T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI YABANİ ORKİDE TÜRLERİNE AİT SALEPLERİN FİZİKOKİMYASAL, BİYOAKTİF VE REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ, DONDURMA ÜRETİMİNDE STABİLİZATÖR OLARAK KULLANIMI

Ayşen ARSLAN

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Eş Danışman

Doç. Dr. Salih KARASU

Şubat, 2023

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI YABANİ ORKİDE TÜRLERİNE AİT SALEPLERİN FİZİKOKİMYASAL, BİYOAKTİF VE REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ, DONDURMA ÜRETİMİNDE STABİLİZATÖR OLARAK KULLANIMI

Ayşen ARSLAN tarafından hazırlanan tez çalışması 13.02.2023 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. Ayşe KARADAĞ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

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

Dr. Nihat ÖZCAN, Üye
TÜBİTAK MAM _____

Danışmanım Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ'ın sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Farklı Yabani Orkide Türlerine Ait Saleplerin Fizikokimyasal, Biyoaktif ve Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Dondurma Üretiminde Stabilizatör Olarak Kullanımı 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.

Ayşen ARSLAN

İmza

Canım BABAM'a

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca bilgi, tecrübe ve destekleriyle bana yol gösteren anlayışlı değerli hocam sayın Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ'a en içten dileklerimle saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin gerçekleşmesi süresince bilimsel çalışmalarımdaki yönlendirmeleriyle destek olan, her konuda yapıcı ve yardımcı olup, sabırla desteğini esirgemeyen kıymetli tez eş danışmanım sayın Doç. Dr. Salih KARASU'ya en içten dileklerimle saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca benimle tecrübelerini, birikimlerini ve bilgilerini paylaşan, bana maddi manevi desteğini esirgemeyen her konuda yardımcı olan, bilgilerini aktaran sevgili arkadaşım değerli hocam Dr. Zeynep Hazal TEKİN ÇAKMAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmalarım süresince desteğini esirgemeyen arkadaşım hocam Arş. Gör. Selma KAYACAN ÇAKMAKOĞLU'na, Doç. Dr. Nur ÇEBİ'ye ve bölümümüzün değerli öğretim üyeleri ile asistanlarına teşekkürlerimi sunarım. Yine tez çalışmamda bilgi ve tecrübeleriyle desteklerini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Mustafa YAMAN'na teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyip her daim yanımda olup bana güvenen, dünyadaki en büyük şanslarım, sevgisi sonsuz kıymetli aileme, canım fedakar destekçim güzel ANNECİĞİME, en büyük dayanağım her zaman yanımda hissettiğim rahmetli canım BABACIĞIMA, canım kardeşime, hayatımı paylaştığım canım sevgili eşime ve hayatımı anlamlı kılan mutluluk sebeplerim güzel kızlarım Gökçe Eda'm ve Ayça Neva'ma kucak dolusu sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayşen ARSLAN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ viii
KISALTMA LİSTESİ ix
ŞEKİL LİSTESİ x
TABLO LİSTESİ xi
ÖZET xii
ABSTRACT xiv
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.1.1 Orkideler 1
1.1.2 Salep Tanımı 4
1.1.3 Salebin Elde Edilmesi 5
1.1.4 Salebin Fizikokimyasal Özellikleri 6
1.1.5 Salebin Fonksiyonel Özellikleri 8
1.1.6 Salebin Gıda Sektöründe Kullanımı 10
1.1.7 Salebin Dondurma Üretiminde Kullanımı 11
1.1.8 Salebin Reolojik Özellikleri 16
1.2 Tezin Amacı 21
1.3 Hipotez 22
2 MATERYAL ve YÖNTEM 23
2.1 Materyal 23
2.1.1 Salep Türleri ve Temini 23
2.2 Saleplerin Öğütülmesi 24
2.3 Saleplerin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri 25
2.3.1 Saleplerin Renk Özellikleri 25
2.3.2 Saleplerin pH Ölçümleri 25
2.3.3 Saleplerin Glukomannan İçeriklerinin Belirlenmesi 26
2.3.4 Saleplerin FTIR Ölçümleri 26
2.3.5 Saleplerin Aroma ve Uçucu Bileşen Analizleri 26
2.4 Saleplerin Biyoaktif Bileşenleri 27
2.4.1 Salep Örneklerinin Biyoaktif Madde Ekstraksiyonu 27
2.4.2 Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFM) 27

2.4.3 Saleplerin Antioksidan Kapasite Analizleri 28
2.5 Salep Sulu Çözeltilerinin Reolojik Analizleri 29
2.5.1 Salep Sulu Çözeltileri Akış Davranış Özellikleri 29
2.5.2 Salep Sulu Çözeltileri Dinamik Akış Özellikleri 30
2.5.3 Salep Sulu Çözelti 3-ITT Reolojik Özellikleri 30
2.6 Dondurma Üretimi 31
2.6.1 Dondurma Üretiminde Kullanılan Malzemeler 31
2.6.2 Dondurma Üretimi 31
2.7 Dondurma Miksi Analizleri 34
2.7.1 Dondurma Miksi pH Ölçümleri 34
2.7.2 Dondurma Miksi Zeta Potansiyeli (ζ) ve Partikül Boyutu Tespiti ... 34
2.7.3 Dodurma Miksi Reolojik Analizler 35
2.7.4 Dondurma Miksi Akış Davranış Özellikleri 35
2.7.5 Dondurma Miksi Dinamik Akış Özellikleri 35
2.7.6 Dondurma Miksi 3-ITT Reolojik Özellikleri 36
2.8 Dondurma Analizleri 37
2.8.1 Dondurma Renk Analizleri 37
2.8.2 Dondurma Hacim Artışının (Overrun) Tespiti 37
2.8.3 Dondurma Erime Özellikleri 37
2.8.4 Dondurma Aroma ve Uçucu Bileşen Analizi 38
2.8.5 Dondurma Duyusal Analizi 38
2.9 İstatistiksel Analiz 39
3 BULGULAR VE TARTIŞMA 40
3.1 Salep Türlerinin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri 40
3.1.1 Saleplerin Renk Özelliklerinin Belirlenmesi 40
3.1.2 Saleplerin pH Ölçümleri 42
3.1.3 Saleplerin Şeker İçeriklerinin (Glukomannan) Belirlenmesi 44
3.1.4 Saleplerin FTIR Ölçümleri 45
3.1.5 Saleplerin Aroma ve Uçucu Bileşenleri 47
3.2 Saleplerin Biyoaktif Bileşenleri 51
3.3 Salep Sulu Çözeltileri Reolojik Özellikleri 53
3.3.1 Salep Çözeltilerinin Akış Özellikleri 53
3.3.2 Salep Çözeltilerinin Dinamik Reolojik Özellikleri 59
3.3.3 Salep Çözeltilerinin 3-ITT Reolojik Özellikleri 64

3.4 Dondurma Miksi Analizleri 67
3.4.1 Dondurma Miksi pH Değerleri 67
3.4.2 Dondurma Miksi Zeta Potansiyeli (ζ) ve Partikül Boyutu Tespiti ... 68
3.4.3 Dodurma Miksi Reolojik Analizler 70
3.5 Dondurma Analizleri..... 81
3.5.1 Dondurma Renk Analizleri 81
3.5.2 Dondurma Hacim Artışının (Overrun) Tespiti..... 83
3.5.3 Dondurmaların Erime Özelliklerinin Tespiti 85
3.5.4 Dondurma Aroma ve Uçucu Bileşenlerin Analizi..... 87
3.5.5 Dondurma Duyusal Değerlendirme..... 90
4 SONUÇ VE ÖNERİLER **93**
KAYNAKÇA **95**
A DUYUSAL ANALİZ FORMU **108**
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **109**

SİMGE LİSTESİ

ω	Açısal Hız
n	Akış Davranış İndeksi
dk	Dakika
eV	Elektronvolt
g	Gram
p	Güven Seviyesi
h*	Hue Açısı Değeri
G''	Kayıp Modülü
γ	Kayma Hızı
kg	Kilogram
a*	Kırmızılık-Yeşilllik
K	Kıvam Katsayısı
C*	Kroma Değeri
μL	Mikrolitre
μm	Mikrometre
mg	Miligram
mL	Mililitre
nm	Nanometre
L*	Parlaklık Değeri
R2	Regrasyon İndeksi
S	Saniye
°C	Santigrat Derece
b*	Sarılık-Mavilik
K	Tiksotropik Hız Sabiti
%	Yüzde
ζ-potansiyel	Zeta Potansiyeli

KISALTMA LİSTESİ

3-ITT	3 Zaman Aralıklı Tiksotropik Test
ANOVA	Varyans Analizi
CUPRAC	Bakır (II) İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi
DPPH	2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopsi
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
GC-MS	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
SPME	Katı Faz Mikroekstraksiyon
TFM	Toplam Fenolik Madde Miktarı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Çeşitli salep orkide resimleri 2
Şekil 1.2 Salep yumruları.....5
Şekil 1.3 Salep elde edilmesi 6
Şekil 1.4 Glukomannan kimyasal bileşimi.....7
Şekil 1.5 Newtonyen ve Newtonyen olmayan akış davranış şekilleri.....18
Şekil 2.1 Salep çeşitleri ve kodları 24
Şekil 2.2 Saleplerin öğütülerek partikül boyutunun standart hale getirilmesi 24
Şekil 2.3 Toz salep örnekleri.....25
Şekil 2.4 Dondurma üretimi 33
Şekil 3.1 Saleplerin FTIR spektrumları 47
Şekil 3.2 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin akış davranış özellikleri.....55
Şekil 3.3 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin (0,63-62,80 rad/s) açısal hız değerlerine karşı G' (Pa): Depolama modülü ..60
Şekil 3.4 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin (0,63-62,80 rad/s) açısal hız değerlerine karşı G"(Pa): Kayıp modülü.....61
Şekil 3.5 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin 3-ITT akış değerleri 65
Şekil 3.6 Farklı tür salep içeren dondurma örneklerinin akış davranış özellikleri.....71
Şekil 3.7 Farklı tür salep içeren dondurma örneklerinin viskozite özellikleri 72
Şekil 3.8 Farklı bir salep içeren dondurma örneklerinin açısal hız değerlerine karşı G' (A) ve G" (B) değerleri (G' (Pa): Depolama modülü. G" (Pa): Kayıp modülü) 76
Şekil 3.9 Farklı salep türü içeren dondurma örneklerinin 3-ITT reolojik davranış özellikleri.....80

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Dünyada orkidelerin kullanım alanları....3
Tablo 1.2 Dondurma özellikleri....12
Tablo 2.1 Salep örnekleri ve örnek kodları....23
Tablo 2.2 Dondurma reçetesi....32
Tablo 2.3 Dondurma miks isimleri ve örnek kodları....34
Tablo 3.1 Bütün haldeki salep örneklerinin renk ölçüm değerleri....41
Tablo 3.2 Toz hale getirilmiş salep örneklerinin renk ölçüm değerleri....42
Tablo 3.3 Salep sulu çözeltileri pH değerleri....43
Tablo 3.4 Salep türlerinin glukomannan içerikleri....45
Tablo 3.5 Salep türlerinin uçucu bileşikleri....50
Tablo 3.6 Farklı salep türlerinin %80 etanol ve metanol çözeltisindeki biyoaktif bileşenleri....52
Tablo 3.7 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin Güç Yasası akış davranış parametreleri....58
Tablo 3.8 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin Güç Yasası dinamik reolojik özelliklerine ait parametreler....63
Tablo 3.9 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin 3-ITT reolojik özelliklerine ait parametler....66
Tablo 3.10 Dondurma miksi pH ölçümleri....67
Tablo 3.11 Dondurma miksi zeta potansiyeli değerleri....69
Tablo 3.12 Dondurma mikslerinin akış davranış reolojik özelliklerine ait parametreler....74
Tablo 3.13 Dondurma mikslerinin dinamik reolojik özelliklerine ait parametreler....78
Tablo 3.14 Dondurma mikslerinin 3-ITT reolojik özelliklerine ait parametreler.81
Tablo 3.15 Dondurma renk ölçüm değerleri....82
Tablo 3.16 Dondurma örnekleri hacim ölçüm değerleri....84
Tablo 3.17 Dondurmaların termal özellikleri....87
Tablo 3.18 Dondurma örneklerinin uçucu bileşenleri....89
Tablo 3.19 Dondurma örneklerinin duyusal özellikleri....92
Tablo A1. Duyusal analiz formu....108

ÖZET

Farklı Yabani Orkide Türlerine Ait Saleplerin Fizikokimyasal, Biyoaktif ve Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Dondurma Üretiminde Stabilizatör Olarak Kullanımı

Ayşen ARSLAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Eş-Danışman: Doç. Dr. Salih KARASU

Çalışmada Türkiye'nin değişik bölgelerinden toplanan 10 farklı yabani orkideden elde edilen salepler *Anacamptis piramidalis, Orchis isaura, Anacamptis palustris* subsp. Palustris*, Orchis morio, Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*, Orchis italica, Ophrys mammosa, Orchis sancta, Dactylorhiza euxina, Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius ve ticari salebin fizikokimyasal, biyoaktif ve reolojik özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında saleplerin renk, pH, biyoaktif bileşenleri, FTIR ve uçucu bileşenleri değerlendirilmiştir. Saleplerin renk ve pH özellikleri farklılık göstermiştir ($p \leq 0,05$). Saleplerin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktiviteleri türler arasında farklılık göstermiştir ($p \leq 0,05$). Tüm salep türlerinde ortak uçucu bileşenler n-hekzanal, n-heptanal, n-oktanal, n-dekanal, fenkil alkol, dL-limonen ve etanol olarak bulunmuştur. Çalışmadaki *Anacamptis piramidalis* (38,7 g/100g), *Orchis morio* (46,1 g/100g) ve *Orchis sancta* (16,4 g/100g) türleri en yüksek glukomannan içeriğine sahiptir. Ticari salebin glukomannan miktarı 27,4 g/100g bulunmuştur. Saleplerin kütlece %1-2-3 sulu

çözeltilerinin akış davranış, dinamik ve 3-ITT reolojik özellikleri incelenmiştir. Akış davranışı ve dinamik reolojik özellik parametreleri Güç Yasası modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Örnekler arasında kıvam katsayısı (*K*), akış davranış indeksi (*n*) değerlerini önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$).

