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K2: Yarım yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K3: Tam yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-1: Az yağlı %1 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-2: Az yağlı %2 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-3: Az yağlı %3 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma

Kabak çekirdeği sütü bazlı dondurma karışımlarının zeta potansiyeli ve damlacık boyutu değerleri Tablo 3.23'te gösterilmiştir. Zeta potansiyel değerleri -31,20 mV ile -40,43 mV arasında değişerek yüksek stabiliteye sahiptir. Kontrol örnekleri arasında zeta potansiyel değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmezken az yağlı dondurma örneklerine KYY ilavesi stabiliteyi iyileştirdiği görülmüştür. Dondurma karışımlarının partikül boyutları ise (d32) 1,267.7 um ile 5,624.5 um arasında değişmiştir.

Yüksek zeta potansiyeli değerleri, parçacıklar arasındaki elektriksel itme kuvvetinin güçlü olduğunu ve emülsiyonun stabilitesini artırdığını gösterir. Ayrıca, küçük partikül boyutları da emülsiyon stabilitesini destekleyebilir. Ek olarak, (Atik vd., 2021a) soğuk pres chia yağı yan ürünlerinin az yağlı dondurma örneklerinde dengeleyici olarak kullanılmasının dondurmada zeta potansiyel değerleri ve emülsiyon stabilitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir.

Tablo 3.23 Zeta potansiyel ve damlacık boyutu değerleri (KYY)

Örnek	Zeta potansiyel (mV)	Damlacık boyutu, d_{32} (µm)
KYYS-K1	-31,20±0,35^{b}	2,389.5±0,27^{c}
KYYS-K2	-32,50±1,30^{b}	3,758.0±0,20^{b}
KYYS-K3	-33,40±1,44^{b}	5,624.5±0,35^{a}
KYY-1	-40,43±0,68^{a}	1,597.7±0,17^{e}
KYY-2	-39,00±0,62^{a}	1,267.7±0,28^{f}
KYY-3	-38,57±0,57^{a}	2,182.7±0,05^{d}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. KYYS-K1: Az yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K2: Yarım yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K3: Tam yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-1: Az yağlı %1 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-2: Az yağlı %2 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-3: Az yağlı %3 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma

Hindistan cevizi, soya ve inek sütü bazlı dondurmaların zeta potansiyel değerleri -26,4 ile -36,87 mV arasında, damlacık boyutları ise 810 ile 2541 nm arasında değiştiği belirtilmiştir. Hindistan cevizi sütü dondurması için, Hindistan cevizi proteinlerinin peynir altı suyu proteinlerine göre daha az yüzey aktivitesine bağlandığını ve bu durumun daha büyük yağ globül boyutundan kaynaklandığına bağlamışlardır (Aboulfazli vd., 2014).

Az yağlı dondurma ile ilgili diğer bir çalışmada yağ/şeker ikamesinin, dondurma numunelerinin ζ-potansiyeli ve parçacık boyutu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yağ ikamesi olarak meyan özü/peynir altı suyu proteini izolatı/aljinat bazlı köpükler üretilmiş ve %0, 25, 50, 75 ve %100 w/w ilave edilmiştir. En yüksek yağ ikamesinin kullanıldığı örnek ζ-potansiyeli değerini -40 mV'un altına düşürmüştür. Daha düşük yağ ikamesi kullanılan örneklerin ise ζ-potansiyeli değerinin yaklaşık -35 mV olması yağ globüllerine (negatif yüzey yükü ile) ve buna karşılık ilgili numunelerdeki membranöz proteinler ve fosfolipidlere bağlamışlardır (Nooshkam vd., 2023).

3.4.3 Taşma değeri

Bu çalışmada Hindistan cevizi sütü bazlı dondurma örnekleri için taşma değerleri %22,02 ile %28,33 arasında değişmiştir (Tablo 3.24). HYY miktarı ve ilave yağın taşma değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur ($p < 0,05$). Az yağlı %3 HYY ile stabilize edilen (HYY-3) ile tam yağlı kontrol (HYYS-K3) örneği az ve yarım yağlı ticari kontrol örneklerden daha yüksek bir taşma değerine sahiptir (Tablo 3.24). Ayrıca, taşmadaki artışın yağ içeriği arttıkça ve HYY miktarındaki artışla birlikte daha da arttığı belirlenmiştir.

Tablo 3.24 Taşma değeri kapasitesi (HYY)

Örnek	Taşma değeri %
T-K1	$23,75 \pm 0,02^{f}$
T-K2	$23,97 \pm 0,01^{e}$
T-K3	$25,21 \pm 0,04^{c}$
HYYS-K3	$26,88 \pm 0,03^{b}$
HYY-1	$22,02 \pm 0,02^{g}$
HYY-2	$24,18 \pm 0,04^{d}$
HYY-3	$28,33 \pm 0,01^{a}$

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. T-K1: Az yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K2: Yarım yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K3: Tam yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, HYYS-K3: Tam yağlı Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-1: Az yağlı %1 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, , HYY-2: Az yağlı %2 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-3: Az yağlı %3 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma

Proteinlerin taşma değerlerini artırma eğiliminde olduğu, köpük stabilitesini artırmaya yardımcı olan emülsifikasyon yetenekleri nedeniyle bu etkinin gerçekleşebileceği belirtilmiştir (Aykan vd., 2008). (Tekin-Cakmak vd., 2021) tarafından yapılan bir çalışmaya göre, HYY'nin %60,82 karbonhidrat ve %16,36 protein içerdiği belirtilmektedir. Bu nedenle, dondurma örneklerinde HYY ilavesi, hacim değerinin yağ ilavesine göre daha fazla artmasına katkıda bulunabilir.

Çörek otu sütü bazlı dondurmalar için taşma değerleri Tablo 3.25'te gösterilmiştir. Sonuçlara göre taşma değerleri %17,30 ile 41,23 arasında değişerek istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). Az yağlı %3 ÇYY içeren dondurma örneğinin taşma değeri tam yağlı (ÇYY-K3) kontrol örneğine benzer olduğu görülmüştür. Bu örneklerde yağ miktarı arttıkça taşma değerinde azalma gözlenirken ÇYY ilavesiyle taşma değerlerinde artış gözlenmiştir.

Tablo 3.25 Taşma değeri kapasitesi (ÇYY)

Örnek	Taşma değeri (%)
ÇYYS-K1	$41,23\pm0,32^{a}$
ÇYYS-K2	$35,92\pm0,11^{b}$
ÇYYS-K3	$29,23\pm1,11^{c}$
ÇYY-1	$17,30\pm0,43^{e}$
ÇYY-2	$21,62\pm0,01^{d}$
ÇYY-3	$30,04\pm0,04^{c}$

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p\leq0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. ÇYYS-K1: Az yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K2: Yarım yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K3: Tam yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-1: Az yağlı %1 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-2: Az yağlı %2 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-3: Az yağlı %3 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma

Kaynak olarak kabak çekirdeği yağı yan ürünü kullanılan örneklerde ise durum tam tersiydi. Taşma değerleri Tablo 3.26'da gösterildiği gibi yağ ve KYY oranı arttıkça taşma değerinde artış gözlenmiştir.

Tablo 3.26 Taşma değeri kapasitesi (KYY)

Örnek	Taşma değeri (%)
KYYS-K1	20,90±0,44^{e}
KYYS-K2	53,46±0,77^{b}
KYYS-K3	73,22±0,16^{a}
KYY-1	21,23±0,03^{e}
KYY-2	23,88±0,03^{d}
KYY-3	26,18±0,25^{c}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. . KYYS-K1: Az yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K2: Yarım yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K3: Tam yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-1: Az yağlı %1 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-2: Az yağlı %2 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-3: Az yağlı %3 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma

Az yağlı kontrol örneği ile %3 KYY ile stabilize edilmiş az yağlı örneğinin taşma değerleri birbirine yakın bulunmuştur. (Badilli, 2020) yaptığı çalışmada da dondurma formülasyonlarına soya proteini özü ve nohut unu eklemek, daha yüksek karışım viskozitelerine ve daha düşük taşma değerlerine yol açtığını bildirmiştir.

Dondurmalarda taşma değeri dondurmanın üretim sürecinde verilen hava miktarı ile ilişkilidir. Hava hücrelerinin oluşumu, yağ, emülgatör, stabilizatör gibi içeriklerin yanı sıra işleme değişkenleri tarafından etkilenebilir. Çırpma sıcaklığı ve donma gücü gibi işleme değişkenleri, hava hücrelerinin oluşumu üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir. Karbonhidrat bazlı yağ ikamelerinin viskoz bir özelliği olduğu ve çırpma kapasitesini azaltabileceği belirtilmektedir. Karbonhidrat bazlı yağ ikameleri, hava hücrelerinin oluşumunu engelleyerek veya azaltarak dondurmanın taşmasını önleyebilir. Bu bilgilere dayanarak, dondurma üretim sürecinde hava miktarını kontrol etmek, yağ, emülgatör, stabilizatör ve işleme değişkenlerini doğru şekilde ayarlamak önemlidir. Ayrıca, karbonhidrat bazlı yağ ikameleri gibi viskoz özelliklere sahip bileşenlerin kullanımıyla taşma değerlerinin düşürülmesi mümkündür (Cruz vd., 2009).

Dondurma karışımının viskozitesi, çırpma oranını etkiler. Viskozitenin artması, karışımın çırpılmasını zorlaştırabilir ve daha uzun sürelerde çırpma gerektirebilir.

Bu durum, üretim süresini uzatabilir ve maliyetleri artırabilir. Bu nedenle, optimum çırpma süresi ve hava tutma için belirli bir viskozite düzeyi gereklidir. Daha yüksek viskoziteler, dondurma karışımının içine daha fazla hava girmesini sağlayabilir. Bu, dondurmanın daha kabarık ve kremamsı bir dokuya sahip olmasını sağlar. Ayrıca, dondurma karışımı donarken hava kabarcıkları daha küçük boyutlara parçalanır, bu da dondurmanın daha pürüzsüz bir dokuya sahip olmasını sağlar (Feizi vd., 2021).

Sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalarla da uyumludur (Badilli, 2020; Hidas vd., 2023; Narala vd., 2022). (Nooshkam vd., 2023) yaptığı farklı bitki protein bazlı dondurmaların taşma kapasitelerini ile ilgili çalışmasında %0,5 ile %11,5 oranında değiştiğini gözlemlemiş vegan protein izolatlarının dondurma işlemi sırasında havanın dahil edilmesini olumsuz yönde etkileyebileceğini ve bunun da taşmayı azalttığını bulmuşlardır. Özellikle kenevir tohumu proteini bazlı dondurma en düşük taşma değerine sahip olduğunu bildirerek kenevir proteininde muhtemel protein olmayan maddelerin varlığı, arayüzey zarlarını zayıflatarak köpürme kapasitesinin azalmasına sebep olduğunu belirtmiştir.

3.4.4 Termal Özellikler

Erime direnci, dondurmanın yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında erimeye karşı direnç kapasitesini ifade eder. Bu direnç, dondurmanın yapısal özelliklerine ve bileşenlerine bağlıdır. Erime direnci genellikle Diferansiyel Taramal Kalorimetri (DSC) gibi analitik teknikler kullanılarak değerlendirilir. Dondurmanın termal davranışını belirlemek için DSC kullanılarak dondurma numunesi ısıtılırken veya soğutulurken meydana gelen termal değişiklikler izlenmektedir. Yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında, dondurma erimeye başlar ve DSC'de endotermik bir pik olarak gözlenir. Bu pik, dondurmanın erime entalpisini (ΔH_f) temsil eder. Erime entalpisi, dondurmanın erime sürecinde sistemden çıkan enerji miktarını ifade eder. DSC grafikleri incelenerek, endotermik tepe noktasının alanı hesaplanabilir ve bu da erime entalpisiyle ilişkilidir. Dondurmanın erime direnci, bu entalpi değeriyle belirlenir. Yüksek erime entalpisi, dondurmanın yüksek sıcaklıklara karşı daha dirençli olduğunu gösterir.

Tablo 3.27'de Hindistan cevizi sütü bazlı dondurma numunelerinin termal özellikleri ve buz kristali erimesi ile ilgili veriler bulunmaktadır. DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) kullanılarak elde edilen verilere göre, dondurma

numunelerinin başlangıç, bitiş ve erime sıcaklıkları (-13,60 ile -6,11°C, 4,45 ile 5,26°C, -3,31 ile -4,60°C) belirlenmiştir. Ayrıca, dondurmanın erime entalpisi (ΔH_f) değerleri 144,70 J/g ile 172,70 J/g arasında değişmektedir. Dondurmaların su içeriği ve donmuş su miktarı buz kristali oluşumunu etkilemektedir. Daha yüksek donmuş suya sahip dondurmalar, buz oluşumuna ve dolayısıyla entalpide bir artırmaya neden olurken, daha düşük donmuş suya sahip dondurmalar daha az erime entalpisi gösterir (Pintor-Jardines vd., 2018). Ayrıca, az yağlı dondurmaların (düşük yağ oranı ve yüksek sıvı fraksiyonu nedeniyle) daha yüksek erime entalpisi değerlerine sahip olduğu belirtilmektedir. HYY ile stabilize edilen numuneler, düşük yağ içeriğine sahip olsalar da benzer termal özelliklere sahiptir. HYY içeriğinin artmasıyla ΔH_f değerleri düşmektedir. Bu durum, HYY içindeki protein ve polisakkaritlerin su tutma kapasitesi ve dondurulabilir su miktarının azalmasıyla açıklanabilir

Tablo 3.27 Termal Özellikler (HYY)

Örnek	T_0 (ºC)	T_{son} (ºC)	T_f (ºC)	ΔT (ºC)	ΔH_f (J/g)
T-K1	-10,65±0,01^{c}	5,09±0,01^{ab}	-3,47±0,01^{ab}	15,74±0,01^{b}	172,70±0,42^{a}
T-K2	-13,60±0,22^{d}	4,45±0,09^{d}	-4,60±0,03^{c}	18,06±0,32^{a}	157,05±0,21^{c}
T-K3	-8,38±0,05^{b}	4,51±0,06^{cd}	-3,71±0,16^{b}	12,88±0,01^{d}	151,20±0,28^{d}
HYYS-K3	-8,41±0,01^{b}	5,26±0,02^{a}	-4,46±0,01^{c}	13,67±0,02^{c}	144,7±0,52^{e}
HYY-1	-6,11±0,01^{a}	4,70±0,00^{c}	-3,31±0,01^{a}	10,80±0,01^{e}	163,15±0,21^{b}
HYY-2	-8,60±0,01^{b}	5,01±0,01^{b}	-3,45±0,01^{a}	13,62±0,01^{c}	155,55±0,78^{c}
HYY-3	-8,63±0,21^{b}	5,02±0,01^{b}	-4,50±0,00^{c}	13,65±0,22^{c}	145,25±0,21^{e}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. T-K1: Az yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K2: Yarım yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K3: Tam yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, HYYS-K3: Tam yağlı Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-1: Az yağlı %1 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, , HYY-2: Az yağlı %2 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-3: Az yağlı %3 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma

Sıcaklık aralığı (ΔT), buz kristali boyut dağılımının bir ölçüsü olarak değerlendirilir. Daha dar bir erime sıcaklığı aralığı, daha homojen bir buz kristali dağılımını temsil eder (Alvarez vd., 2005). Tablo 3.24'e göre, ΔT değerleri 10,80°C ile 18,06°C arasında değişmektedir. Sonuç olarak dondurmanın HYY ile zenginleştirilmesi, polisakkaritler ve protein içeriği sayesinde küçük buz kristallerinin oluşumunu iyileştirir, doku algısını iyileştirir ve soğuk depolama sırasında buz kristali stabilitesini artırır.

Tablo 3.28 çörek otu sütü bazlı dondurma numunelerinin termal davranışları incelendiğinde dondurma numunelerinin başlangıç, bitiş ve erime sıcaklıkları -6,15 ile -8,44°C, -0,26 ile 5,24°C, -3,20 ile -3,84°C arasında değişmiştir. Ayrıca, dondurma örneklerinin erime entalpisi (ΔH_f) değerlerinin 113,6 J/g ile 148,95 J/g arasında değiştiği ifade edilmektedir. ÇYY ile stabilize edilen az yağlı dondurmaların (düşük yağ oranı ve yüksek sıvı fraksiyonu nedeniyle) kontrollerine göre daha yüksek erime entalpisi değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Buz kristali ölçüsü olarak değerlendirilen ΔT değerleri ise kontrol örnekleri 5,89 ile 7,95 arasında değişirken ÇYY ile stabilize edilen az yağlı örnekler11,3 ile 13,68 arasında değişmiştir.

Tablo 3.28 Termal özellikler (ÇYY)

Örnek	T_0(ºC)	T_{son}(ºC)	T_f (ºC)	ΔT(ºC)	ΔH_f(J/g)
ÇYYS-K1	-7,84±0,02^{de}	0,11±0,01^{b}	-3,70±0,02^{bc}	7,95±0,01^{c}	113,6±0,28^{e}
ÇYYS-K2	-6,99±0,01^{bc}	0,52±0,03^{b}	-3,49±0,01^{b}	7,51±0,01^{c}	125,1±0,14^{c}
ÇYYS-K3	-6,15±0,21^{a}	-0,26±0,37^{b}	-3,54±0,02^{b}	5,89±0,^{16d}	122,5±0,28^{d}
ÇYY-1	-6,54±0,01^{ab}	4,75±0,02^{a}	-3,20±0,00^{a}	11,3±0,04b	142,25±0,35^{b}
ÇYY-2	-8,44±0,05^{e}	5,24±0,06^{a}	-3,84±0,01^{c}	13,68±0,01^{a}	148,95±0,70^{a}
ÇYY-3	-7,23±0,36^{de}	4,81±0,40^{a}	-3,62±0,10^{bc}	12,04±0,76^{b}	148,15±0,70^{a}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. ÇYYS-K1: Az yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K2: Yarım yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K3: Tam yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-1: Az yağlı %1 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-2: Az yağlı %2 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-3: Az yağlı %3 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma

Tablo 3.29'da kabak çekirdeği sütü bazlı dondurma numunelerinin başlangıç (T başlangıcı), bitiş (T bitiş) ve tamamen eridiği (Tf) sıcaklık değerleri verilmektedir. Numunelerin T başlangıcı -5,81 ile -7,72°C, T bitişi 1,38 ile 5,80°C ve Tf ise -2,79 ile -4,03°C olarak belirtilmiştir. Dondurma örneklerinin erime entalpisi (ΔH_f) değerlerinin 145,30 J/g ile 176,60 J/g arasında değiştiği görülmüştür. Kontrol örneklerinde yağ oranı arttıkça erime entalpilerinin düştüğü görülürken az yağlı KYY ile stabilize edilen örnekler arasında istatistiksel fark olmadığı belirlenmiştir.

Buz içeriğinin erime bölgesi olduğu bildirilen -5 ile 0 °C arasında bir endotermik tepe gözlemlenebilir. Kenevir protein ilaveli çalışmada da benzer erime profili bulunmuştur (Hidas vd., 2023). Guar gam gibi ilave edilen katkı maddeleri erime kabiliyetini azaltmıştır.