Çalışmanın ikinci aşamasında stabilizatör olarak %2 salep ve ksantan gam (kontrol) kullanılarak 12 farklı dondurma üretilmiştir. Dondurma mikslerinin pH, zeta potansiyel ve reolojik özellikleri (akış davranış, dinamik ve 3-ITT) incelenmiştir. Dondurmada stabilizatör olarak farklı salep türleri ve ksantan gam kullanımı dondurmanın kıvam katsayısı (*K*), akış davranış indeksi (*n*) değerlerini etkilemiştir ($p \leq 0,05$). Tüm örnekler kayma incelmesi akış davranışı sergilemiş ve tüm örneklerin geri kazanılabilir karakterde olduğu tespit edilmiştir. Dondurma miksilerinin zeta potansiyelleri farklılık göstermiştir ($p \leq 0,05$). Farklı stabilizatör kullanımı dondurmaların donma noktası sıcaklığı (T_f), sıcaklık aralığı (ΔT) ve füzyon entalpisi (ΔH_f) gibi termal özelliklerini önemli ölçüde etkilemiştir. Dondurmalarda 2-heptanon, 2-pentanon ve undekanon uçucu bileşenleri tespit edilmiş kontrol dondurma örneği dışındaki tüm dondurmalarda n-hekzanal uçucu bileşenine rastlanmıştır. Duyusal analiz sonucunda en yüksek puanı DK1, DK4 ve DK8 kodlu dondurmalar almıştır.

Sonuçta dondurma formülasyonunun reolojik özelliklerinin iyileştirilmesinde stabilizatör olarak en uygun salep türlerinin çalışmadaki *Anacamptis pyramidalis*, *Orchis morio* ve *Orchis sancta* olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmayla stabilizatör olarak dondurma üretimine en uygun salep türleri değerlendirilmiş, bu salep türlerinin kültüre alınması önerilmekte ve geliştirilmesi desteklenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Salep, reolojik özellikler, stabilizatör, dondurma.

ABSTRACT

Determination of Physicochemical, Bioactive and Rheological Properties of Salep Obtained from Different Wild Orchid Species, Use as a Stabilizer in Ice Cream Production

Ayşen ARSLAN

Department of Food Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

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

In the study, physicochemical, bioactive and rheological properties of salep obtained from 10 different wild orchids collected from different regions of Turkey, *Anacamptis pyramidalis, Orchis isaura, Anacamptis palustris* subsp. Palustris*, Orchis morio, Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae, *Orchis italica, Ophrys mammosa, Orchis sancta, Dactylorhiza euxina, Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius and commercial salep were investigated. In the first stage of the study, color, pH, bioactive components, FTIR and volatile components of salep were evaluated. The color and pH properties of salep was significantly ($p \leq 0.05$). The bioactive components of salep was found to be significant ($p \leq 0.05$). *Anacamptis pyramidalis* (38.7 g/100g), *Orchis morio* (46.1 g/100g) and *Orchis sancta* (16.4 g/100g) species in the study have the highest glucomannan content, and the glucomannan content of the commercial salep sample were found 27.4 g/100g.

The volatile components of salep were found to be n-hexanal, n-heptanal, n-octanal, n-decanal, fenkyl alcohol, dL-limonene and ethanol, which are common to all salep. 1-2-3% aqueous solutions of salep (w.v) were prepared and their rheological properties (the flow behavior, dynamic and 3-ITT) were examined. A significant difference was observed between the consistency coefficient (K) and the flow behavior index (n) values ($p \leq 0.05$).

In the second part of the study, 12 different ice creams were produced using 2% salep and xanthan gum (control) as stabilizer. The pH, zeta potential and rheological properties (flow behavior, dynamic and 3-ITT) of the ice cream mix were analyzed. The use of different salep species and the use of control xanthan gum significantly affected the consistency coefficient (*K*) and flow behavior index (*n*) ($p \leq 0.05$). All ice creams exhibited shear thinning flow behavior, and all samples showed recoverable character. The zeta potential of the ice cream mix were significant according to the salep types ($p \leq 0.05$). The use of different stabilizers significantly affected the thermal properties of ice creams such as freezing point temperature (Tf), temperature range (ΔT) and enthalpy of fusion (ΔHf). Volatile components of 2-heptanone, 2-pentanone and undecanone were detected in ice creams, and n-hexanal volatile component was found in all ice creams except the control ice cream sample. As a result of sensory analysis, ice creams coded DK1, DK4 and DK8 got the highest score.

As a result, it was determined that *Anacamptis pyramidalis*, *Orchis morio* and *Orchis sancta* were the most suitable salep species as stabilizers in improving the rheological properties of the ice cream formulation. In this study, the most suitable salep species for ice cream production were evaluated as a stabilizer, it is recommended to cultivate these salep species and their development should be supported.

Keywords: Salep, rheological properties, stabilizer, ice cream.

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

1.1.1 Orkideler

Çiçekli bitkilerin en geniş familyalarından biri olan orkideler, *Orchidaceae* familyası içerisinde yer almaktadır [1, 2]. *Orchidaceae* dünyada geniş bir coğrafyaya yayılmış yaklaşık 25.000 çeşidi bulunan görsel olarak etkileyici renkte çiçeklere sahip bitkilerden oluşmaktadır [1, 3, 4]. Çeşitli salep orkidelerinin resimleri Şekil 1.1'de gösterilmektedir. *Orchidaceae* familyası, tür sayısı açısından değerlendirildiğinde dünyada bilinen en büyük ikinci familyadır. Bu familyanın %25'i kadarını karasal orkideler oluşturmaktadır [5, 6].

Orkideler dünya genelinde Doğu Akdeniz ülkelerinde (Türkiye, İran ve Yunanistan) yaygın olarak yetiştirilmektedir [7]. Coğrafi yapısı ve iklim özellikleriyle Türkiye, Avrupa ve Ortadoğu arasında bir köprü görevi görmekte, Avrupa-Sibirya, İran-Turan ve Akdeniz bitki coğrafyaları ülkemiz toprakları üzerinde bir araya gelmekte, bu özel durum sebebiyle ülkemiz çok zengin bir flora ve faunaya sahip bulunmaktadır [8]. Türkiye bitki çeşitliliği açısından oldukça zengin bir ülkedir. Ülkemizin sahip olduğu verimli topraklarda birçok çeşit orkide cinsi ve türü bulunmaktadır. Orkideler, doğal güzellikleriyle coğrafyamızda önemli bir yere sahiptir [1]. Orkideler çok yıllık, tek veya bazı cinsleri iki köklü otsu bitkiler olup, dik ve silindirik gövdeli, düz ve uzun yapraklı, genellikle salkım veya başak şeklinde bulunan beyaz, pembe, kırmızı veya mor çiçeklere sahip bitkilerdir [4, 9]. Orkideler soğanlı ve yumru kök yapısına sahiptirler [10]. Orkide türlerinin büyük bir bölümü (%85) yumrulu kök yapısındandır [11]. Orkide yumruları genellikle bej renkli ve yumruları ise yumurta şeklinde ya da çatallıdır [12]. Orkideler dağ ekosistemlerinde, çayırlarda ve sahillere yakın yerlerde yetişen *Orchidaceae* familyasının içinde yer almaktadırlar. Familyaya ait kayda alınmış 335, kayıt dışı 500'den fazla cins içinde 20.000'den fazla türü, 110.000'den fazla da hibriti bulunmaktadır [4].

Avrupa ve Orta Doğuda en fazla orkide çeşidi Türkiye'de bulunmaktadır [2]. Türkiye'de *Orchidaceae* familyasından 8-10 farklı cinse ait en az 30 tür orkide bulunmaktadır [13]. Türkiye topraklarında 154 farklı tür yabani orkide yetişmektedir [3, 4, 9]. Anadolu'da en yaygın olarak *Orchis* ve *Ophrys* türlerine rastlanmaktadır [10]. Türkiye'de yetişen orkide türlerinin %13'ü endemiktir [1, 14]. *Anacamptis pyramidalis, Dactylorhiza romana, Dactylorhiza osmanica* var. Osmanica, *Himantoglossum affine, Ophrys fusca, Ophrys holosericea, Ophrys mammosa, Orchis anatolica, Orchis coriophora, Orchis italica, Orchis mascula* ssp. Pinetorum*, Orchis morio, Orchis palustris, Orchis simia, Orchis spitzelii, Orchis tridentata* ve *Serapias* vomeracea türleri en yaygın bulunan türler olarak bilinmektedir [13]. Ülkemizde çoğunlukla Batı, Güneybatı, Güney ve Kuzey Anadolu başta olmak üzere, özellikle il olarak Kahramanmaraş, Adıyaman, Bitlis, Muş, Muğla, Isparta, Antalya ve başta Kastamonu ili ile Safranbolu ilçesinde olmak üzere Karadeniz yöresinde yetişmektedir [2]. Ülkemizin neredeyse her bölgesinde yetişen orkideler özellikle Akdeniz Bölgesi, Ege Bölgesi ve en çok da Muğla ilinde rastlamak mümkündür. Türkiye'de yetişen toplam orkide türünün yaklaşık yarısı kadarı Muğla'da yetiştiği belirtilmektedir [1].



Şekil 1.1 Çeşitli salep orkide resimleri [12]

Dünyada orkidelerin kullanım alanları Tablo 1.1'de gösterilmektedir. Orkide yumrularının sahip olduğu olumlu sağlık etkileri ve teknolojik özellikleri sebebiyle talep artmış, orkidelerin endüstriyel üretim için bilinçsiz ve kontrolsüzce toplanması bazı orkide türlerinin neslinin tükenmesine neden olmuştur. Orkide yumruları ilkbahar

mevsiminde genellikle yasa dışı olarak toplanmaktadır. Bu da ürünün perakende fiyatlarının yüksek olmasına neden olmaktadır. 1 kg kuru salep tozu elde etmek için yaklaşık 2.600 orkide veya 1.000-4.000 kuru yumru gerekmektedir. Türkiye ve İran'da birçok endemik orkide türü bulunmaktadır [7, 15]. Dünyada birçok ülke biyoçeşitliliği korumak adına türleri koruma altına almıştır. Ulusal kanunlar ve uluslararası ortak anlaşmalar ile salep orkideleri nesli tükenmemesi adına tedbirler alınmıştır. Türkiye 22 Aralık 1996 tarihinde, nesilleri tehlike altında olan *Orchidaceae* türlerin uluslararası ticaretini takip etmek, ekolojik döngüyü korumak, uluslararası ticaret yoluyla istismar edilmesini engellemek ve ülkelerin sahip oldukları biyolojik kaynakları korumak adına 01 Temmuz 1975'te yürürlüğe giren "Nesli Tehlike Altında Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme" (CITES)'ye katılmıştır [16]. Türkiye'de yasal olarak Tarım ve Orman Bakanlığı 2003 yılında saleplerin yumru kök, toz ve ilaç formları toplanması ve ihracatı yasaklamıştır [7].

Tablo 1.1 Dünyada orkidelerin kullanım alanları [6, 17-19]

Kulanıldığı Yer	Bazı Cins/Tür Örnekleri	Açıklama
Parfüm-Koku	*Traunsteinera*	
Tıbbi Kullanım	*Orchis punctulata*	Antikanserojen-antiviral
	Orchis latifolia	Afrodizyak ilaç
	Eulophia nuda	
	Habenaria edgeworthii	Antibakteriyel, afrodizyak, antitümor
Süs Bitkisi	*Vanda parviflora, Dendrobium, Phalaenopsis, Vanda, Cymbidium, Paphiopedilum, Oncidium Phalaenopsis, Cattleya*	

Tablo 1.1 Dünyada orkidelerin kullanım alanları [6, 17-19] (devamı)

Parfüm-Koku	*Traunsteinera*	
Tıbbi Kullanım	*Orchis punctulata*	Antikanserojen-antiviral
	Orchis latifolia	Afrodizyak ilaç
	Eulophia nuda	
	Habenaria edgeworthii	Antibakteriyel, afrodizyak, antitümor
Süs Bitkisi	*Vanda parviflora, Dendrobium, Phalaenopsis, Vanda, Cymbidium, Paphiopedilum, Oncidium Phalaenopsis, Cattleya*	

1.1.2 Salep Tanımı

Salep kelimesi Arapça kökenli olup "sa'leb" şeklinde yazılmaktadır. Salebin kelime anlamı 'tilki' olarak bilinmektedir. Günümüzde "Salep" kelimesi olarak kullanılmaktadır. Halk arasında dilçıkık, dildamak, çayırotu, çam çiçeği gibi farklı isimleri yöresel olarak tanımlanmaktadır. Eski kaynaklarda salep kelimesi "Husyet-ül sa'leb" veya "Husyet-ül kelb" isimleri ile kullanıldığı görülmüştür [20].

Salep eski tıp kitaplarında kayıtlı bulunan, bir drog yani ilaç yapımında kullanılan biyolojik, anorganik veya sentetik kökenli, tedavi özelliği olan bir madde olarak yerini almaktadır. İbn-i Sina'nın "El-Kânûn Fî't-Tıb" (Tıp Kanunu) adlı eserinde saleple ilgili salebin, iştah artırıcı, balgam söktürücü, felç giderici, afrodizyak, zihin açıcı ve rahatlatıcı özelliklerinin olduğuna dair bilgiler bulunmaktadır [8, 16, 20]. Evliya Çelebi'nin ise salep, ağrıları iyileştirdiği, görme yeteneğini arttırdığı, vücudu kuvvetlendirdiği ve hatta 100 yaşındaki bir insanı güçlü ve çevik yaptığı, şeklinde ifadelere yer verilmektedir [16, 21].

Türk Dil Kurumu sözlüğünde salep tanım olarak; Salepgillerin tek köklü, yumrulu, salkımlı veya başak çiçekli olan örnek bitkisi (*Orchis*), diğer bir ifade bitkinin yumru

durumundaki köklerinden dövülerek hazırlanan beyaz toz veya bu tozun, en son olarak şekerli süt veya su ile kaynatılmasıyla yapılan sıcak içecek, olarak tanımlanmıştır [22].

Türk Gıda Kodeksi Baharat tebliğinde salep, "çiçeklenmesini tamamlamış *Orchidaceae* familyasına dahil yumru bağlayan farklı cins ve türlere ait toprak orkidelerinin yumrularının tekniğine uygun olarak temizlenip su veya sütte haşlandıktan sonra kurutulup öğütülmüş veya öğütülmemiş hali" şeklinde tanımlanmıştır.

1.1.3 Salebin Elde Edilmesi

Salep *Orchidaceae* familyasına ait yabani orkide türlerinin kurutulmuş yumrularıdır. Salep bilimsel olarak 'Tubera Salep' (Salep Yumrusu) olarak adlandırılmakta, çok yıllık tek veya iki köklü olan yabani orkidelerin yumrularının kurutulup öğütülmesiyle elde edilmektedir [4].

Orchidaceae familyasından olan her tür salep yumrusu üretmemektedir [21]. Türkiye'de yaygın olarak salep elde etmek için ovoid yumrulu tür *Orchis, Ophrys, Anacamptis, Serapias, Himantoglossum, Barlia, Aceras* ve parçalı yumrulu tür *Dactylorhiza* ve *Platanthera* cinslerine ait yumrulu orkideler kullanılmaktadır [8, 10, 23]. Orkide yumruları, bitki çiçekte iken toplanmaktadır. Orkideler ana yumru ve daha genç olan iki yumruya sahiptir. Sadece genç yumru hasat edilir ve ana yumruya dokunulmaz [12]. Toplanan salep yumruları genellikle yuvarlak veya dallı sert, yarı şeffaf, kirli sarı, kokusuz, pürüzlü, lezzetsiz yapıya sahiptir [4].



Şekil 1.2 Salep yumruları [7, 24]



Şekil 1.3 Salep elde edilmesi

Geleneksel olarak salep üretiminde toplanan yumru kökler öncelikle soğuk suyla yıkanarak temizlenmekte sonrasında, ipe dizilmektedir. Daha sonra filizlenmesini önlemek, yumuşatmak ve dış kabuğunu gevşetmek için kaynar su, süt, ayran, peynir altı suyu veya çökeleğin içine konularak haşlanma işlemine tabi tutulmaktadır. Haşlama işlemine tabi tutulan salepler açık havada kurutulmaktadır. Salep yumruları Şekil 1.2'de ve salebin elde edilmesi Şekil 1.3'de gösterilmektedir. Yumrular kurutulduktan sonra en fazla 3 cm uzunluğunda ve yaklaşık 2 g ağırlığında kalmakta ve ağırlığının yaklaşık %90'nını kaybetmektedir. Kuruyan yumrulardan dövülerek elde edilen öğütülmüş materyal salep olarak tanımlanmaktadır. 1 kg salep elde edebilmek ağırlıkları değişkenlik göstermekle birlikte yaklaşık 1.000-4.000 kadar yumruya ihtiyaç bulunmaktadır [2, 4, 13].

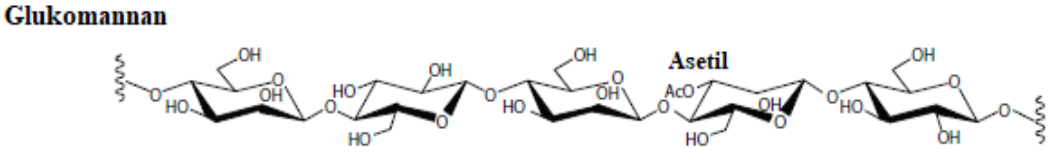
1.1.4 Salebin Fizikokimyasal Özellikleri

Salep yumrularının morfolojik özellikleri farklılık göstermektedir. *Dactylorhiza* cinsleri dallı (parmak çıkıntılı) yumru şeklin sahipken diğer cinsler oval/yuvarlak yumru şeklinde oluşmaktadır [3].

Salebin fizikokimyasal kompozisyonu cins ve türe göre değişiklik göstermektedir [13]. Salebin toplanma zamanı dahi kimyasal bileşimini etkilemektedir. Mart-Temmuz ayları arasında çiçeklenme aşamasında erken toplanan yumrular daha az nişasta ve daha yüksek glukomannan içermektedir [7, 25]. Salebin bileşimi standart bir kimyasal bileşim göstermemekle birlikte göre %7-61 glukomannan, %1-36 nişasta, %1-4 şekerler, %0,5-1,5 azotlu maddeler, %2-10 kül ve %8-12 nem içermektedir [4, 9, 13].

Orchis anatolica'nın kimyasal kompozisyonu %41,6 nişasta, %32,3 diyet lif, %18,5 glukomannan, %1,52 ham lif, %0,19 glikoz, %2,34 sakkaroz, % 6,73 protein, %7,73 nem, %2,25 kül ve %0,28 yağ ve fruktoz olmadığı verileri bulunmuştur [26]. Bazı çalışmalarda incelenen salep türlerinde en bol bulunan yağ asitleri linoleik ve palmitik asit olduğu rapor edilmiştir [27]. Salebin sahip olduğu kül bileşiminde başlıca fosfat, potasyum ve kalsiyum klorür bulunmaktadır [21]. Taze salep orkide yumrularının C vitamini, beta karoten, demir, çinko ve kalsiyum bulunduğu kaynaklarda belirtilmiştir [28].

Salebin bileşimindeki başlıca bileşen, glukoz ve mannoz birleşiminden oluşan glukomannan adlı kompleks şekerdir [21]. Glukomannan, hemiselülozdan oluşan mannan ailesinden bir polisakkarittir. Mannanlar en bol hemiselüloz destekleyici ve depo polisakkaritler olarak bitki hücre duvarı, yumrularında ve baklagil tohumlarında bulunurlar. Mannanlar dört tipte sınıflandırılabilirler; manan, şekerlerden türetilen esas olarak lineer omurgadaki β-1,4-glikosidik bağlarla birbirine bağlı galaktomannan, glukomannan ve galaktoglukomannan doğrusal veya dallanmış kimyasal yapıda D-mannoz, D-galaktoz ve D-glikoz olarak moleküllerinden oluşurlar. Glukomannannın kimyasal yapısı Şekil 1.4'te gösterilmektedir. Galaktomannan ve glukomannan mannoz kaynağıdır. Glukomannannın asetil grubu çözünürlük özelliklerine katkıda bulunurken jelleşme davranışlarını etkilemektedir [7]. Glukomannan dallanmış bir yapı göstermekte molekül ağırlığı 200-2000 g/mol arasında farklılık göstermektedir. Molekül ağırlıkları yüksek bir polisakkarit olduğu için viskoz bir çözelti oluşturmaktadır [29].



Şekil 1.4 Glukomannan kimyasal bileşimi [7]

Glukomannan kimyasal yapısı düz glukoz ve mannoz zincirlerinin beta β(1→4) glikozit bağı ile bağlanması ile oluşmaktadır [30]. Glukomannan yapısında D-glikoz ve D-mannoz bulunur; glukozun (%38,5), mannoza (%61,5) oranları ise 5:8'dir [11]. Glukomannanın mannoz/glukoz oranı, glukomannanın elde edildiği kaynağa göre değişiklik göstermektedir. Örneğin konjak glukomannanında bu oran 1,6:1 veya 3:2

iken, İskoç çamı glukomannanında 2,1:1 ve yabani orkide yumrularında bulunan glukomannanda ise 3,6:1 olarak belirtilmiştir [31, 32]. Glukomannan miktarı orkide türleri arasında oldukça fazla (%7-61) değişiklik göstermektedir [33].

Glukomannan, salepte bulunan en önemli polisakkarit bileşeni olarak tanımlanır [34]. Salep gamı olarak da bilinen glukomannan toksik olmayan, suda çözülebilir kompleks bir hidrokarbondur [26]. Salep gamı fonksiyonel olarak kıvam arttırıcı, stabile edici, jelleştirici ve aroma verici özelliği sayesinde gıda ve tıbbi formülasyonlarda kullanılabilmektedir. Yüksek su tutma kapasitesine sahip olan salep gamı ile kararlı hidrokolloidler ve hidrojeller elde edilebilmektedir [26, 35].

Hidrokolloid özellik gösteren salep gamı aynı zamanda yenilebilir filmlerin ana kaynakları olup bununla ilgili çalışmalarda son yıllarda yaygınlaşmıştır [36]. Yenilebilir filmler, gıda bileşenleri üzerine veya arasına yerleştirilen ince bir tabakalar olarak tanımlanır. Film oluşturmak için plastikleştirici olarak polisakkaritler ve proteinler kullanılmaktadır. Yenilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen filmler, gıda ürünlerinin raf ömrünü ve görünümünü iyileştiren nem, oksijen ve karbondioksit geçişini azaltmak için kullanılabilir. Yenilebilir filmler hidrokolloidler gibi yenilenebilir kaynakların kullanımı, ekonomik olması ve çevreye olumlu etkileri nedeniyle araştırmalarda önemli yer almaktadır [37].

Son yıllarda, gıda ve ilaç formülasyonlarında kullanmak üzere salep glukomannanın kimyasal özelliklerinden faydalanılarak glukomannanın kimyasal modifikasyonla (deasetilasyon) saflaştırılması jelleşme kabiliyetinin artırılması, emülsiyon stabilitesi artırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır [7, 36, 38, 39].

1.1.5 Salebin Fonksiyonel Özellikleri

Salep uzun yıllardır felç, mide rahatsızlıkları, kolera, sarılık, göğüs ağrısı gibi birçok hastalığın tedavisinde, artrit, iltihaplar, sifiliz, asitlik, hepatit, spermatorrhea, tümörler, menstrüel bozukluk, egzama, astım, ishal, afrodizyaklar, kan dizanterisi, çıban, hazımsızlık, kemik kırıkları, kulak ağrısı, romatizma, sıtma, yaraları iyileştirme gibi tedavilerde kullanılmaktadır [29, 40]. Glukomannan insan tüketimi için önemli bir bileşendir [33]. Glukomannan, insan sindirim sisteminde sindirilmeyen, şişerek viskoziteyi artıran böylece tokluk hissi oluşturarak enerji alımını azaltan ve bağırsak mikroflorasının gelişimine katkıda bulunarak diyet lifi özelliği göstermektedir [41].

Glukomananlar kan şekerini normalleştirmeye, pankreas üzerindeki stresi hafifletmeye ve hipoglisemi gibi kan şekeri anormalliklerini engellemeye yardımcı olan suda çözünür liflerdir. Sahip olduğu lif sebebiyle düşük kalorili diyet ürünü olarak kullanılabilir, kilo kontrolüne yardımcı olabilmektedir [34, 42].