Tablo 3.29 Termal özellikler (KYY)

Örnek	T_0(°C)	T_{son}(°C)	T_f (°C)	ΔT(°C)	ΔH_f(J/g)
KYYS-K1	-7,33±0,47^{bc}	2,16±0,09^{d}	-2,80±0,01^{a}	9,50±0,56^{b}	176,60±4,80^{a}
KYYS-K2	-5,81±0,28^{a}	1,38±0,12^{e}	-2,79±0,07^{a}	7,18±0,40^{c}	167,45±3,61^{ab}
KYYS-K3	-7,71±0,29^{c}	2,63±0,04^{c}	-3,51±0,21^{b}	10,33±0,33^{b}	157,20±0,99^{bc}
KYY-1	-6,25±0,36^{ab}	5,80±0,03^{a}	-3,42±0,04^{b}	12,05±0,33^{a}	148,70±1,83^{c}
KYY-2	-7,72±0,02^{c}	5,61±0,06^{a}	-4,03±0,04^{c}	13,33±0,36^{a}	145,30±2,40^{c}
KYY-3	-7,52±0,03^{c}	5,12±0,03^{b}	-3,64±0,03^{b}	12,64±0,06^{a}	152,55±3,60^{c}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. . KYYS-K1: Az yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K2: Yarım yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K3: Tam yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-1: Az yağlı %1 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-2: Az yağlı %2 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-3: Az yağlı %3 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma

Ceviz sütü bazlı dondurmaların erime davranışlarının incelendiği çalışmada ise Tbaşlangıç ve Tson sıcaklıkları sırasıyla −14,84 ile 18,13 °C'dir. İnek sütü bazlı dondurma ile karşılaştırıldığında Tbaşlangıç değeri ceviz sütü ile üretilen dondurma örneklerinden düşük, Tson değeri ise diğerlerinden yüksek bulunmuştur. Bunun

sebebini ise kuru maddedeki artış, dondurmadaki serbest suyu bağlayan ve karışımda viskozitenin artmasına ve daha yavaş erimeye neden olan daha fazla hidrofilik grubun ortaya çıkmasına bağlamışlardır (Bekiroglu vd., 2022). Diğer bir neden ise, daha yüksek hava içeriğinin daha yüksek görünür viskoziteye yol açarak yağın daha iyi istikrarsızlaşmasına ve dolayısıyla daha yavaş erimeye yol açmasıdır.

Dondurmaların erimesi ile taşması arasında ters bir ilişki olması da bildirilmiş, karışıma daha fazla hava katılmasının (yüksek taşma) daha yavaş erime hızına sahip bir nihai ürüne yol açtığı gösterilmiştir (VanWees vd., 2020).

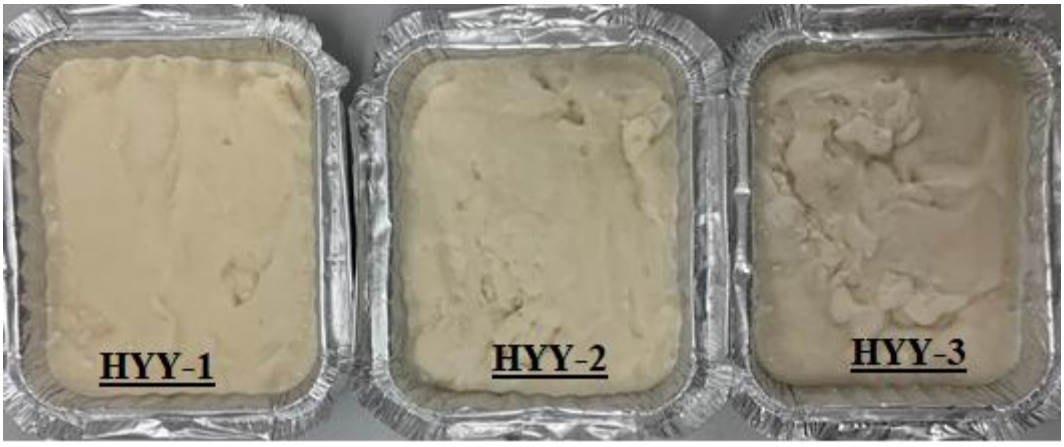
Dondurmaya inülin ilavesi yapılan bir çalışmada inülinin su tutma kapasitesi nedeniyle ilk damlama ve tam erime sürelerini arttırmış bu da su moleküllerinin immobilizasyonuna ve dondurmada daha az su kristalleşmesine neden olduğunu belirtmişlerdir (Akalın vd., 2008). Ayrıca (Guler-Akin vd., 2021) dondurmanın depolanması sırasında daha büyük buz kristali oluşumu olasılığından bahsetmişlerdir. (Narala vd., 2022) tarafından bezelye proteini ve inülin ilaveli çalışmasında da benzer sonuçlar ortaya koymuştur.

Dondurmanın yağ içeriğinin artmasıyla erime hızının düştüğü iyi bilinmektedir. Ayrıca, yağ globül kümelerinin ve topaklarının dondurma yapısındaki hava kabarcıklarını stabilize edebildiği ve buna bağlı olarak erime hızını düşürebildiği bildirilmiştir. Bu nedenle, düşük yağ içeriği, kontrol dondurmasına kıyasla düşük yağlı dondurmanın daha yüksek erime hızı için ana faktördür (Abdeldaiem vd., 2023). Tersine (Hyvönen vd., 2003) dondurmanın yağ içeriğinin artmasının fiziksel erime hızını artırdığını ancak duyusal erime hızını azalttığını, çünkü yağ içeriği yüksek olan dondurmanın daha yavaş erimesiyle ayırt edildiğini bildirmiştir.

3.4.5 Renk Değerleri

Dondurma örneklerinin renk parametreleri (*L**, *a**, *b**) Tablo 3.30-31 ve 32'de verilmiştir.

Tablo 3.30'a göre *L** değerleri 69,08-78,65 arasında değişmektedir. T-K1 örneği en yüksek *L** değerine (78,65) sahipken, T-K3 örneği en düşük *L** değerine (69,08) sahiptir. HYY ile hazırlanan örneklerin *L** değerleri kontrol örneklerinden daha düşük ve istatistiksel olarak farklıdır ($p<0,05$). Ayrıca, dondurma örneklerinde en yüksek *a** değeri T-K3'te (0,32) gözlenirken, en düşük *a** değeri T-K1'de gözlenmektedir. a* değerlerinin sıfırın altında olması, yeşil rengin bu örneklerde kırmızıya göre daha baskın olduğunu gösterir. Kullanılan yağ ve HYY içeriği, numunelerin *a** değerlerine önemli ölçüde etki etmektedir ($p<0,05$). Bununla birlikte, en yüksek *b** değeri HYY-3'te gözlenirken, en düşük *b** değeri T-K3 örneğinde gözlenmektedir. Örneklerin *b** değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0,05$). Numunelerin renk değerleri arasındaki farkın özellikle *L**, *a** ve *b** değerleri arasındaki farkın yağ ve HYY miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



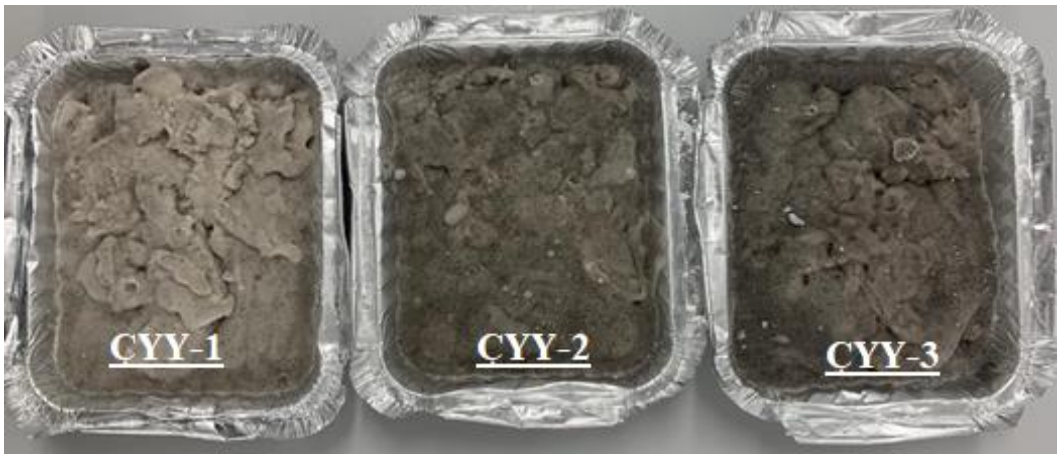
Şekil 3.16 HYY ile stabilize edilen az yağlı dondurma örnekleri

Tablo 3.30 Renk parametreleri (HYY)

Örnek	*L**	*a**	*b**
T-K1	78,65±0,12^{a}	0,05±0,00^{d}	8,73±0,11^{c}
T-K2	71,02±0,14^{bc}	0,12±0,01^{d}	7,56±0,30^{de}
T-K3	69,08±0,54^{d}	0,32±0,02^{b}	7,48±0,11^{e}
HYYS-K3	78,02±0,08^{a}	0,29±0,04^{b}	9,11±0,07^{bc}
HYY-1	71,45±0,16^{c}	0,47±0,02^{a}	8,22±0,13^{cd}
HYY-2	70,35±0,17^{c}	0,15±0,04^{c}	9,52±0,11^{b}
HYY-3	71,79±0,14^{b}	0,07±0,01^{d}	11,04±0,33^{a}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. T-K1: Az yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K2: Yarım yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K3: Tam yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, HYYS-K3: Tam yağlı Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-1: Az yağlı %1 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, , HYY-2: Az yağlı %2 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-3: Az yağlı %3 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma

Tablo 3.31'e göre *L** değerleri 43,64-58,2, *a** değerleri 0,10 ile 2,39 *b** değerleri 1,58 ile18,58 arasında değişmektedir. Kontrol örneklerin *L**, *a** ve b* değerlerinde istatistiksel olarak fark yokken ÇYY oranı arttıkça az yağlı örneklerde anlamlı farklılık görülmüştür (p<0,05). Kontrol dondurma örneklerinde en yüksek *L** değeri gözlenirken ÇYY ilavesiyle değer düşmüştür. ÇYY oranı arttıkça *a** değeri sıfırın üzerine çıkarak kırmızı rengin baskın olduğu görülmektedir. ÇYY ilavesiyle az yağlı örneklerin *b** değerleri önemli oranda azaldığı belirlenmiştir. Bu durum ÇYY'nin miktarından ve sahip olduğu düşük *b** (3,94) değerinden kaynaklıdır.



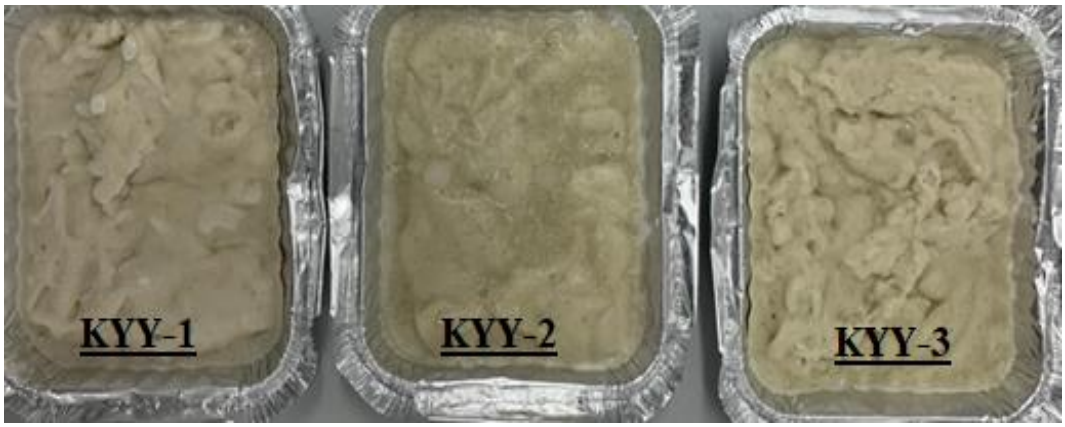
Şekil 3.17 ÇYY ile stabilize edilen az yağlı dondurma örnekleri

Tablo 3.31 Renk parametreleri (ÇYY)

Örnek	*L**	*a**	*b**
ÇYYS-K1	56,37±1,61^{a}	0,10±0,19^{c}	16,14±1,60^{a}
ÇYYS-K2	58,21±0,38^{a}	0,32±0,02^{c}	18,58±1,13^{a}
ÇYYS-K3	56,66±1,77^{a}	0,10±0,10^{c}	18,23±1,17^{a}
ÇYY-1	56,87±0,53^{a}	1,92±0,24^{b}	5,03±0,20^{b}
ÇYY-2	49,79±0,32^{b}	2,39±0,05^{a}	2,16±0,18^{bc}
ÇYY-3	43,64±0,21^{c}	2,39±0,07^{a}	1,58±0,05^{c}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. ÇYYS-K1: Az yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K2: Yarım yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K3: Tam yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-1: Az yağlı %1 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-2: Az yağlı %2 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-3: Az yağlı %3 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma

Kabak çekirdeği yağı yan ürünün değerlendirildiği dondurma örneklerinin *L**, *a** ve *b** değerleri Tablo 3.32'de gösterilmiştir. *L** değerleri incelendiğinde az yağlı kontrol örneği ile %1 KYY ilaveli az yağlı örneğin benzer olduğu görülmüştür. Yağ oranı arttıkça *L** değerinde artış, KYY oranı arttıkça *L** değerinde azalma eğilimi belirlenmiştir.



Şekil 3.18 KYY ile stabilize edilen az yağlı dondurma örnekleri

Kontrol örneklerin *a** değerinin sıfırın altında olması baskın yeşil renge sahip olduğu ve yağ oranının artması *a** değeri üzerine etkisinin olmadığını ifade etmektedir. Bununla birlikte, en yüksek *b** değeri az ve yarım yağlı kontrol numunelerinde gözlenirken, en düşük *b** değeri KYY-1 örneğinde gözlenmektedir.

Tablo 3.32 Renk parametreleri (KYY)

Örnek	*L**	*a**	*b**
KYYS-K1	69,89±0,69^{c}	-4,30±0,11^{c}	26,82±0,88^{a}
KYYS-K2	73,58±0,14^{b}	-4,32±0,04^{c}	26,44±0,39^{a}
KYYS-K3	75,66±0,79^{a}	-4,28±0,10^{c}	24,59±0,32^{b}
KYY-1	68,57±0,18^{c}	0,31±0,01^{a}	9,85±0,17^{d}
KYY-2	67,03±0,13^{d}	0,10±0,02^{a}	10,67±0,35^{cd}
KYY-3	63,32±0,07^{e}	-0,64±0,11^{b}	11,50±0,07^{c}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, p≤0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. . KYYS-K1: Az yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K2: Yarım yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K3: Tam yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-1: Az yağlı %1 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-2: Az yağlı %2 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-3: Az yağlı %3 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma

Diğer bir çalışmada, salep ve chia tozu içeren dondurma örneklerinin renk değerleri incelendiğinde, *L** değerleri 76,18-86,84, *a** değerleri (-3,64) - (-2,71) ve b* değerleri 8,58-12,10 arasında bulunmuştur (Ürkek, 2021).

Benzer çalışmada bitki proteinlerine dayalı olarak vegan dondurma numunelerinde renk değerleri önemli farklılıklar ortaya konulmuştur. Parlaklık değerleri, uygulanan bitki proteinlerine bağlıdır ancak en önemlisi kenevir ve pirinç proteini bazlı kenevir içecek dondurmalarına bağlı olduğu görülmüştür. Yeşillik değerlerinden de görülebilen koyu yeşil renk nedeniyle kenevir proteini en düşük açıklık değerlerine yol açmıştır. Pirinç proteini en yüksek hafiflik değerlerine neden olmuştur (Hidas vd., 2023).

Literatürdeki bitkisel bazlı dondurmaların kaynağına bağlı olarak renk değerleri değişmekte olduğu görülmektedir (Nooshkam vd., 2023; Narala vd., 2022; Pontonio vd., 2022). Dondurmaların *L* *, *a* * ve *b* * değerleri sırasıyla 68,00 ± 0,785 ile 82,41 ± 0,16, 0,27 ± 0,02, 3,70 ± 0,16 ve 10,84 ± 0,13, 18,71 ± 0,085 arasında değişmiş ve bakliyat protein konsantrasyonundaki artışla birlikte dondurmaların a * ve b * değerlerinin arttığını bildirmiştir (Guler-Akin vd., 2021; Sivasankari vd., 2019).

3.4.6 Duyusal Analiz

Bitki bazlı dondurma numunelerinin duyusal parametreleri Tablo 3.33-34 ve 35 sunulmuştur. Tablo 3.33'te Hindistan cevizi sütü bazlı dondurma örneklerinin duyusal puanları arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Tam yağlı dondurma örnekleri (HYYS-K3 ve T-K3), tüm duyusal parametreler için en yüksek puanları almıştır. HYY içeceğinden elde edilen tam yağlı ve az yağlı dondurma örnekleri, tüm duyusal parametrelerde benzer özelliklere sahiptir. Bununla birlikte, %3 oranında HYY ile stabilize edilen az yağlı dondurma, krema tadı dışında tam yağlı numunenin tam yağlı kontrol örneklere benzer duyusal özelliklerini göstermektedir.

Tablo 3.33 Duyusal analiz sonuçları (HYY)

Örnek	Renk ve Görünüm	Buzlu yapı ve Tutarlılık	Yabancı Tat ve Koku	Krema Tadı	Erime Direnci	Genel Kabul
T-K1	8,42±0,45^{a}	8,02±0,64^{ab}	8,04±0,18^{a}	7,00±0,48^{a}	7,22±0,55^{a}	7,78±0,39^{a}
T-K2	8,64±0,37^{a}	7,35±1,05^{b}	8,55±0,45^{a}	7,65±0,78^{a}	7,53±0,45^{a}	8,02±0,34^{a}
T-K3	8,50±0,57^{a}	8,55±0,35^{a}	8,42±0,78^{a}	9,05±0,53^{a}	8,15±0,37^{a}	8,85±0,89^{a}
HYYS-K3	8,28±0,26^{a}	8,64±0,47^{a}	8,07±0,53^{a}	8,92±0,53^{a}	8,05±1,15^{a}	8,42±0,97^{a}
HYY-1	7,71±0,89^{a}	7,50±0,77^{ab}	7,64±0,74^{a}	6,35±0,89^{a}	7,15±0,89^{a}	8,35±0,55^{a}
HYY-2	8,00±0,57^{a}	8,07±0,61^{ab}	8,08±0,99^{a}	6,55±1,15^{a}	8,05±0,89^{a}	8,12±0,44^{a}
HYY-3	8,71±0,56^{a}	8,21±0,39^{ab}	8,64±1,46^{a}	6,92±1,21^{a}	8,50±1,11^{a}	8,57±0,78^{a}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. T-K1: Az yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K2: Yarım yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, T-K3: Tam yağlı ticari Hindistan cevizi sütlü dondurma, HYYS-K3: Tam yağlı Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-1: Az yağlı %1 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, , HYY-2: Az yağlı %2 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma, HYY-3: Az yağlı %3 HYY ilaveli Hindistan cevizi yağı yan ürün sütlü dondurma

Tablo 3.34 çörek otu sütü bazlı dondurma örneklerinin duyusal puanları arasında anlamlı bir fark görülmektedir. Tam yağlı kontrol dondurma örnekleri tüm duyusal parametrelerinde en yüksek puanları alırken ÇYY oranının artması puanları olumsuz etkilemiştir. Özellikle ÇYY-3 (az yağlı dondurma), renk ve görünüm, yabancı tat ve koku ve erime direncinde düşük beğeni sergilemiştir.