Biyoaktif bileşikler doğada doğal olarak bitki yaprak, çiçek, kök ve meyve gibi kısımlarında bulunan insan vücuduna tıbbı etkileri bulunan maddelerdir [43]. Bazı yapay veya doğal kimyasallar, serbest radikalleri inhibe etme veya serbest radikal oluşumunu geciktirici etkiye sahiptir. Bu kimyasallar antioksidanlar olarak bilinmekte ve etkileri antioksidan aktivite olarak tanımlanmaktadır [44]. Bitki fenolikler veya polifenoller bitkilerin hem yenilebilir hem de yenilebilir olmayan ürünlerde yaygın olarak bulunmakta ve antioksidan aktivite göstermektedir. Bitkilerde esas olarak çiçekli dokularda, yapraklarda, gövdelerde, kök veya kabuklarda depolanır. Bitkilerin çeşitli kısımlarına bağlı olarak antioksidan seviyesi farklılık gösterebilir. Doğal antioksidanlar, özellikle flavonoidler, antioksidan, antibakteriyel, antiviral, anti-inflamatuar, anti-alerjik, antitrombotik etkilere sahiptirler [44, 45]. *Orchidaceae* familyası üyeleri gıda ve ilaç hammaddesi olarak kullanılmaktadır [10]. Orkidelerin kimyasal yapısında karbonhidratlar, alkoloidler, flavonoidler, glikozitler ve bibenzil türevleri ve terpenoidler bulunmaktadır. Bitkinin sahip olduğu doğal sekonder metabolitler fenolikler, flavonoidler doğal antioksidan kaynaklarıdır [1]. *Orchis mascula* türünün alkaloidler, saponin, tannen, terpenler, steroller ve flavonoidler içermektedir. *Orchis mascula* yumruları glukozit, bitter madde, %4, saponinler, %21,92 nişasta, %48 müsilaj, %10,62 nem, %1 şeker, %5 azotlu bileşikler, %2 kül içermektedir. Glukomannan içeriği %43,67'dir. Fenolik asitçe gallik asit, kateşin, klorojenik asit ve siringik asit bakımından zengindir [46]. Sağlık etkileri açısından, glukomannanın suda çözünebilir doğal bir lif olmasının yanında ağırlığının 50 katı kadar su absorbe edebilmesinden ötürü glukomannanın besleyici ve sağlığa olumlu etkileri olduğu bilinmektedir [47].

Günümüzde elli orkide türü geleneksel Çin tıbbında kullanılmakta, ayrıca Hindistan'da Ayurvedik ilaçlar olarak da tanımlanmaktadır [1, 46]. Orkideler genel olarak farmakolojik etkileri diüretik, antiinflamatuar, anti-kanserojen, hipoglisemik, anti-romatizmal ve nöroprotektif etkileri olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir [48]. Geleneksel tıpta orkidelerin bitki inflamasyon ve bağırsak tedavisinde bozuklukları,

tüberküloz, ishal, parkinson, antikanserojen, ateş düşürücü ve özellikle cinsel aktivite artırıcı ve enerji verici özellikleri sebebiyle reçete edildiğine dair çalışmalar mevcuttur [49].

1.1.6 Salebin Gıda Sektöründe Kullanımı

Türkiye'de her yıl 120 milyon kadar orkide kökü, salep içeceği, dondurma vb. ürünlerin üretimi için kurutulmaktadır [1]. Salebin sahip olduğu fonksiyonel özellikler içeriğindeki kimyasal kompozisyonuna bağlıdır. Salep gıda endüstrisinde özellikle yapısında bulunan glukomannan sebebiyle stabilizatör madde olarak geleneksel içecek, dondurma ve ilaç sektöründe tercih edilmektedir [30, 48]. Salep gamı viskozite, lezzet ajanı, jelleştirme ve emülfisiye ajanı olarak gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Salepten ekstrakte olan glukomannan miktarı ürünün reolojik özelliklere etki ettiği çalışmalarda gösterilmiştir [30].

Sıcak içecek olarak salep öğütülmüş orkide yumru tozunun sıcak su veya süt ile karıştırılmasıyla hazırlanan sıcak bir içecek olarak üretilmektedir. Salep, kahve ve çayın ortaya çıkmasından önce Batı Avrupa'da biliniyordu. Salep içeceğinin çeşitli formülasyonları, güneydoğu Avrupa'da ve Orta Doğu'da tüketilmektedir [30]. Çeşitli orkide kökleri kullanılarak elde edilen salep Anadolu ve Arap ülkelerinde popüler ve geleneksel sıcak tüketilen bir içecektir [50].

Salep stabilizatör katkı maddesi olarak Türkiye'ye özel geleneksel Maraş dondurması yapımında da kullanılmaktadır [1]. Salep Kahramanmaraş dondurmasına sertlik ve elastiklik verme özelliğinden dolayı dondurma yapımında hammadde olarak kullanılmaktadır [9]. Stabilizatör etkisinin yanında salep, doğal aroması ve yapışkan sakızlı yapı oluşturması sebebiyle diğer dondurmalardan farklı bir tekstüre ve aromaya sahip özellikte dondurma yapısı oluşturmaktadır [51].

Dondurma fizikokimyasal olarak oldukça karışık bir sisteme sahiptir. Bu sistemin stabilitesini sağlamak, kaliteli dondurma yapımında önemli bir faktördür [4]. Dondurmanın aroma ve nitelikleri, özellikle salep kullanımına dayanır. Dondurma üretiminin kalitesi için, dondurma miksi kütlece dengede olması ve iyi şekilde işlenmesinin yanında, içeriğe ilave edilen emülgatör ve stabilizatör maddeleri de bulunmalıdır. Bu maddeler, küçük ölçülerle karışıma ilave edilerek dondurmanın fiziksel kalitesinde, kıvamlı yapının oluşumunda etkili olmaktadır [9]. Salep içerdiği

glukomannan sebebiyle stabilizatör olarak dondurmada istenen tekstür, düzgün ve homojen yapının oluşumunda önemli bir bileşendir. Ayrıca, erimenin geciktirilmesi, miksin dondurulması ve saklanması sürecinde büyük buz kristallerinin oluşumunu engellemesi açısından da dondruma üretiminde büyük öneme sahiptir [9]. Salebin glukomannan bakımından zengin olanları, 1 litre süte yaklaşık 7-8 g düzeyinde kullanılır [4]. Salepte bulunan glukomannan gram başına 200 mL su absorplamaktadır [52].

Stabilizatör, dondurmadaki dokuda pürüzsüzlük, sıcak dalgalanmaları sırasında depolama şartlarındaki olumsuzlukları geciktirme, üründe tekdüze yapı şekil koruması ve ayrıca viskozite oluşturmaktadır. Stabilizatörler nötr bir duyusal özelliğe sahip olmalı, ürün tadında kabul edilebilir değişiklik oluşturmalıdır. Dondurma karışımında genellikle %0,1-1 stabilizatör kullanılır. Dondurma formülasyonunda salep, diğer stabilizatörlere göre daha yüksek miktarda kullanılmaktadır. Stabilizatörlerin birbirlerinin farklı özelliklerinden birlikte yararlanabilmek adına sinerjik etki yakalamak için genellikle karışım halinde de kullanılabilmektedir [52].

1.1.7 Salebin Dondurma Üretiminde Kullanımı

Dondurma içeriği, aroması ve ferahlatıcı etkisi sayesinde her yaştan insanın damak zevkine hitap eden besleyici bir süt ürünüdür [53, 54]. Dondurma, içeriğinde süt, şeker, yağ, stabilizatör, emülgatör gibi maddelere ek tercihe bağlı olarak renk ve aroma maddeleri konularak oluşturulan karışımın içeriğine havanın dahil edilmesi ve sonra dondurulması ile üretilmektedir [55].

TS 4265 standardına göre dondurma “Süt esaslı dondurma; süt ve süt ürünleri, içme suyu, şeker mevzuatında katılmasına izin verilen katkı maddeleri, istenildiğinde salep, yumurta ve/veya yumurta ürünleri ve çeşni maddeleri gibi bileşenleri içerebilen karışımın pastörizasyon sonrası, tekniğine uygun olarak işlenmesi ve dondurulmasıyla elde edilen, yumuşak halde ya da sertleştirildikten sonra tüketime sunulan mamuldür.” şeklinde tanımlanmıştır. TS 4265’te göre dondurma; ihtiva ettiği süt yağı miktarına göre tam yağlı, yağlı ve yarım yağlı olmak üzere üç tip; çeşni maddesi ihtiva edip etmemesine göre de sade ve çeşnili olmak üzere iki çeşit olarak belirtilmiştir.

Dondurma karışımı tebliğe (Tebliğ No: 2004/45) göre içerisinde tat ve çeşidine göre, süt ve/veya süt ürünlerini, içme suyu, şeker ve izin verilen katkı maddelerini

bulunduran, istenildiğinde salep, yumurta ve/veya yumurta ürünleri, aroma maddeleri ve çeşni maddeleri gibi bileşenleri içeren, henüz dondurulmamış haldeki karışım ürünü olarak tanımlanmaktadır. Dondurma tebliğine (Tebliğ No: 2004/45) göre dondurma karışımının pastörizasyon sonrası, tekniğine uygun olarak işlenmesi ve dondurulması ile elde edilen, yumuşak halde ya da sertleştirildikten sonra tüketime sunulan ürünü olarak tanımlanmaktadır. Dondurma tebliğinde dondurmanın sahip olduğu özellikler Tablo 1.2'de gösterilmektedir.

Tablo 1.2 Dondurma özellikleri

Ürün Grupları	Özellikler			
	Toplam Kuru Madde (Ağırlıkça %)	Süt Yağı (Ağırlıkça %)	Yağsız Kuru Madde (Ağırlıkça %)	Yağsız Süt Kuru Maddesi (Ağırlıkça %)
Yarım Yağlı Dondurma (En az)	31	3	28	10
Yağlı Dondurma (En az)	36	8	28	10
Tam Yağlı Dondurma (En az)	40	12	28	10

Dondurma yapısı karmaşık kolloidal bir sistemden oluşmaktadır. Donmuş fazda buz kristalleri, hava kabarcıkları ve yağ küreciklerinden oluşurken, donmamış faz hepsi bir bütün çevrili olan şeker, protein, tuz, polisakkarit ve sudan oluşmaktadır [56]. Dondurma karışımının yapısında bulunan süt proteinleri, şeker, yağ globüller, buz kristalleri, hava kabarcıkları ve diğer maddelerin istenilen tekstür ve fiziksel kalitede olması için ürünün fiziksel stabilitesini sağlamak oldukça önemlidir. Bunun için dondurma karışımının çok iyi karıştırılması ve stabilitesini sağlamak gerekmektedir. Dondurmanın karmaşık yapısı gereği stabilitesini sağlamak için mutlaka stabilizatör maddeler eklemesi gereklidir [57]. Dondurma miksinin denge ve homojen dağılımı ayrıca uygun olarak işlenmesi için stabilizatör ve emülsifiyer maddeleri içermesi gerekmektedir [58].

Dondurma karışımları yağ-su emülsiyonu halinde bulunmaktadır. Dondurmada yağ ve emülgatör, kalsiyum kazeinat-kalsiyum fosfat misellerinin serum proteinlerini, karbonhidratları ve mineral tuzlarını içeren sıvı serum fazında dağılmış şekilde bulunmaktadır. Serum fazı kolloidal dağılımla gerçek solüsyonun karışımı halinde bulunmaktadır [53]. Emülsifiye edici maddeler; yüzey aktif madde, sürfektan, emülsifiyer ve emülgatör olarak da adlandırılmaktadır. Emülsifiye edici maddeler yapısında suyu seven (hidrofilik) ve yağı seven (hidrofobik) moleküllerin bulundurur ve böylece birbirine karışmayan fazların kararlı bir yapıya sahip olmasına olanak verirler [59]. Emülsifiye edici maddelerin görevi şu şekilde açıklanabilir. Dondurma karışımını oluşturan serum fazı, hava ve yağ globülleri arasındaki yüzey gerilimini azaltmak ve böylece havanın ara yüzeye doğru hareket eden yağ globüllerine adsorbe edip dondurma karışımında yağ ve havanın iyi bir şekilde dağılımını sağlar ve dondurma hacim artışında (overrun) katkıda bulunurlar [59]. Emülgatör olarak yumurta sarısı yüksek besin değerine sahip ve işlevsel bir üründür. Özellikle emülsifiye edici olarak %9 lesitin içermektedir. Dondurma üretiminde pastörize yumurta sarısı, dondurulmuş şekerli pastörize yumurta sarısı veya kurutulmuş yumurta sarısı şeklinde kullanılmaktadır. Dondurma üretiminde yumurta sarısı kullanımı %0,5-3 arasında değişiklik göstermektedir [60]. Yumurta sarısının diğer emülgatörlere göre avantajı dondurmada daha sıkı bir yapı oluşturması, çırpma hızını artırması, dondurma erime özelliklerini ve dokusunu geliştirmesi ayrıca maliyeti daha az olmasıdır. Yumurta sarısı bununla birlikte viskozite, tekstür ve duyusal özelliklere olumlu etki sağlamaktadır [60, 61].

Stabilizatörler dondurmada bulunan serbest su moleküllerini bağlayarak dondurma karışımının viskozitesini artırarak, dondurmanın yapı, tekstür, kıvam kazanmasına ve erimeye karşı direnç kazanmasını ve depolama sırasında stabilitesinin korunmasına katkı sağlarlar [55]. Stabilizatör dondurmanın düzgün tekstür fiziksel ve duyusal özelliklerinin gelişmesinde de katkı sağlamaktadır. Dondurmada işlenme ve depolama sırasında iri buz kristal oluşumunu engellemekte, erimenin gecikmesinde ve raf ömrünün artmasında rol almaktadır [58]. Stabilizatör maddeler, çok az miktarlarda dondurma karışımına katılmakta ve dondurmanın istenen yapı, fiziksel kalite oluşmasında ve muhafazasında etkili rol almaktadır [57].

Dondurmada kullanılan stabilizatörler miksin stabilitesini artırmak, viskozitesini artırmak, serum ayrılmasını engellemek, depolama sırasında sıcaklık dalgalanmaları sonucu buz ve laktoz ayrılmasını engellemek, su bağlayarak üründen nem geçişini engellemek, iyi bir tekstür oluşturmak, ürünün erime özelliklerine katkı sağlamak amaçları ile kullanılmaktadır [62]. Stabilizatörler küçük buz kristallerinin oluşumu sağlamakta ve buz kristallerin homojen bir şekilde dağılımında rol almaktadır [63]. Stabilizatörlerin kullanılması, dondurma üretimi sırasında daha kolay pompalamaya ve doğru doldurmaya izin verirmekte, kontrollü hava katılımını kolaylaştırmakta ve stabil bir köpük üretilmesine yardımcı olmaktadır [64].

Stabilizatörler az miktarda dahi istenilen dondurma yapımında etkili olurlar ancak stabilizatör miktarı da ürün kalitesi açısından oldukça önemlidir. Stabilizatörün gereğinden daha az miktarda kullanıldığında dondurmada taneli yapı, kolay ufalanan gevrek yapı oluşumu, hava kabarcıklarının homojen dağılmaması ve kolay erime gibi üründe olumsuz etki oluşturmaktadır. Stabilizatörlerin gereğinden fazla miktarda kullanılması da dondurman erime süresini artırmakta ve istenmeyen viskoelastik bir yapı oluşmasına sebep olmaktadır [57, 65].

Dondurma tipi gıdalarda en çok tercih edilen stabilizatörler ksantan gam, guar gam, lokust bean gum (LBG), karboksimetil selüloz (CMC), karragenan, sodyum aljinat, pektin ve jelatindir. Bu stabilizatörler yüksek molekül ağırlığına sahip moleküllerden oluşan hidrokolloid yapısında sahiptirler. Stabilizatörler belirli miktarda suyu bağlayarak şişmesine, viskozitenin artmasına ve ürünün reolojik özelliklerinin gelişmesine katkıda bulunurlar. Bu yapı dondurma yapısının homojen bir tekstür ve buz kristali oluşmasına sebep olmaktadır [62].

Hidrokolloidler uzun zincirli heterojen (polisakkaritler ve proteinler) polimerlerinden oluşan bir gruptur. Suda dağıldığında viskozite artışı ve jel oluşturma özelliğine sahip polimerlerdir [66]. Hidrokolloidler suda dağılabilme (dispersiyon) hem de çözünebilme özelliğine sahip, düşük konsantrasyonlarda yüksek viskoziteli çözeltiler oluşturmaktadır [67]. Moleküler yapısında çok sayıda hidroksil (-OH) grubunun varlığı, su moleküllerini bağlayarak hidrofilik özellik göstermesi, süspansiyon karışımlarda ara kolloid özelliği göstermesi sebebiyle hidrokolloidler olarak adlandırılmışlardır [66].

Dondurmanın kalitesinin belirlemesinde reolojik özellikleri önemli bir yere sahiptir. Dondurmanın sahip olduğu reolojik özellik ve davranışlar ürünün duyusal özelliklerinin belirlenmesinin yanında ürünün fizikokimyasal özellikleri hakkında da fikir vermektedir [57]. Dondurma karışımları, Newtonyen olmayan psödoplastik davranış sergiler. Bu akış davranışı kayma gerilmesi ile kesme hızı arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu ve artan kesme hızıyla birlikte görünen viskozitenin azaldığı anlamına gelmektedir [35].

Dondurma karışımının reolojik özelliklerindeki değişiklikler kullanılan stabilizatörlerin yüksek su tutma kapasitesileriyle bağlantılı olup, stabilizatör miktarındaki artış viskozitenin yükselmesine sebep olmaktadır. Viskozite ve hacim artışı arasında pozitif bir korelasyon mevcuttur. Yüksek miktarda stabilizatör kullanımı ürün üzerinde olumsuz etki yaratan aşırı viskozite artışına neden olabilmektedir [68].

Gıda sistemlerinde hidrokolloidlerin kullanılması gıdanın reolojik özelliklerine etki etmesinden ileri gelmektedir. Gıdanın viskozitesini ve tekstürü etkileyerek gıdanın duyusal özelliklerini geliştirir ve değiştirmektedir. Gıdanın viskozitesinin artırmanın yanında sineresisi oluşumunu engellerler [69]. Hidrokolloidler dondurma, reçel, jöle, jöleli tatlılar, kekler ve şekerler gibi gıda ürünlerinde istenilen kıvamı elde etmek için kullanılan gıda katkılarıdır. Hidrokolloidler, gıdalara çeşitli fonksiyonel özelliklere sahiptirler. Bunlar arasında kıvam artırmak, sulu çözeltileri ve süspansiyonları jelleştirme, enkapsülasyon olanağı sağlama, kristali emülsifiye etme, köpük oluşturma ve stabilite sağlamak, film oluşturma, yağ ikame maddesi olarak kullanılma ve buz kristali ve şeker kristalizasyonu oluşumunu engelleme etkileme gibi özellikler örnek verilebilir [66, 70]. Polisakkaritlerin çoğu süt çözeltideki proteinleri ile uyumsuz olduğundan üründe faz ayrımı meydana gelmektedir. Bu durum proteinlerin ve polisakkaritlerin serumun fazın ayrılmasına ve üründe hoşa gitmeyen bir yapıya neden olmaktadır [52, 71]. Farklı gamların faz ayrımını engelleme noktasında etkileri birbirinden farklıdır [71]. Hidrokolloidlerden ticari açıdan önemli olan hidrokolloidler ağaç sızıntıları ve ekstraktlarından elde edilen (gam arabik, tragakant gamı, karaya gamı), çekirdek veya kökler elde edilen (lokust bean gam, guar gam, salep), deniz yosunu ekstraktlarından elde edilen (agar, aljinatlar, karragenan), selüloz türevlerinden oluşan (karboksimetil selüloz (CMC), metil selüloz hidroksipropilmetil, selüloz hidroksipropil, selüloz metil etil, selüloz mikrokristal selüloz), nişasta türevleri

(modifiye nişastalar), mikrobiyal fermantasyon yoluyla elde edilen gamlar (ksantan gam, gellan gam, dekstran) örnek verilebilir [72, 73].

Dondurma yapısındaki hava, dondurmada hem fiziksel özellikleri hem de depolama stabilitesini etkileyen önemli bir parametredir. Hava ürüne hafif bir doku sağladığı gibi erime ve sertlik gibi fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Dondurmadaki hava hacim artışı (overrun) ile ilişkilendirilmiştir. Donma sırasında eklenen hava miktarı, buz kristallerinin boyutunu etkilemektedir. Düşük overrun daha büyük buz kristalleri gözlemlenmektir. %80, %100, %120 hacim artışı değerlerinin ürünün fiziksel ve depolama üzerine etkisi araştırıldığı çalışmada, hacim artışı oranı artıkça dondurmanın sertliğinde azalma, küçük buz kristalleri oluşmuş ve dondurmanın erimeye direncinin arttığı gözlemlenmiştir [55].

1.1.8 Salebin Reolojik Özellikleri

Reoloji terimi, Yunanca rheo (akış) ve logos (bilim) kelimelerinden türetilmiştir. Reoloji ilk kullanımı 1928 tarihinde Eugene Cook Bingham, Yunan düşünür Heraklitus'un çalışmalarına "panta rhei" (herşey akar) kelimelerden türetilmiştir [74]. Reoloji, akan ve deforme olabilen maddelerin bileşimi ve yapısı ile ilgilenen fizik dalıdır [75]. Bir başka ifade ile dış kuvvetlerin etkisi altında bir cisimde meydana gelen her türlü deformasyon (şekil değişikliği) ve akış ile ilgilenen bilim dalıdır [76]. Reoloji bir maddeye uygulanan kuvvet karşısında onun akış davranışlarındaki değişimi ve uygulanan kuvvet ile meydana gelen şekil değişikliğini göstermektedir. Bir maddenin reolojik özelliği, kuvvet ve şekil değişikliğinin zamanın bir fonksiyonu olarak ölçülmesiyle ifade edilir [77].

Gıdaların sahip olduğu katı veya yarı katı görünümlerinde reolojik özelliklerin önemli bir yeri bulunmaktadır. Bir gıdanın reolojik özelliği ürünün duyusal özelliğinin belirlenmesinin yanında ürünün sahip olduğu fizikokimyasal özellikleri hakkında da fikir vermektedir. Bununla birlikte reolojik özellik bir gıdanın erimeye karşı direnci hakkında da bilgi vermektedir [57].

Gıdanın deformasyonu ve akışı, gıdanın üretiminden tüketimine kadarki süreçlerin birçok aşamasında yer aldığından dolayı reolojinin gıda endüstrisindeki yeri büyüktür [76].

Gıda endüstrisinde reolojik veriler birçok açıdan önemlidir. Bunlar;

- Pompalarda, boru hatlarında, karıştırıcı, ısı değiştirici ve homojenizatör gibi ekipmanların veya bu ekipmanların tasarımındaki mühendislik hesaplamalarında,
- Ara ve son ürün kalite kontrollerinde,
- Gıdaların raf ömrü belirleme testlerinde,
- Gıdanın yapısının ve duyusal özelliklerinin değerlendirilmesinde,
- Ürünün yapımında kullanılan maddelerin fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesinde, yeni ürün geliştirmede
- Gıdanın üretimi aşamasında gerekli doku, işleme ve uygun ekipmanın seçiminde,
- Doğru ekipman tasarımı ile enerji tasarrufunda,
- Tüketici tercihlerinde reolojik özelliklerden faydalanılmaktadır [74, 75, 77, 78].

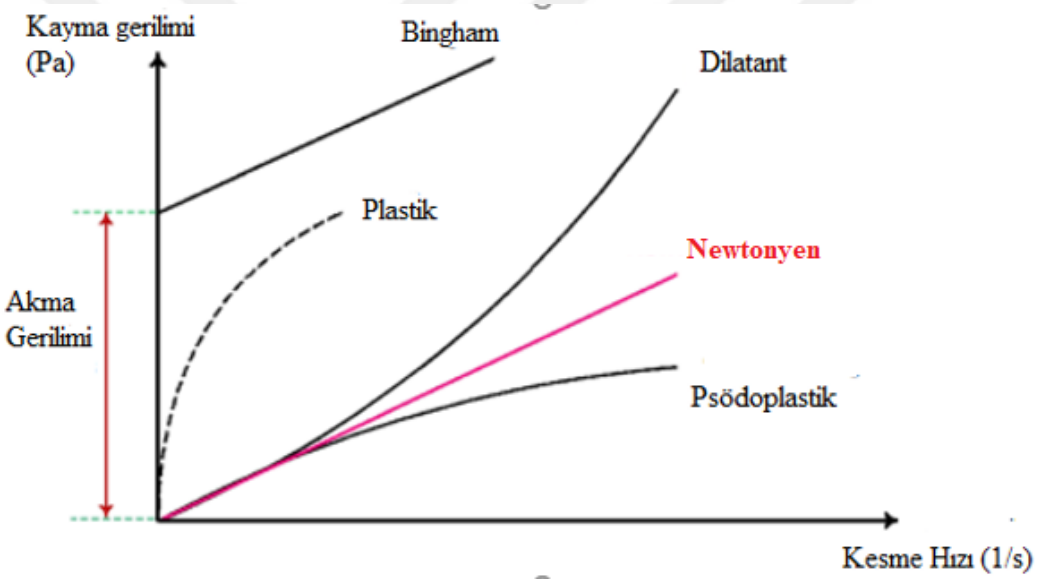
Sıvılar akış davranışlarına göre Newton tipi davranış (Newtonyen) ve Newton tipi olmayan (Newtonyen olmayan) akış davranışları şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Newtonyen akış davranışı kesme gerilimi, kesme hızı ile doğru orantılı olarak olarak değişen akış davranışıdır. Kesme hızı arttıkça doğrusal olarak kayma gerilimi de artış göstermektedir. Newtonyen sıvılarda viskozite kesme hızından bağımsızdır. Başka bir ifade ile sıvının viskozitesi sabit olmalı ve kesme hızından etkilenmemelidir. Newtonyen akışkanların viskozitesi sadece sıcaklık ve kompozisyonla değişmektedir Protein, pektin ve nişasta gibi çözünmüş polimer ve çözünmeyen katı partikül içermeyen maddeler Newtonyen akış davranışı gösterirler [76, 77].

Newtonyen olmayan akışkanlar, zamandan bağımsız ve zamana bağımlı olmak üzere iki farklı açıdan incelenerek sınıflandırılmaktadır. Kayma gerilimi, kesme hızına bağlı olarak lineer değişim göstermediği veya grafikte başlangıç değerleri orijinden geçmediği akış davranışlarına Newtonyen tipi olmayan akışkanlar denilmektedir. Bu akış davranışına sahip sıvılarda sabit bir viskoziteden bahsetmek mümkün değildir [74, 77]. Newtonyen tipi olmayan akış davranışı gösteren gıdalar genelde emülsiyon, süspansiyon ve yüksek molekül ağırlıklı maddelerin çözeltisidir. Bu çözeltilerin yapıları kesme hızıyla veya zamanla meydana gelen değişimler çözeltinin viskozitesini etkilemektedir. Sonuçta bu yapıların ortak noktası viskozitelerinin sabit olmamasıdır. Fakat düşük veya yüksek kesme hızlarında bazen sabit viskozite özellikleri gösterebilirler [76]. Newtonyen olmayan çözeltiler viskoziteleri sabit olmaması sebebiyle “viskozite” yerine “görünür viskozite” ifadesi kullanılmaktadır. Bu ifade

belirtilmese bile görünür viskozite anlaşılmaktadır [74]. Görünür viskozite kayma geriliminin kesme hızına bölünmesiyle elde edilmektedir [74]. Newtonyen ve Newtonyen olmayan akış davranışları Şekil 1.5'te gösterilmektedir.