Tablo 3.34 Duyusal analiz sonuçları (ÇYY)

Örnek	Renk ve Görünüm	Buzlu yapı ve Tutarlılık	Yabancı Tat ve Koku	Krema Tadı	Erime Direnci	Genel Kabul
ÇYYS-K1	7,00±0,71^{ab}	7,10±0,14^{b}	6,66±0,12^{ab}	6,64±0,20^{a}	8,05±0,07^{a}	7,58±0,11^{ab}
ÇYYS-K2	7,40±0,57^{a}	7,23±0,11^{b}	6,91±0,81^{ab}	6,78±0,06^{a}	7,84±0,23^{a}	7,79±0,02^{ab}
ÇYYS-K3	7,10±0,14^{a}	7,71±0,41^{ab}	7,51±0,52^{a}	6,72±0,37^{a}	7,61±0,27^{a}	8,13±0,05^{a}
ÇYY-1	5,10±0,42^{bc}	8,32±0,16^{a}	7,45±0,29^{a}	6,47±0,07^{a}	7,34±0,31^{a}	7,17±0,09^{bc}
ÇYY-2	3,97±0,38^{c}	8,34±0,23^{a}	5,05±59^{b}	6,23±0,15^{a}	7,16±0,07^{ab}	6,41±0,23^{c}
ÇYY-3	3,40±0,57^{c}	8,33±0,06^{a}	2,17±0,10^{c}	5,82±0,56^{a}	6,31±0,30^{b}	3,71±0,38^{d}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. ÇYYS-K1: Az yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K2: Yarım yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYYS-K3: Tam yağlı çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-1: Az yağlı %1 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-2: Az yağlı %2 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma, ÇYY-3: Az yağlı %3 ÇYY ilaveli çörek otu yağı yan ürün sütlü dondurma

Tablo 3.35 kabak çekirdeği sütü bazlı dondurma örneklerinin yabancı tat ve koku, krema tadı ve genel kabul puanları arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Renk ve görünümde KYY ilavesi rengi belirginleştiğinden ötürü önemli bir fark oluşturmuştur. Yağ oranının artmasıyla buzlu yapı ve tutarlılık etkilenmesine rağmen tüketici algısına göre genel kabulde KYY sütünden elde edilen tüm dondurma örnekleri pozitif sonuçlar vermiştir.

Yapılan bir çalışmada ise kenevir proteini, dondurmalarda karakteristik olmayan koyu yeşil bir renge neden olmuş ve diğer duyusal özelliklerin değerlendirilmesini de etkilediği görülmüş. Bu nedenle kenevir bazlı örnekler en düşük puanları alırken, guar gam ilaveli örnekler tüm özellikleri olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Hidas vd., 2023).

Tablo 3.35 Duyusal analiz sonuçları (KYY)

Örnek	Renk ve Görünüm	Buzlu yapı ve Tutarlılık	Yabancı Tat ve Koku	Krema Tadı	Erime Direnci	Genel Kabul
KYYS-K1	7,25±0,35^{b}	7,90±0,14^{ab}	7,22±0,14^{a}	7,05±0,07^{a}	8,45±0,07^{a}	7,96±0,08^{a}
KYYS-K2	7,90±0,14^{ab}	7,28±0,18^{b}	7,56±0,06^{a}	7,16±0,48^{a}	8,33±0,27^{ab}	8,21±0,02^{a}
KYYS-K3	8,25±0,14^{a}	7,98±0,56^{ab}	8,02±0,21^{a}	7,20±0,14^{a}	8,22±0,15^{ab}	8,47±0,44^{a}
KYY-1	7,30±0,14^{b}	8,57±0,29^{a}	6,93±0,25^{a}	6,90±0,71^{a}	7,68±0,29^{ab}	8,09±0,12^{a}
KYY-2	7,70±0,28^{ab}	8,61±0,09^{a}	7,24±0,76^{a}	6,80±0,00^{a}	7,76±0,09^{ab}	8,41±0,06^{a}
KYY-3	7,37±0,12^{b}	8,65±0,33^{a}	6,00±1,23^{a}	6,64±0,20^{a}	7,63±0,20^{b}	7,70±0,42^{a}

Sonuçlar ortalama ve ± standart sapma şeklinde sunulmuş ve aynı sütunda farklı harfler kullanılmıştır. Bu harfler, $p \leq 0,05$ seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. . KYYS-K1: Az yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K2: Yarım yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYYS-K3: Tam yağlı kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-1: Az yağlı %1 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-2: Az yağlı %2 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma, KYY-3: Az yağlı %3 KYY ilaveli kabak çekirdeği yağı yan ürün sütlü dondurma

Kremsiliği genellikle hafifçe eriyen oldukça yumuşak bir kütle algısı olarak tanımlanır ve bu duyusal özellik daha ince dondurmalar tarafından üretilir; başka bir deyişle, dondurmalar ağızda daha hızlı veya daha fazla yumuşarsa, panelistler tarafından daha yüksek kaymak algısı çıkarılabilir.

Az yağlı dondurma ile ilgili yapılan çalışmalarda duyusal özellikler genelde kontrol numunelerine benzer sonuçlar göstermiştir (Nooshkam vd., 2023; Bekiroglu vd., 2022).

4
SONUÇ

Bu çalışmanın temel amacı, soğuk sıkım Hindistan cevizi, çörek otu ve kabak çekirdeği yağı yan ürünlerini kullanarak bitki bazlı içecek ve dondurma üretmektir. Öncelikle, bu yağların yan ürünlerinden bitki bazlı sütler üretilmiş ve ticari bir Hindistan cevizi içeceği ile karşılaştırılmıştır. Ardından, bu bitkisel sütler kullanılarak tam yağlı ve az yağlı bitki bazlı dondurma numuneleri üretilmiş ve reolojik, duyusal ve termal özellikler açısından kontrol dondurma numuneleri ile karşılaştırılmıştır.

Son yıllarda etik nedenler, laktoz intoleransı ve diyet tercihleri (vegan veya vejetaryen) gibi sebeplerle bitki bazlı ürün tüketimi artmıştır. Ancak bitki bazlı içecekler inek sütü bazlı içeceklere göre genellikle daha pahalıdır. Bu nedenle, bitkisel içecek ürünlerinin fiyatını düşürmek için bir seçenek, soğuk preslenmiş yağların yan ürünlerinin (Hindistan cevizi, çörek otu ve kabak çekirdeği) bitki bazlı içeceklerin üretiminde kullanılması olabilir. Bu yaklaşım, yağ endüstrisinin yan ürünlerini değerlendirilmesi açısından da faydalı olabilir.

Fizikokimyasal ve biyoaktif özelliklerine bağlı olarak, soğuk sıkım Hindistan cevizi yağı, çörek otu yağı ve kabak çekirdeği yağı başarılı bitki bazlı içeceklerin üretimi için tercih edilebilir. Bu içeceklerin yağ, protein ve zeta potansiyel değerleri, ticari Hindistan cevizi içeceğinden daha yüksektir.

Dondurma numuneleri ise geleneksel dondurmadan beklenen reolojik özelliklere sahiptir. Kesme incelmesi (psödoplastik), katı benzeri yapı ve geri kazanılabilir karakterler gösterirler. Bu çalışmada, soğuk sıkım Hindistan cevizi yağı, çörek otu yağı ve kabak çekirdeği yağı içeceğinden üretilen dondurma örneklerinin duyusal niteliklerini olumsuz etkilemeden geliştirilebileceği ve bu yan ürünlerin az yağlı dondurmada stabilizatör olarak kullanılmasıyla tam yağlı dondurmaya benzer duyusal özelliklerin elde edilebileceği gösterilmiştir.

Bu çalışma, soğuk sıkım Hindistan cevizi yağı, çörek otu yağı ve kabak çekirdeği yağının bitki bazlı içecek ve az yağlı dondurma üretiminde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca, bu düşük ekonomik değere sahip yan ürünlerin değerlendirilmesi için yeni bir bakış açısı sunmuştur.

KAYNAKÇA

Abdeldaiem, A. M., Ali, A. H., Mousa, A. H., Elkot, W. F., & Simal-Gandara, J. (2023). Ice cream supplemented with roasted and grilled corn powders: Physical properties, rheology, antioxidant activity, color, sensory evaluation, and production cost. International Journal of Gastronomy and Food Science, 32, 100692. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100692

Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Hu, B., Lei, S., Zhang, X., & Zeng, X. (2013). Effect of ultrasound on different quality parameters of apple juice. Ultrasonics Sonochemistry, 20(5), 1182-1187. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.02.010

Aboulfazli, F., Baba, A. S., & Misran, M. (2014). Effect of vegetable milks on the physical and rheological properties of ıce cream. Food Science and Technology Research, 20(5), 987-996. https://doi.org/10.3136/fstr.20.987

Ahmadian-Kouchaksaraei, Z., Varidi, M., Varidi, M. J., & Pourazarang, H. (2014). Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: A novel nutritional beverage. LWT- Food Science and Technology, 57(1), 299-305. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.028

Akalın, A. S., Karagözlü, C., & Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. European Food Research and Technology, 227(3), 889-895. https://doi.org/10.1007/s00217-007-0800-z

Akbari, M., Eskandari, M. H., & Davoudi, Z. (2019). Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. Trends in food science & technology, 86, 34-40. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.036

Akcicek, A., & Karasu, S. (2018). Utilization of cold pressed chia seed oil waste in a low-fat salad dressing as natural fat replacer [https://doi.org/10.1111/jfpe.12694]. Journal of Food Process Engineering, 41(5), e12694. https://doi.org/10.1111/jfpe.12694

Alvarez, V. B., Wolters, C. L., Vodovotz, Y., & Ji, T. (2005). Physical Properties of Ice Cream Containing Milk Protein Concentrates. Journal of dairy Science, 88(3), 862-871. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72752-1

Atalar, I., Gul, O., Saricaoglu, F. T., Besir, A., Gul, L. B., & Yazici, F. (2019). Influence of thermosonication (TS) process on the quality parameters of high pressure homogenized hazelnut milk from hazelnut oil by-products. Journal of Food Science and Technology, 56(3), 1405-1415. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03619-7

Atalar, I., Kurt, A., Gul, O., & Yazici, F. (2021). Improved physicochemical, rheological and bioactive properties of ice cream: Enrichment with high pressure homogenized hazelnut milk. International Journal of Gastronomy and Food Science, 24, 100358. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100358

Atik, A., & Gumus, T. (2021). The effect of different doses of UV-C treatment on microbiological quality of bovine milk. LWT, 136, 110322. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110322

Atik, I., Tekin Cakmak, Z. H., Avcı, E., & Karasu, S. (2021a). The effect of cold press chia seed oil by-products on the rheological, microstructural, thermal, and sensory properties of low-fat ıce cream. Foods, 10(10). https://doi.org/10.3390/foods10102302

Atik, I., Tekin Cakmak, Z. H., Avcı, E., & Karasu, S. (2021b). The effect of cold press chia seed oil by-products on the rheological, microstructural, thermal, and sensory properties of low-fat ice cream. Foods, 10(10), 2302. https://doi.org/10.3390/foods10102302

Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. Journal of Functional Foods, 70, 103975. https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103975

Aykan, V., Sezgin, E., & Guzel-Seydim, Z. B. (2008). Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream [https://doi.org/10.1002/ejlt.200700277]. European Journal of Lipid Science and Technology, 110(6), 516-520. https://doi.org/10.1002/ejlt.200700277

Badilli, A. G. (2020). Yağı azaltılmış fonksiyonel dondurma üretiminde süt tozu yerine nohut ununun kullanılabilme olanaklarının araştırılması/Investigation of possibilities of chickpea flour usage opportunities instead of milk powder in reduced fat functional ice cream production.