Görünür viskozite, kesme hızından ve zamandan etkilenmektedir. Bu sebeple Newtonyen tipi olmayan davranışlar kendi arasında zamandan bağımsız ve zamana bağımlı olmak üzere iki grupta incelenmektedir [76]. Zamandan bağımsız Newtonyen olmayan akış davranışları, akışkanın viskozitesinde meydana gelen değişim, değişen kesme hızının etkisiyle zamandan bağımsız olarak değişmektedir. Plastik (Bingham), psödoplastik ve dilatant akış davranışları zamandan bağımsız Newtonyen olmayan davranışlardır. Zamana bağımlı Newtonyen olmayan akış davranışları tiksotropik ve reopektik (antitiksotropik) davranışlar olarak tanımlanmaktadır [77].



Şekil 1.5 Newtonyen ve Newtonyen olmayan akış davranış şekilleri [79]

Zamandan bağımsız Newtonyen olmayan akış davranışları psödoplastik (kesme hızıyla viskozitesi azalan), dilatant (kesme hızıyla viskozitesi artan), Bingham plastik ve Hershel-Bulkey olarak adlandırılmaktadır. Bingham Plastik ve Hershel-Bulkey akışkanların özellikleri, akmalarına yeterli olabilecek sınırlı bir başlangıç stresi içermeleri ve bu akış özelliğinde başlangıç gerilim değerinin altında örneğin katı bir davranış sergilemesidir [76, 80].

Salep, hidrokolloid ve gam olarak bilinen yüksek moleküler ağırlıklı bir polisakkarit olup su ile yapısındaki hidrojen bağları yoluyla kolayca ve kuvvetli bir şekilde etkileşime girerek kararlı ve viskoz bir çözelti oluşturmaktadır. Salebin yapısındaki glukomannan

gram başına 200 mL su emme kabiliyetine sahiptir. Bir polimerin işlevselliği ve uygulama alanlarına karar verebilmek için viskozite özelliklerine yani moleküller arası kuvvet ve etkileşimin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda hidrokolloid çözeltilerinin akış davranış özellikleri, son ürün kalitesinde önemli rol oynamaktadır. Bu sebeple salep içeren ürünlerin kalitesi ile salebin oluşturduğu çözeltinin reolojik özellikleri arasında oldukça güçlü bir ilişki mevcuttur [7, 81].

Gamların genellikle sıvı çözeltileri Newtonyen olmayan psödoplastik akış davranışı, diğer bir ifade ile kesmeyle incelen bir akış sergilerler. Sonuçta kesme hızları artarken viskozitelerinde azalma meydana gelir. Gam çözeltilerinin akış davranışlarını inceleyen birçok model bulunmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olan model üslü yasa, Güç Yasası (Power Law) modelidir [78].

Literatürde salebin reolojik özellikleriyle ilgili olarak yapılan çeşitli çalışmalarda farklı gamlarla karışımları, çeşitli salep türlerinin dondurma miksi [75, 82-84] ve salep içeceğinin [85-91] kıvam özellikleri ve emülsiyon stabilitesine [30, 39] olumlu etkilerine yönelik çalışmalar bulunmaktadır.

Işıklı vd. [12] yapmış oldukları bir çalışmada salep-süt karışımının sıcak içecekteki reolojik özelliklerini, farklı sıcaklıkta (45, 50, 55, 60 ve 65°C) ve değişik salep konsantrasyonlarında (0,75, 1,00 ve 1,25) bir rotasyonel viskometre kullanılarak değerlendirmişlerdir. Bütün salep ve süt karışımları Newtonyen olmayan akış davranışı sergilediği sonucuna varmışlardır [12].

Güven vd. [51] Kahramanmaraş tipi dondurma üretiminde öncelikle keçiboynuzu gamı ve çeşitli stabilizatörlerin uygunluğunu araştırmıştır. Üretilen dondurmaların fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri ile en kaliteli dondurmayı üretebilecek stabilizatör karışımını belirlenmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Farklı oranlarda keçiboynuzu gamı, karboksimetil selüloz (CMC), guar gam ve sodyum aljinat kullanılarak üretilmiş dondurmaların özellikleri ve sadece salep ekstraktı kullanılarak üretilen kontrol örneği ile karşılaştırılmıştır. Dondurmalar 6 ay süreyle saklanmış ve özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir [51].

Ayar vd. [92] salebin hidrokolloid olarak incir uyutması tatlısında kullanımı ve depolama stabilitesine etkisi araştırılmıştır. Salep ilavesinin incir uyutması tatlısında

viskozite ve su tutma kapasitesinde önemli artışa sebep olduğu sonucuna varılmıştır [92].

Kuş vd. [93], yapmış oldukları çalışmada farklı salep konsantrasyonları (%0,5-1,5) kullanılarak üretilen dondurmanın reolojik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada azalan salep konsantrasyonlarına bağlı olarak tiksotropik yapının azaldığını bu yapının kırıldığını gözlemlemiş olup, belirli bir değerden sonra örneklerin kesme incelmesi akış tipini sergilediklerini rapor etmişlerdir [93].

Şen vd. [94], yapılan çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerinden temin etmiş oldukları 8 farklı cinse ait 20 farklı orkide türünün fizikokimyasal kompozisyonunun belirlemiştirler. Çalışmalarında *Dactylorhizaromana* ssp. Georgica*, Orchis tridentata ve Serapiasvomeracea* ssp. Vomeracea türlerinden elde edilen glukomannan içeriğinin en yüksek türler olduğu sonucunu bulmuşturlar. Ayrıca çalışmada su ve sütteki çözünürlükleri ve viskoziteleri değerlendirilmiştir. Salep türlerinden sadece üçü su ve sütle sükroz ilavesiyle uygun kıvam sağlayabilmiştir [94].

Türkmen vd. [95], yapmış oldukları çalışmada 10 farklı yabani orkide türünün bazı fizikokimyasal özelliklerini nem, toplam protein, kül, glukomannan, nişasta içeriği belirlemiş ve salep türleri Maraş dondurmasının formülasyonunda kullanmışlardır. Farklı tür saleplerin kullanımının dondurmanın kalite ve duyusal özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Yüksek glukomannan içeriğine sahip saleplerin dondurmada istenilen karakterizasyon, yapı ve duyusal özelliklere sahip olduğu sonucuna varmışlardır [95].

Bulut Solak vd. [26] yapmış oldukları çalışmada, *Orchis anatolica* türüne ait orkide yumrularından salep elde etmiş, saleplerin fizikokimyasal özelliklerinin yanında farklı konsantrasyonlarda (%0,5, %1,5, %2,0, %2,5) hazırlanmış salep çözeltilerinin, konsantrasyon arttıkça viskozite değerlerinin de arttığını rapor etmişlerdir [26].

Atsan ve Çağlar [96], yaptıkları çalışmada farklı çeşit ve miktarda stabilizör ilavesinin depolama süresince (1, 15, 30, 45, 60. gün) dondurmadaki fiziksel ve duyusal özelliklere olan etkisini araştırmışlardır. Stabilizör olarak guar gamı (kontrol, %0,45, %0,60, %0,75) ve salep (kontrol, %0,45, %0,60, %0,75) kullanarak dondurma üretimi gerçekleştirmişlerdir. Hacim artışı kontrol grubunda düşük (%17,91), %0,75 guar gam ilave edilen dondurmalarda yüksek (%47,11) değerlerinde bulunmuştur. %0,75 guar gam eklenen örneğin erimeye karşı daha dayanıklı olduğunu rapor etmişlerdir. Duyusal

özelliklerinin değerlendirmesi sonucunda kontrol örneği guar gam ve salep içeren örneklere kıyasla daha düşük puan almıştır. Sonuçta incelenen özelliklerde en iyi sonuçların %0,75 guar gam ilave edilen örnek olduğu rapor edilmiştir [96].

Kaya ve Tekin [82], yapmış oldukları çalışmada farklı miktarlarda (%0,40, %0,62, %0,78 ve %1,00) salep kullanılarak su ve süt çözeltileri hazırlamışlardır. Su-salep ve süt-salep çözeltileri 15 dk boyunca kaynatılmış ve sonrasında soğutularak 0°C'de 24 saat boyunca olgunlaşmaya bırakılmıştır. Çözeltilerin 10°C, 20°C, 30°C, 40°C ve 50°C'de viskozite ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki salebin kimyasal kompozisyonunda %55,1 glukomannan, %7,5 nem, %2,8 nişasta ve %2,3 kül içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Su-salep ve süt-salep çözeltilerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda, örneklerin kıvam indekslerinde sıcaklığın artması ile düşüş, salep konsantrasyonu artması ile kıvam indeks değerlerinde artış olduğu sonucuna varılmıştır [82].

1.2 Tezin Amacı

Salep çeşitli orkide türlerinin yumrularının kurutulup öğütülmesiyle elde edilen gıda sektöründe stabilizatör olarak özellikle dondurma ve salep içeceğinde, ilaç sektöründe fitokimyasal özellikleriyle geçmişten günümüze kullanımı yaygın olan bir bitki köküdür. Türkiye bulunduğu coğrafya itibariyle orkide türlerince zengin olup birçok bölgede farklı çeşit orkide türleri yetişmektedir. Türlerin zamanla bilinçsiz toplanması türlerin yok olmasına sebebiyet vermektedir. Salebin izinsiz toplanması yasalarla sınırlandırılmıştır. Bu çalışmada ülkemiz için değerli bir bitki olan bazı salep türlerinin fonksiyonel özelliklerinden en iyi şekilde faydalanmak, mevcut türler arasında stabilizatör olarak kullanıma uygun türü belirlemek, türler arasında dondurma üretimine en uygun türü tespit etmek ve o türlerin yetiştirilmesini teşvik etmek amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda planlanan çalışmalar şu şekilde özetlenebilir;

1) Türkiye'nin farklı bölgelerinden 10 farklı türe ait salep temini ve 1 adet ticari salep örneği temin edilmesi.

2) Kurutulmuş olarak temin edilen salep türleri öğütülmüş daha sonrasında salep tozlarının renk, pH, glukomanan içeriği, aroma ve uçucu bileşen ve FTIR spektroskopisi gibi fizikokimyasal analizleri ve biyoaktif özelliklerinin değerlendirilmesi,

3) Salep türlerinin stabilizatör olarak kullanım imkanları için %1, %2 ve %3'lük sulu çözeltileri hazırlanarak detaylı reolojik özelliklerinin çalışılması,

4) Çalışmanın son aşamasında salep türlerinin dondurma formülasyonunda stabilizatör olarak kullanımı, dondurma miksi ve son ürün bazında değerlendirilmesi planlanmıştır.

1.3 Hipotez

Türkiye dünyada en fazla orkide türüne sahip ülkelerden biridir. Salep orkidelerinin özelliklerinin belirlenmesi bu bağlamda yetiştirilmesi oldukça önem arz etmektedir. Birçoğunun endemik olduğu salep türlerinin gıda endüstrisi açısından kullanım olanakları araştırılmalı ve kültere alınması sağlanmalıdır. Bu çalışmanın hipotezi Türkiye'nin sahip olduğu bir zenginlik olan yabani orkidelerden elde edilmiş salebin fonksiyonel özellikleri ve stabilizatör olarak kullanım olanaklarını değerlendirmek, herkesin sevdiği bir ürün olan dondurmada kullanılmasını ve stabilizatör olarak uygun türlerin kültüre alınarak yetiştirilesini desteklemektir.

2
MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 Materyal

2.1.1 Salep Türleri ve Temini

Çalışmada kullanılan 10 farklı türe ait salep örneği Türkiye'nin farklı bölgelerinden kurutulmuş olarak, ticari salep örneği ise İstanbul'da bulunan bir aktardan temin edilmiştir. Araştırmada kullanılan 11 farklı salep çeşidi Tablo 2.1'de gösterildiği şekilde kodlanmıştır. Salep türlerinin görselleri Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Salep örnekleri ve örnek kodları

Örnek No	Salep Kodu	Salep Tür İsmi	Bölge
1	S1	*Anacamptis pyramidalis*	Yozgat
2	S2	*Orchis isaura*	Mersin
3	S3	*Anacamptis palustris* subsp. Palustris	Muş
4	S4	*Orchis morio*	Adana
5	S5	*Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae	Muğla
6	S6	*Orchis italica*	Muğla
7	S7	*Ophrys mammosa*	Adana
8	S8	*Orchis sancta*	Kahramanmaraş
9	S9	*Dactylorhiza euxina*	Van
10	S10	*Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius	Kahramanmaraş
11	S11	Ticari Salep	



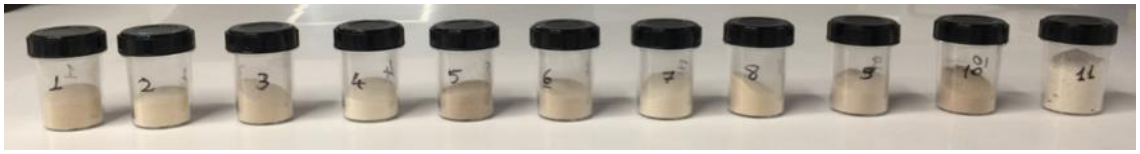
Şekil 2.1 Salep çeşitleri ve kodları

2.2 Saleplerin Öğütülmesi

Kurutulmuş salep örnekleri elektrikli öğütücü ve blender ile öğütülerek toz haline getirilmiştir. Örnekler öğütücü ile öğütüldükten sonra sabit partikül boyutuna getirilmesi için öncelikle ev tipi un eleğinden daha sonra standart partikül boyutu elde etmek için Ultralab 45 μm (No.325) un eleğinden geçirilerek partikül boyutu homojen hale getirilmiştir. Saleplerin öğütülerek partikül boyutunun standart hale getirilmesi Şekil 2.2'de toz salep örnekleri ise Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Saleplerin öğütülerek partikül boyutunun standart hale getirilmesi



Şekil 2.3 Toz salep örnekleri

2.3 Saleplerin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri

2.3.1 Saleplerin Renk Özellikleri

Geleneksel olarak kurutulmuş salep örneklerinin renk ölçümleri 3nh Focus on Color, NR200, (Shenzhen, Çin) model cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma öncesinde cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Renk özellikleri bütün halde kurutulmuş ve toz haline getirilmiş salep örnekleri için gerçekleştirilmiştir. Ölçümler bir tür bütün salepten üç adet alınıp, üç farklı noktadan renk ölçümü yapılmıştır. Toz haline getirilmiş salep örnekleri için üç farklı noktadan ölçüm yapılmıştır. Ölçümler üç paralel şeklinde yapılmıştır.

Renk parametreleri; L* değeri parlaklık (0-100), a* değeri kırmızıdan (+) yeşile (-) olan renk değişimini, b* değeri ise sarıdan (+) maviye (-) olan renk değişimini göstermektedir. C* kroma (Chroma) ve h* (hue angle) hue açısı değerleri (2.1) ve (2.2) eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Saleplerin renk analizleri kolorimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir.

$$C^* = \sqrt{a^* + b^*} \tag{2.1}$$

$$h^* = \arctan (b^* / a^*) \tag{2.2}$$

2.3.2 Saleplerin pH Ölçümleri

Toz salep örneklerinin kütlece %1 oranlarında sulu çözeltileri hazırlanmıştır. Örnekler 60°C sıcaklık kontrolünde 15 dk çözündürülmüştür. Çözeltilerin pH değerleri Mettler Toledo, (Seven Compact), (Columbus, ABD) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 25°C sıcaklıkta cihaz kalibrasyonu yapılarak, her bir örnek için üç paralel ölçüm gerçekleştirilmiş ve standart sapmalar hesaplanmıştır.

2.3.3 Saleplerin Glukomannan İçeriklerinin Belirlenmesi

Salep örneklerinin monosakkarit (glukoz, mannoz) içerikleri literatürde belirlenen metotta modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir [97]. Toz salep örnekleri ağzı kapaklı cam tüplere 0,5 g tartılmış ve örnekler 5 mL %72'lik H2SO4 ile 30°C'de 2 saat süreyle hidrolize edilmiştir. Daha sonrasında saf su ile 50 mL tamamlanan örnekler, 1 saat 121°C'de inkübe edilmiştir. İşlem sonunda örnekler oda sıcaklığına soğutulmuş, daha sonrasında asit hidrolizatlarının pH derecesi Ba(OH)2 tampon çözeltisi ile pH 7'ye ayarlanmıştır. HPLC öncesi örnekler 0,45 µm şırınga filtrelerden geçirilerek safsızlıklardan arındırılmıştır. Hidrolize edilensalep örnekleri glukoz ve mannoz içerikleri Yüksek Performanslı Sıvı Kromotografisi (HPLC) (Agilent 12630) marka cihaz ile yapılmıştır. Analizde Metacarb-67C (300 x 7,8 mm) kolonu, RI (Refraktif İndex) detektörü, mobil faz olarak dH2O, mobil faz akış hızı 0,5 mL/dk, enjeksiyon hacmi 10 µL olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Karakterize şekerler standartlarıyla karşılaştırılarak ölçümler alınmıştır. Ölçümler ODTÜ Merkez Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.3.4 Saleplerin FTIR Ölçümleri

Toz salep örnekleri FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) spektroskopisi analizleri 4 cm^{-1} çözünürlükte havaya göre background alınarak, üç paralelli olarak ölçüm gerçekleştirilmiştir. 500 ile 4000 cm^{-1} dalga sayısı aralığında FTIR spektroskopi (FTIR-4600) (Jasco, Japonya) cihazı ile ölçümler yapılmıştır.

2.3.5 Saleplerin Aroma ve Uçucu Bileşen Analizleri

Çalışmada 11 çeşit toz salep örneğinin aromatik ve uçucu bileşiklerinin belirlenmesi amacıyla Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) analizinde GCMS-QP2010 Shimadzu (Milan, İtalya) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Triaux vd. (2019) yapmış olduğu çalışmada belirtilen yöntem olan katı faz mikro ekstraksiyon SPME (katı faz mikroekstraksiyon (Solid-Phase Microextraction) yöntemi kullanılmıştır [97]. SPME oto örnekleyici (AOC-6000, Shimadzu, Tokyo, Japonya) GC-MS iğnesine bağlanmıştır. Çalışmada salepler 4'er gram tartılmış ve PTFE/silikon vialleri ağızları sıkıca kapatılarak yerleştirilmiştir. Örnekler SPME analizinden önce 60°C 7 dk çalkalama modu kapalı halde ısıtılmıştır. SPME iğne penetrasyonu 12 mm, lif penetrasyonu 10 mm, ekstraksiyon 10 dk, enjeksiyon penetrasyonu 26 mm, desorpsiyon

5 dk ve çalışma süresi 40 dk olarak ayarlanmıştır. Kromatografik ayrım Rtx-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 μm) silika kolon, taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Sistemin sıcaklık programı 40°C'de 2 dk, 40°C'den 100°C'ye dk'da 10°C'de ısıtma, 100°C'den 150°C'ye dk'da 5°C'de ısıtma 150°C'den 180°C dk'da 10°C'de ve ardından 230°C'ye yükseltilmiş ve 5 dk tutulmuştur. Basınç 15,4 kPa ve lineer hız 27,9 cm/s, taşıyıcı gaz akış hızı 0,6 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Ara yüzey sıcaklığı 250℃ ve iyon kaynağı sıcaklığı 200℃ olarak kullanılmıştır. Kütle spektrometresi seçili iyon izleme modunda, elektron iyonizasyon dedektörünün voltajı 70 eV'a ayarlanmıştır. Elde edilen aroma bileşikleri cihazın sahip olduğu Flavor2, NIST ve Wiley kütüphaneleri tarafından tanımlanmıştır.

2.4 Saleplerin Biyoaktif Bileşenleri

2.4.1 Salep Örneklerinin Biyoaktif Madde Ekstraksiyonu

Ekstraksiyonda kullanılan kimyasallar ultra saf su, sodyum karbonat, Folin Ciocalteu reaktifi, etil alkol, metil alkol Merck'ten, gallik asit Sigma Aldrich'ten temin edilmiştir. Salep örneklerinden biyoaktif madde ekstrasyonu için 11 çeşit toz haldeki salep örneklerinin her biri 1 g tartılarak üzerlerine 20 mL farklı çözücüler (saf su, %100 metanol, %100 etanol, %80 etanol, %80 metanol [98]) ilave edilmiştir. Örneklerin süre ve çözücü optimizasyonu yapılarak en etkin biyoaktif madde ektraksiyonu için ideal çözücülerin etanol (80:20, h:h) ve metanol (80:20, h:h) olduğu sonucuna varılmıştır. Bu doğrultuda 11 salebin fenolik bileşikleri etanol (80:20, h:h) ve metanol (80:20, h:h) ile ekstrakte edilmiştir. Örnekler 25℃ oda koşullarında 2,5 saat çalkalayıcı su banyosunda karıştırılmıştır. Sonrasında 5 dk vortekslenmiştir. Karışım önce Mn 640 m-125 mm filtre kağıdı daha sonra 0,45 µm filtreden Sartorius Stedim Biotechi (Gottingen, Almanya) geçirilmiştir. Örnekler daha sonra analiz edilmek üzere -20℃'de muhafaza edilmiştir.

2.4.2 Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFM)

Örneklerin etanol ve metanol (80:20, h:h) ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarı literatürde bulunan Folin Ciocalteu yöntemi modifiye edilerek belirlenmiştir [99]. 0,5 mL ekstrakt deney tüplerine aktarılmıştır. Daha sonrasında 2 N folin kimyasalı saf su ile 10 kat seyreltilerek 0,2 N'lik çözeltisi hazırlanmıştır. Ekstraktın üzerine sırasıyla 2,5 mL 0,2 N Folin Ciocalteu folin reaktifi, 2 mL %7,5 Na_2CO_3 ilave edilerek karıştırılmıştır. Bu

karışım karanlık bir ortamda 25°C oda sıcaklığında 30 dakika bekletilmiştir. Bekleme süresinin sonunda, Thermo Scientific Genesys 10S UV-VİS, ABD spektrofotometre cihazında 760 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Gallik asit standart eğrisi çizilerek galik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden verilmiştir. Saleplerin TFM mg GAE/g kuru madde cinsinden hesaplanmıştır. Tüm ölçümler üç paralel olarak çalışılmış. Örneklerin toplam fenolik madde miktarı etanol ve metanol çözeltilerinin gallik asit standart eğrisi sırasıyla (2.3) ve (2.4) denklemlerinden hesaplanmıştır.

$$y=0,0972x+0,0945 \quad (2.3)$$
$$R^2 = 0,9902$$

$$y=0,1062x+0,0541 \quad (2.4)$$
$$R^2 = 0,9984$$

2.4.3 Saleplerin Antioksidan Kapasite Analizleri

2.4.3.1 CUPRAC Antioksidan Kapasite Analizi

Analiz için kulllanılan kimyasallar ultra saf su, Bakır (II) çözeltisi (CuCl2), Neokuproin (Nc) çözeltisi ve amonyum asetat (NH4Ac), 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman 2-karboksilik asit (Trolox) tüm standartlar ve kimyasallar Merck'ten (Darmstadt, Almanya) temin edilmiştir. Salep ekstraktsiyonlarının antioksidan aktivite ölçümleri CUPRAC (Bakır (II) İyonu İndirgeme Esaslı Antioksidan Kapasite) ölçüm yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır [100]. Bir cam tüp içerisinde 0,1 mL salep ektraktının üzerine sırasıyla 1 mL CuCl2 (170,48 mg CuCl2.2H2O/100 mL su), 1 mL Nc (0,156 g Nc/100 mL etanol) ve 1 mL NH4Ac (7,708 g NH4Ac) çözeltileri eklenerek karıştırılmıştır. Daha sonra karışımın üzerine 1 mL ultra saf su ilave edilip tüpler vortekslenerek karıştırılmıştır. Toplam hacim 4,1 mL olacak şekilde hazırlanan çözelti oda koşullarında ağzı kapalı olarak 60 dk inkübasyona bırakılmıştır. Aynı işlem örnek yerine ultra saf su kullanılarak şahit (kör) çözelti için de yapılmıştır. Bütün örnekler UV-VIS spektrofotometre Shimadzu UV-1800, (Kyoto, Japonya) cihazı kullanılarak absorbans 450 nm'de ölçülmüştür. Her analiz üç paralel şeklinde gerçekleştirilmiştir.

2.4.3.2 DPPH Antioksidan Kapasite Analizi

Ultra saf su, DPPH (1,1-difenil-2-pikril-hidrazil) reaktifi, etil alkol tüm standartlar ve kimyasallar Merck'ten (Darmstadt, Almanya) temin edilmiştir. Salep ektsraktları

antioksidan kapasite analizi Singh vd. (2002) tarafından gerçekleştirilen DPPH (1,1-Difenil-2-Pikril-Hidrazil) serbest radikal süpürme antioksidan aktivite yöntemi kullanılarak yapılmıştır [101]. Her salep ekstraktından 0,1 mL alınarak deney tüpüne aktarılmıştır. Üzerine etanol içerisinde çözünmüş 0,1 mM DPPH solüsyonundan 4,9 mL konularak hacim 5 mL'ye tamamlanmış ve sorasında vorteks ile karıştırılmıştır. Karışım 25°C'de 30 dk karanlık ortamda beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra örnekler UV-VİS Thermo Scientific Genesys 10S spektrofotometre cihazı kullanılarak 517 nm'de absorbansı ölçülmüştür. Her analiz 3 paralel olarak çalışılmıştır. Antioksidan aktivite değeri %DPPH inhibisyonu cinsinden 2.6'da belirtilen eşitlikten faydalanılarak hesaplanmıştır [102].

$$\%AA(\text{inhibisyon}) = \frac{(A_k - A_{ö})}{A_k}\, x100 \qquad (2.6)$$

A_k: Şahit örnek (Antioksidan içermeyen) absorbansı

$A_{ö}$: Antioksidan içeren örneğin absorbansı

Eşitlik (2.6)'da bulunan A_k (şahit) örnek içermeyen çözeltinin absorbans değerini, $A_{ö}$ ise örnek içeren çözeltinin absorbans değerini belirtmektedir.