Barkah, N. N., Wiryawan, K. G., Retnani, Y., Wibawan, W. T., & Wina, E. (2021). Physicochemical properties of products and waste of black seed produced by cold press method. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 756(1), 012025. https://doi.org/10.1088/1755-1315/756/1/012025

Beegum, P. P. S., Nair, J. P., Manikantan, M. R., Pandiselvam, R., Shill, S., Neenu, S., & Hebbar, K. B. (2021). Effect of coconut milk, tender coconut and coconut sugar on the physico-chemical and sensory attributes in ice cream. Journal of Food Science and Technology, 1-12. https://doi.org/10.1007/s13197-021-05279-y

Bekiroglu, H., Goktas, H., Karaibrahim, D., Bozkurt, F., & Sagdic, O. (2022). Determination of rheological, melting and sensorial properties and volatile compounds of vegan ice cream produced with fresh and dried walnut milk. International Journal of Gastronomy and Food Science, 28, 100521. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100521

Belewu, M. A., & Belewu, K. Y. (2007). Comparative physico-chemical evaluation of tiger-nut, soybean and coconut milk sources. International Journal of Agriculture and Biology, 5(785), e787.

Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A., Laparra, J. M., & González-Martínez, C. (2015). Almond milk fermented with different potentially probiotic bacteria improves iron uptake by intestinal epithelial (Caco-2) cells. International Journal of Food Studies, 4(1). https://doi.org/10.7455/ijfs/4.1.2015.a4

Bhullar, M. S., Patras, A., Kilanzo-Nthenge, A., Pokharel, B., Yannam, S. K., Rakariyatham, K., Pan, C., Xiao, H., & Sasges, M. (2018). Microbial inactivation and cytotoxicity evaluation of UV irradiated coconut water in a novel continuous flow spiral reactor. Food Research International, 103, 59-67. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.004

Bocker, R., & Silva, E. K. (2022). Innovative technologies for manufacturing plant-based non-dairy alternative milk and their impact on nutritional, sensory and safety aspects. Future Foods, 5, 100098. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100098

Byanju, B., Rahman, M. M., Hojilla-Evangelista, M. P., & Lamsal, B. P. (2020). Effect of high-power sonication pretreatment on extraction and some physicochemical properties of proteins from chickpea, kidney bean, and soybean. International Journal of Biological Macromolecules, 145, 712-721. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.118

Cardello, A. V., Llobell, F., Giacalone, D., Roigard, C. M., & Jaeger, S. R. (2022). Plant-based alternatives vs dairy milk: Consumer segments and their sensory, emotional, cognitive and situational use responses to tasted products. Food Quality and Preference, 100, 104599. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104599

Char, C. D., Mitilinaki, E., Guerrero, S. N., & Alzamora, S. M. (2010). Use of high-ıntensity ultrasound and UV-C light to ınactivate some microorganisms in fruit juices. Food and Bioprocess Technology, 3(6), 797-803. https://doi.org/10.1007/s11947-009-0307-7

Cruz, A. G., Antunes, A. E. C., Sousa, A. L. O. P., Faria, J. A. F., & Saad, S. M. I. (2009). Ice-cream as a probiotic food carrier. Food Research International, 42(9), 1233-1239. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.020

Cruz, N., Capellas, M., Hernández, M., Trujillo, A. J., Guamis, B., & Ferragut, V. (2007). Ultra high pressure homogenization of soymilk: Microbiological, physicochemical and microstructural characteristics. Food Research International, 40(6), 725-732. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.01.003

Dhakal, S., Liu, C., Zhang, Y., Roux, K. H., Sathe, S. K., & Balasubramaniam, V. M. (2014). Effect of high pressure processing on the immunoreactivity of almond milk. Food Research International, 62, 215-222. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.021

Dogan, M., Kayacier, A., Toker, Ö. S., Yilmaz, M. T., & Karaman, S. (2013). Steady, dynamic, creep, and recovery analysis of ıce cream mixes added with different concentrations of xanthan gum. Food and Bioprocess Technology, 6(6), 1420-1433. https://doi.org/10.1007/s11947-012-0872-z

Ertugay, M. F., & Başlar, M. (2014). The effect of ultrasonic treatments on cloudy quality-related quality parameters in apple juice. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 26, 226-231. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.06.013

Feizi, R., Goh, K. K. T., & Mutukumira, A. N. (2021). Effect of chia seed mucilage as stabiliser in ice cream. International Dairy Journal, 120, 105087. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105087

Ferragut, V., Valencia-Flores, D. C., Pérez-González, M., Gallardo, J., & Hernández-Herrero, M. (2015). Quality characteristics and shelf-life of ultra-high pressure homogenized (UHPH) almond beverage. Foods, 4(2), 159-172. https://doi.org/10.3390/foods4020159

Friedman, M., & Brandon, D. L. (2001). Nutritional and health benefits of soy proteins. Journal of agricultural and food chemistry, 49(3), 1069-1086. https://doi.org/10.1021/jf0009246

Gabriel, A. A., & Nepomuceno, I. N. (2020). Thermal and ultraviolet-c inactivation of Salmonella enterica in cold-pressed virgin coconut oil. LWT, 123, 109092. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109092

Grundy, M. M. L., Lapsley, K., & Ellis, P. R. (2016). A review of the impact of processing on nutrient bioaccessibility and digestion of almonds. International Journal of Food Science & Technology, 51(9), 1937-1946. https://doi.org/10.1111/ijfs.13192

Gul, O., Atalar, I., Mortas, M., Saricaoglu, F. T., & Yazıcı, F. (2018). 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. https://doi.org/10.1007/s11694-018-9857-6

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. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.05.002

Guler-Akin, M. B., Avkan, F., & Akin, M. S. (2021). A novel functional reduced fat ice cream produced with pea protein isolate instead of milk powder [https://doi.org/10.1111/jfpp.15901]. Journal of Food Processing and Preservation, 45(11), e15901. https://doi.org/10.1111/jfpp.15901

Hidas, K. I., Nyulas-Zeke, I. C., Szepessy, A., Romvári, V., Gerhart, K., Surányi, J., Laczay, P., & Darnay, L. (2023). Physical properties of hemp drink-based ice cream with different plant proteins guar gum and microbial transglutaminase. LWT, 114865. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114865

Horwitz, W., & Latimer, G. (2005). AOAC International: Gaithersburg. MD, USA, 18.

Horwitz, W., & Latimer, G. W. (2007). Official methods of analysis of AOAC International, 2000. Gaithersburg, Maryland.

Hwang, J.-Y., Shyu, Y.-S., & Hsu, C.-K. (2009). Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. LWT- Food Science and Technology, 42(1), 312-318. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.03.008

Hyvönen, L., Linna, M., Tuorila, H., & Dijksterhuis, G. (2003). Perception of melting and flavor release of ıce cream containing different types and contents of fat. Journal of Dairy Science, 86(4), 1130-1138. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73695-9

Iorio, M. C., Bevilacqua, A., Corbo, M. R., Campaniello, D., Sinigaglia, M., & Altieri, C. (2019). A case study on the use of ultrasound for the inhibition of *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* in almond milk. Ultrasonics Sonochemistry, 52, 477-483. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.12.026

Jafari, S. M., He, Y., & Bhandari, B. (2007). Production of sub-micron emulsions by ultrasound and microfluidization techniques. Journal of Food Engineering, 82(4), 478-488. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.03.007

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, 26-33. https://doi.org/10.1007/s11130-016-0583-0

Jia, W., Rodriguez-Alonso, E., Bianeis, M., Keppler, J. K., & van der Goot, A. J. (2021). Assessing functional properties of rapeseed protein concentrate versus isolate for food applications. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 68, 102636. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102636

Jiang, L., Wang, J., Li, Y., Wang, Z., Liang, J., Wang, R., Chen, Y., Ma, W., Qi, B., & Zhang, M. (2014). Effects of ultrasound on the structure and physical properties of black bean protein isolates. Food Research International, 62, 595-601. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.022

Jukkola, A., & Rojas, O. J. (2017). Milk fat globules and associated membranes: Colloidal properties and processing effects. Advances in Colloid and Interface Science, 245, 92-101. https://doi.org/10.1016/j.cis.2017.04.010

Jung, S., Rickert, D. A., Deak, N. A., Aldin, E. D., Recknor, J., Johnson, L. A., & Murphy, P. A. (2003). Comparison of Kjeldahl and Dumas methods for determining protein contents of soybean products. Journal of the American Oil Chemists' Society, 80, 1169-1173. https://doi.org/10.1007/s11746-003-0837-3

Kaltsa, O., Yanniotis, S., Polissiou, M., & Mandala, I. (2018). Stability, physical properties and acceptance of salad dressings containing saffron (Crocus sativus) or pomegranate juice powder as affected by high shear (HS) and ultrasonication (US) process. LWT, 97, 404-413. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.015

Karaca, O. B., GÜVen, M., Yasar, K., Kaya, S., & Kahyaoglu, T. (2009). The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers [https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2008.00456.x]. International Journal of Dairy Technology, 62(1), 93-99. https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2008.00456.x

Karaman, S., Toker, Ö. S., Yüksel, F., Çam, M., Kayacier, A., & Dogan, M. (2014). Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. Journal of dairy Science, 97(1), 97-110. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7111

Ketenoglu, O., Kiralan, S. S., Kiralan, M., Ozkan, G., & Ramadan, M. F. (2020). Cold pressed black cumin (Nigella sativa L.) seed oil. In Cold pressed oils (pp. 53-64). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00006-2

Kohli, D., Kumar, S., Upadhyay, S., & Mishra, R. (2017). Preservation and processing of soymilk: A review. International Journal of Food Science and Nutrition, 2(6), 66-70.

Kumar, M., Tomar, M., Potkule, J., Reetu, Punia, S., Dhakane-Lad, J., Singh, S., Dhumal, S., Chandra Pradhan, P., Bhushan, B., Anitha, T., Alajil, O., Alhariri, A., Amarowicz, R., & Kennedy, J. F. (2022). Functional characterization of

plant-based protein to determine its quality for food applications. Food Hydrocolloids, 123, 106986. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106986

Kurt, A., & Atalar, I. (2018). Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. Food Hydrocolloids, 82, 186-195. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.011

Kurt, A., & Kahyaoglu, T. (2015). Rheological properties and structural characterization of salep improved by ethanol treatment. Carbohydrate Polymers, 133, 654-661. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.028

Li, Z., Li, T., Zhao, M., Cui, B., & Hemar, Y. (2023). Rheological and microstructural characterisation of lotus seed milks and their glucono-δ-lactone induced acid-set milk gels: 1. Effect of protein content. Food Hydrocolloids, 140, 108608. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108608

Liltved, H., & Landfald, B. (2000). Effects of high intensity light on ultraviolet-irradiated and non-irradiated fish pathogenic bacteria. Water Research, 34(2), 481-486. https://doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00159-1

Lucey, J. A., & Horne, D. S. (2018). Perspectives on casein interactions. International Dairy Journal, 85, 56-65. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.04.010

Maghsoudlou, Y., Alami, M., Mashkour, M., & Shahraki, M. H. (2016a). Optimization of Ultrasound-Assisted Stabilization and Formulation of Almond Milk [https://doi.org/10.1111/jfpp.12661]. Journal of Food Processing and Preservation, 40(5), 828-839. https://doi.org/10.1111/jfpp.12661

Maghsoudlou, Y., Alami, M., Mashkour, M., & Shahraki, M. H. (2016b). Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk. Journal of Food Processing and Preservation, 40(5), 828-839. https://doi.org/10.1111/jfpp.12661

Manassero, C. A., Vaudagna, S. R., Añón, M. C., & Speroni, F. (2015). High hydrostatic pressure improves protein solubility and dispersion stability of mineral-added soybean protein isolate. Food Hydrocolloids, 43, 629-635. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.07.020

Masmoudi, M., Baccouche, A., Borchani, M., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2021). Physico-chemical and antioxidant properties of oils and by-products obtained by cold press-extraction of Tunisian Opuntia spp. seeds. Applied Food Research, 1(2), 100024. https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100024

McClements, D. J., & Grossmann, L. (2021). The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs [https://doi.org/10.1111/1541-4337.12771]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20(4), 4049-4100. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12771

McClements, D. J., Newman, E., & McClements, I. F. (2019). Plant-based Milks: A Review of the Science Underpinning Their Design, Fabrication, and Performance [https://doi.org/10.1111/1541-4337.12505]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18(6), 2047-2067. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12505

Munekata, P. E. S., Domínguez, R., Budaraju, S., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Mallikarjunan, K., Roohinejad, S., & Lorenzo, J. M. (2020). Effect of Innovative Food Processing Technologies on the Physicochemical and Nutritional Properties and Quality of Non-Dairy Plant-Based Beverages. Foods, 9(3). https://doi.org/10.3390/foods9030288

Namiki, M. (2007). Nutraceutical functions of sesame: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 47(7), 651-673. https://doi.org/10.1080/10408390600919114

Narala, V. R., Jugbarde, M. A., Orlovs, I., & Masin, M. (2022). Inulin as a prebiotic for the growth of vegan yoghurt culture in pea protein-based vegan yoghurt-ice cream, while improving the textural properties. Applied Food Research, 2(2), 100136. https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100136

Nooshkam, M., Varidi, M., & Alkobeisi, F. (2023). Licorice extract/whey protein isolate/sodium alginate ternary complex-based bioactive food foams as a novel strategy to substitute fat and sugar in ice cream. Food Hydrocolloids, 135, 108206. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108206

Ochoa-Velasco, C. E., Díaz-Lima, M. C., Ávila-Sosa, R., Ruiz-López, I. I., Corona-Jiménez, E., Hernández-Carranza, P., López-Malo, A., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2018). Effect of UV-C light on *Lactobacillus rhamnosus, Salmonella* Typhimurium, and *Saccharomyces cerevisiae* kinetics in inoculated coconut water: Survival and residual effect. Journal of Food Engineering, 223, 255-261. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.10.010

Osae, R., Apaliya, M. T., Kwaw, E., Afoakwah, N. A., Owusu-Ansah, P., & Alolga, R. N. (2023). Chapter Nine - Effect of different food processing techniques on the composition of black cumin seed and seed oil. In A. A. Mariod (Ed.), Biochemistry, Nutrition, and Therapeutics of Black Cumin Seed (pp. 89-112). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90788-0.00008-1

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. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243

Pintor-Jardines, A., Arjona-Román, J. L., Totosaus-Sánchez, A., Severiano-Pérez, P., González-González, L. R., & Escalona-Buendia, H. B. (2018). The influence of agave fructans on thermal properties of low-fat, and low-fat and sugar ice cream. LWT, 93, 679-685. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.060

Pontonio, E., Montemurro, M., Dingeo, C., Rotolo, M., Centrone, D., Carofiglio, V. E., & Rizzello, C. G. (2022). Design and characterization of a plant-based ice cream obtained from a cereal/legume yogurt-like. LWT, 161, 113327. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113327

Puertolas, E., Koubaa, M., & Barba, F. J. (2016). An overview of the impact of electrotechnologies for the recovery of oil and high-value compounds from vegetable oil industry: Energy and economic cost implications. Food Research International, 80, 19-26. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.12.009

Rahman, M. M., Byanju, B., Grewell, D., & Lamsal, B. P. (2020). High-power sonication of soy proteins: Hydroxyl radicals and their effects on protein

structure. Ultrasonics Sonochemistry, 64, 105019. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105019

Rahman, M. M., & Lamsal, B. P. (2021). Ultrasound-assisted extraction and modification of plant-based proteins: Impact on physicochemical, functional, and nutritional properties [https://doi.org/10.1111/1541-4337.12709]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20(2), 1457-1480. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12709

Razmkhah, S., Razavi, S. M. A., & Mohammadifar, M. A. (2016). Purification of cress seed (Lepidium sativum) gum: A comprehensive rheological study. Food Hydrocolloids, 61, 358-368. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.05.035

Sá, A. G. A., Pacheco, M. T. B., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2022). Cold-pressed sesame seed meal as a protein source: Effect of processing on the protein digestibility, amino acid profile, and functional properties. Journal of Food Composition and Analysis, 111, 104634. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104634

Sá, A. G. A., Pacheco, M. T. B., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2023). Processing effects on the protein quality and functional properties of cold-pressed pumpkin seed meal. Food Research International, 169, 112876. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112876

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. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104728

Santiworakun, N. Y., Suksuwan, A., Sirikwanpong, S., Dahlan, W., & Ariyapitipun, T. (2022). Physicochemical characterization of microcapsules containing cold pressed black cumin seed oils (Nigella sativa L.) as an alternative nutrient source in a functional diet. LWT, 157, 113045. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113045

Sarangapany, A. K., Murugesan, A., Annamalai, A. S., Balasubramanian, A., & Shanmugam, A. (2022). An overview on ultrasonically treated plant-based milk and its properties – A Review. Applied Food Research, 2(2), 100130. https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100130

Schiano, A. N., Harwood, W. S., & Drake, M. A. (2017). A 100-year review: Sensory analysis of milk. Journal of dairy Science, 100(12), 9966-9986. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13031

Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. Journal of Food Science and Technology, 53(9), 3408-3423. https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3

Shanmugam, A., Chandrapala, J., & Ashokkumar, M. (2012). The effect of ultrasound on the physical and functional properties of skim milk. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 16, 251-258. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.06.005

Sharma, M., Singh, A. K., & Yadav, D. N. (2017). Rheological properties of reduced fat ice cream mix containing octenyl succinylated pearl millet starch.

Journal of Food Science and Technology, 54, 1638-1645. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2595-7

Shori, A. B., Aljohani, G. S., Al-zahrani, A. J., Al-sulbi, O. S., & Baba, A. S. (2022). Viability of probiotics and antioxidant activity of cashew milk-based yogurt fermented with selected strains of probiotic Lactobacillus spp. LWT, 153, 112482. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112482

Silva, A. R. A., Silva, M. M. N., & Ribeiro, B. D. (2020). Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. Food Research International, 131, 108972. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108972

Silva, B. Q., & Smetana, S. (2022). Review on milk substitutes from an environmental and nutritional point of view. Applied Food Research, 2(1), 100105. https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100105

Silva, E. K., Rosa, M. T. M. G., & Meireles, M. A. A. (2015). Ultrasound-assisted formation of emulsions stabilized by biopolymers. Current Opinion in Food Science, 5, 50-59.https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.08.007

Singh, A., & Kumar, V. (2022). Nutritional, phytochemical, and antimicrobial attributes of seeds and kernels of different pumpkin cultivars. Food Frontiers, 3(1), 182-193. https://doi.org/10.1002/fft2.117

Singh, A., & Kumar, V. (2023). Phyto-chemical and bioactive compounds of pumpkin seed oil as affected by different extraction methods. Food Chemistry Advances, 2, 100211. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100211

Singh, R. P., Chidambara Murthy, K. N., & Jayaprakasha, G. K. (2002). Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(1), 81-86. https://doi.org/10.1021/jf010865b

Singleton, V. L., & Joseph A. Rossi, Jr. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144. https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144

Sivasankari, R., Hemalatha, G., Amutha, S., Murugan, M., Vanniarajan, C., & Umamaheswari, T. (2019). Physical and sensory properties of ice cream as influenced by pulse protein concentrates. European Journal of Nutrition & Food Safety, 9(4), 322-328. https://doi.org/10.9734/ejnfs/2019/v9i430079

Soleimanifar, M., Niazmand, R., & Jafari, S. M. (2019). Evaluation of oxidative stability, fatty acid profile, and antioxidant properties of black cumin seed oil and extract. Journal of Food Measurement and Characterization, 13(1), 383-389. https://doi.org/10.1007/s11694-018-9953-7

Sun, Y., Chen, H., Chen, W., Zhong, Q., Zhang, M., & Shen, Y. (2022). Effects of ultrasound combined with preheating treatment to ımprove the thermal stability of coconut milk by modifying the physicochemical properties of coconut protein. Foods, 11(7), 1042; https://doi.org/10.3390/foods11071042

Sundrasegaran, S., & Mah, S. H. (2020). Extraction Methods of Virgin Coconut Oil and Palm-pressed Mesocarp Oil and their Phytonutrients. EFood, 1(6), 381-391. https://doi.org/10.2991/efood.k.201106.001

Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., & Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. Applied Microbiology and Biotechnology, 103(23), 9263-9275. https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9

Tekin-Cakmak, Z. H., Karasu, S., Kayacan-Cakmakoglu, S., & Akman, P. K. (2021). Investigation of potential use of by-products from cold-press industry as natural fat replacers and functional ingredients in a low-fat salad dressing. Journal of Food Processing and Preservation, 45(8), e15388. https://doi.org/10.1111/jfpp.15388

Tekin-Cakmak, Z. H., Karasu, S., Kayacan-Cakmakoglu, S., & Akman, P. K. (2021). Investigation of potential use of by-products from cold-press industry as natural fat replacers and functional ingredients in a low-fat salad dressing. Journal of Food Processing and Preservation, 45(8), e15388. https://doi.org/10.1111/jfpp.15388

Tekin, Z. H., Avci, E., Karasu, S., & Toker, O. S. (2020). Rapid determination of emulsion stability by rheology-based thermal loop test. LWT, 122, 109037. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109037

Toro-Funes, N., Bosch-Fusté, J., Veciana-Nogués, M. T., & Vidal-Carou, M. C. (2014). Effect of ultra high pressure homogenization treatment on the bioactive compounds of soya milk. Food Chemistry, 152, 597-602. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.015

Tulashie, S. K., Amenakpor, J., Atisey, S., Odai, R., & Akpari, E. E. A. (2022). Production of coconut milk: A sustainable alternative plant based milk. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 6, 100206. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100206

Ürkek, B. (2021). Effect of using chia seed powder on physicochemical, rheological, thermal, and texture properties of ice cream [https://doi.org/10.1111/jfpp.15418]. Journal of Food Processing and Preservation, 45(5), e15418. https://doi.org/10.1111/jfpp.15418

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. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2915-y

Vanga, S. K., Wang, J., Orsat, V., & Raghavan, V. (2020). Effect of pulsed ultrasound, a green food processing technique, on the secondary structure and in-vitro digestibility of almond milk protein. Food Research International, 137, 109523. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109523

VanWees, S. R., Rankin, S. A., & Hartel, R. W. (2020). The microstructural, melting, rheological, and sensorial properties of high-overrun frozen desserts. Journal of Texture Studies, 51(1), 92-100. https://doi.org/10.1111/jtxs.12461

Vela, A. J., Villanueva, M., Solaesa, Á. G., & Ronda, F. (2021). Impact of high-intensity ultrasound waves on structural, functional, thermal and rheological properties of rice flour and its biopolymers structural features. Food Hydrocolloids, 113, 106480. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106480

Wan, Z., Sun, Y., Ma, L., Zhou, F., Guo, J., Hu, S., & Yang, X. (2018). Long-lived and thermoresponsive emulsion foams stabilized by self-assembled saponin

nanofibrils and fibrillar network. Langmuir, 34(13), 3971-3980. https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.8b00128

Wang, M., Zhang, L., Wu, X., Zhao, Y., Wu, L., & Lu, B. (2019a). Quantitative determination of free and esterified phytosterol profile in nuts and seeds commonly consumed in China by SPE/GC–MS. LWT, 100, 355-361. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.077

Wang, L., Liu, H.-M., Zhu, C.-Y., Xie, A.-J., Ma, B.-J., & Zhang, P.-Z. (2019b). Chinese quince seed gum: Flow behaviour, thixotropy and viscoelasticity. Carbohydrate Polymers, 209, 230-238. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.12.101

Wang, Y., Wang, Y., Li, K., Bai, Y., Li, B., & Xu, W. (2020). Effect of high intensity ultrasound on physicochemical, interfacial and gel properties of chickpea protein isolate. LWT, 129, 109563. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109563

Wilde, P. J., Garcia-Llatas, G., Lagarda, M. J., Haslam, R. P., & Grundy, M. M. L. (2019). Oat and lipolysis: Food matrix effect. Food Chemistry, 278, 683-691. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.113

Xu, Y., Wang, C., Fu, X., Huang, Q., & Zhang, B. (2018). Effect of pH and ionic strength on the emulsifying properties of two octenylsuccinate starches in comparison with gum Arabic. Food Hydrocolloids, 76, 96-102. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.02.015

Yang, B., Zhao, M., Shi, J., Yang, N., & Jiang, Y. (2008). Effect of ultrasonic treatment on the recovery and DPPH radical scavenging activity of polysaccharides from longan fruit pericarp. Food chemistry, 106(2), 685-690. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.031

Yao, Y., He, W., Cai, X., Bekhit, A. E. D. A., & Xu, B. (2022). Sensory, physicochemical and rheological properties of plant-based milk alternatives made from soybean, peanut, adlay, adzuki bean, oat and buckwheat. International Journal of Food Science & Technology, 57(8), 4868-4878. https://doi.org/10.1111/ijfs.15814

Zaky, A. A., Shim, J.-H., & Abd El-Aty, A. M. (2021). A Review on Extraction, Characterization, and Applications of Bioactive Peptides From Pressed Black Cumin Seed Cake [Review]. Frontiers in Nutrition, 8. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.743909

Zhang, H., Chen, J., Li, J., Wei, C., Ye, X., Shi, J., & Chen, S. (2018). Pectin from citrus canning wastewater as potential fat replacer in ıce cream. Molecules, 23(4). https://doi.org/10.3390/molecules23010004

Zheng, B., Zhou, H., & McClements, D. J. (2021). Nutraceutical-fortified plant-based milk analogs: Bioaccessibility of curcumin-loaded almond, cashew, coconut, and oat milks. LWT, 147, 111517. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111517

Zheng, Y., Li, Y., Zhang, Y., & Zhao, S. (2016). Purification, characterization and synthesis of antioxidant peptides from enzymatic hydrolysates of coconut (Cocos nucifera L.) cake protein isolates. Rsc Advances, 6(59), 54346-54356. https://doi.org/10.1039/C6RA07086H

Zhou, H., Liu, J., Dai, T., Muriel Mundo, J. L., Tan, Y., Bai, L., & McClements, D. J. (2021). The gastrointestinal fate of inorganic and organic nanoparticles in vitamin D-fortified plant-based milks. Food Hydrocolloids, 112, 106310. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106310

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Kasapoglu M.Z., Avci E., Tekin Çakmak Z.H., Karasu S., Sağdiç O., 2022. The Potentıal Use Of Cold-pressed Coconut Oıl By-product As Alternatıve Source In A Productıon Of Plant Based Mılk And Plant Based Low Fat Ice Cream: The Rheologıcal, Thermal, And Sensory Propertıes Of Plant-based Ice Cream. Ganud Uluslararası Gastrononi, Beslenme ve Diyetetik Kongresi. (Tam metin bildiri/Sözlü sunum)

2. Kasapoglu M.Z., Avci E., Karasu S., Sağdiç O., 2022. Evaluation Of Cold Pressed Coconut Oil By-products in Plant Based Milk Production. 2. International Mediterranean Scientific Research and Innovation Congress. (Tam metin bildiri/Sözlü sunum).

3. Kasapoglu M.Z., Avci E., Karasu S., Sağdiç O., 2023. Potentıal Use Of Cold Pressed Pumpkın Seed Oıl By-products In The Productıon Of Plant-based Mılk And Low-fat Ice Cream. 15th International Conference On Engineering & Natural Sciences. (Özet bildiri/Sözlü sunum).

4. Avci E., Kasapoglu M.Z., Karasu S., Sağdiç O., 2023. Production Of Plant Based Drink And Low-fat Plant Based Ice Cream Using Cold Pressed Black Cumin Seed Oil By-product. 2 Th International Food Chemistry Congress.

Makaleler

1. Kasapoglu, Muhammed Zahid, Osman Sagdic, Esra Avci, Zeynep Hazal Tekin-Cakmak, Salih Karasu, and Rabia Sena Turker. 2023. "The Potential Use of Cold-Pressed Coconut Oil By-Product as an Alternative Source in the Production of Plant-Based Drink and Plant-Based Low-Fat Ice Cream: The Rheological, Thermal, and Sensory Properties of Plant-Based Ice Cream" Foods 12, no. 3: 650. **https://doi.org/10.3390/foods12030650**.

Projeler

1. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1512 Girişimcilik Destek Programı, Proje No: 2210128.

Patent Başvurusu

1. PCT/TR2022/051697 - Bitkisel Süt Veya Bitkisel Süt Ürünü Eldesi İçin Bir Yöntem.

2. 2022/000208 - Bitkisel Süt Veya Bitkisel Süt Ürünü Eldesi İçin Bir Yöntem.