2.5 Salep Sulu Çözeltilerinin Reolojik Analizleri

11 farklı tür salebin her birinin %1, %2 ve %3'lük sulu çözeltileri hazırlanmıştır. Salepler 60°C sıcaklık kontrolünde 15 dk boyunca çözündürülmüştür. Hazırlanan sulu salep çözeltilerinin her biri için akış davranış, dinamik ve 3-ITT (3 Zaman Aralıklı Tiksotropik Test) reolojik özellikleri, stres ve sıcaklık kontrollü peltier ısıtma sistemine sahip olan reometre MCR 302, Anton Paar, (Avusturya) ile belirlenmiştir. Reolojik ölçümler için paralel plaka probu PP50, Anton Paar, (Avustralya) kullanılmıştır. Tüm reolojik analizler 25°C sıcaklıkta yapılmış olup üç paralel olarak çalışılmıştır.

2.5.1 Salep Sulu Çözeltileri Akış Davranış Özellikleri

Salep çözeltilerinin akış davranış reolojik özellikleri paralel plaka konfigürasyonu ile çalışılmıştır. Kesme hızı 0,1-100 s^{-1} aralığında belirlenmiştir. Paralel plaka probu plaka çapı 50 mm olup örnekler arasında 0,5 mm boşluk bırakılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Reometrenin ölçüm plakasını taşıracak miktarda örnek ilave edilmiş ve analize başlanmıştır. Her bir örnek için üç paralel çalışma yapılmıştır. Analizde

kesme hızına karşılık gelen kayma gerilimi ve görünür viskozite değerleri belirlenmiştir. Reolojik analizlerden elde edilen veriler, Güç Yasası (Power Law) modeline göre tespit edilmiş olup model parametrelerini hesaplamak için doğrusal olmayan regresyon kullanılmıştır;

$$\tau = \mathrm{K} * \gamma^{\mathrm{n}} \tag{2.7}$$

Eşitlik (2.7)'de belirtilen, τ değeri kayma gerilmesini (Pa), K kıvam katsayısını ($Pa.s^n$), γ kesme hızını (s^{-1}) ve n akış davranış indeksini (boyutsuz) olarak ifade etmektedir.

2.5.2 Salep Sulu Çözeltileri Dinamik Akış Özellikleri

Salep çözeltilerinin her birinin dinamik reolojik analizleri paralel plate konfigürasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta lineer viskoelastik bölgeyi belirlemek için genlik tarama testi (mlitute sweep testi) %0,1 ile %100 gerinim aralığında yapılmış olup bu sonuca göre frekans tarama testi (frekans sweep testi) 0,1-10 Hz frekans aralığında ve 0,1-64 s^{-1} (ω) açısal hız aralığında belirlenmiştir. Açısal hız ve frekans değerlerine karşılık gelen elastik modülü (G') ve viskoz modülü (G") belirlenmiştir. Dinamik reolojik özelliklerin ilgili parametreler Güç Yasası (Power Law) modeli ve lineer olmayan regresyon kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\mathrm{G}' = \mathrm{K}'(\omega)^{\mathrm{n}''} \tag{2.8}$$

$$\mathrm{G}'' = \mathrm{K}''(\omega)^{\mathrm{n}''} \tag{2.9}$$

Eşitlikler (2.8) ve (2.9)'da belirtilen G' değeri depolama modülünü (Pa), G" değeri kayıp modülü (Pa), ω açısal hızı (s^{-1}), K', K" kıvam katsayısı değerlerini ($Pa.s^n$) ve n', n" akış davranış indeksi değerlerini (boyutsuz) olarak belirtilmektedir.

2.5.3 Salep Sulu Çözelti 3-ITT Reolojik Özellikleri

Salep çözeltilerinin 3-ITT (3 Zaman Aralıklı Tiksotropik Test) reolojik özellikleri için, sabit kesme hızı değeri olarak 0,5 s^{-1} ve değişken kesme hızı değeri olarak 150 s^{-1} kullanılmıştır. Değerlerin seçiminde lineer viskoelastik bölge dikkate alınmıştır. Örneklerin lineer viskoelastik bölgesi 50 s^{-1}'de sona ermektedir. Örnekleri, ilk zaman aralığında 100 s boyunca çok düşük bir kesme hızına (0,5 s^{-1}) tabi tutulmuştur. İkinci zaman aralığında 150 s^{-1} belirlenen kesme kuvvetine 40 s boyunca maruz bırakılmıştır.

Üçüncü zaman aralığında, numuneler birinci zaman aralığında düşük kesme hızı seviyesine tabi tutularak ikinci zaman aralığında örneklerin dinamik reolojik davranışı test edilmiştir. Bu amaçla numunelerin viskoelastik katı yapısındaki (G') değişimi gözlemlenmiştir. Örneklerin üçüncü zaman aralığındaki davranışları ikinci dereceden yapısal kinetik model kullanılarak modellenmiştir;

$$[\frac{G^{'} - G_e}{G_0 - G_e}]^{1-n} = (n-1)k * t - 1 \qquad (2.10)$$

Eşitlik (2.10)'da G' değeri depolama modülündeki değişimi (Pa), G_0 ise 3. zaman aralığındaki ilk depolama modülü değerini (Pa), G_e ürünün tamamen toparlandığı andaki depolama modülünü (Pa), başka bir ifade ile ürünün tam olarak dengelendiği andaki depolama modülünü ve k değeri tiksotropik hız sabitini temsil etmektedir [103, 104].

2.6 Dondurma Üretimi

2.6.1 Dondurma Üretiminde Kullanılan Malzemeler

Dondurma üretimi için 11 farklı çeşit salep örneği kullanılmıştır. 10 çeşit salep örneği Türkiye'nin çeşit bölgelerinden kurutulmuş olarak temin edilmiştir. Bir çeşit ticari salep örneği İstanbul'da bulunan bir aktardan satın alınmıştır. Dondurma üretimi için pastörize inek sütü (%3 süt yağı), pudra şekeri, krema, stabilizatör olarak salep, emülgatör olarak yumurta sarısı kullanılmıştır. Kontrol dondurma örneğinde stabilizatör olarak ksantan gam kullanılmıştır. Ksantan gam ve yumurta sarısı Sigma Aldrich (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, ABD), pastörize inek sütü, şeker, krema marketten satın alınmıştır.

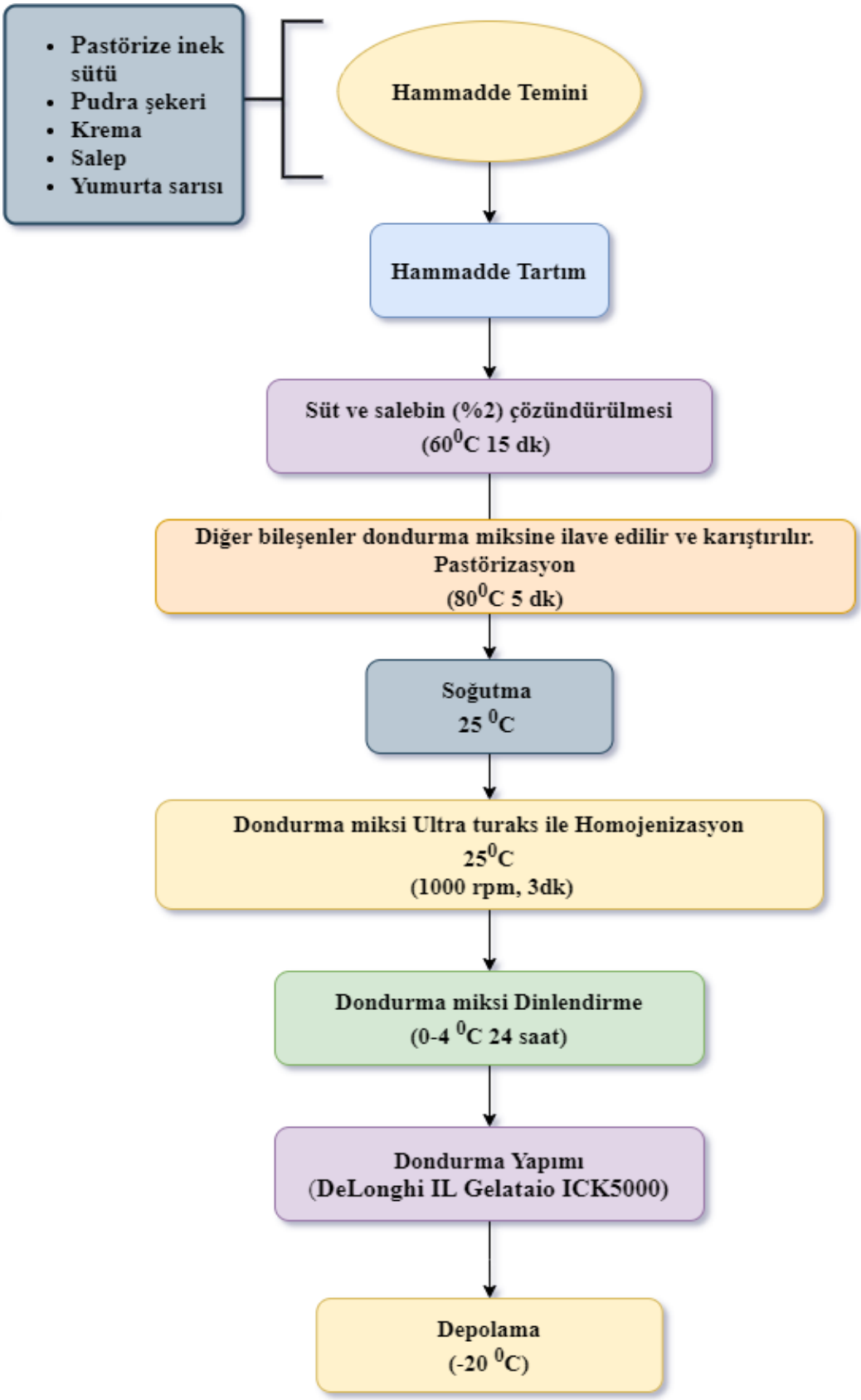
2.6.2 Dondurma Üretimi

Dondurma yapımında stabilizatör olarak 11 çeşit salep ve kontrol olarak ise ksantan gam kullanılmıştır. Çalışmadaki sulu çözelti reolojik verileri doğrultusunda salep örneklerinden %2 oranında stabilizatör olarak kullanılması uygun görülmüştür. Ürün reçetesinde pastörize inek sütü (%3 süt yağı), %25 pudra şeker, %20 krema (%35 yağlı), %2 salep (stabilizatör), %3 yumurta sarısı (emülgatör) kullanılarak dondurma ve %0,4 ksantan gam (stabilizatör) kontrol dondurma miksi elde edilmiştir. Dondurma miksi reçetesi Tablo 2.2'de gösterilmektedir. Dondurma üretim aşamasında öncelikle

inek sütü su banyosunda sabit 60°C sıcaklığa getirilmiştir. Toz salep örnekleri %2 oranında süte ilave edilmiştir. Manyetik karıştırıcı yardımıyla karışım 15 dk 60°C sıcaklıkta 1000 rpm'de karıştırılmıştır. Sonrasında şeker, krema, emülgatör ilave edilerek karışım 80°C 5 dk pastörize edilmiş daha sonra oda sıcaklığına soğutulmuştur. Oda sıcaklığında ultra turaks Daihan HG-15D cihazı ile 1000 rpm hızla 3 dk homojenize edilmiştir. Elde edilen dondurma miksi (4±1°C) sıcaklıkta 24 saat dinlendirilmeye bırakılmıştır. Dondurma miksleri DeLonghi IL Gelataio ICK5000, (Treviso, İtalya) dondurma cihazı ile dondurma üretilmiştir. Dondurmalar temiz ve ağzı kapanabilir plastik bir kaba alınarak üzerleri streç film ile hava almayacak şekilde kapatılarak -20°C'de depolanmıştır. Dondurma üretim akışı Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Dondurma-salep miks ve kontrol dondurma-ksantan gam miks örnekleri kodları Tablo 2.3'de gösterilmiştir.,

Tablo 2.2 Dondurma reçetesi

Dondurma Miksi Reçete	**100%**	**Yağ Oranı**	
İnek sütü (%3 yağ)	100 g	3%	3
Şeker	25 g	35%	7
Krema (%35 yağ)	20 g		%10
Stabilizatör (Salep)	2 g		
Yumurta Sarısı (Emülgatör)	3 g		
Kontrol Dondurma			
Stabilizatör (Ksantan gam)	0,4 g		



Şekil 2.4 Dondurma üretimi [104]

Tablo 2.3 Dondurma miks isimleri ve örnek kodları

Örnek	Dondurma Kodu	Kullanılan Stabilizatör
1	DS1	S1 tür salep
2	DS2	S2 tür salep
3	DS3	S3 tür salep
4	DS4	S4 tür salep
5	DS5	S5 tür salep
6	DS6	S6 tür salep
7	DS7	S7 tür salep
8	DS8	S8 tür salep
9	DS9	S9 tür salep
10	DS10	S10 tür salep
Ticari salep	DS11	S11 tür salep
Kontrol	DK1	Ksantan gam

2.7 Dondurma Miksi Analizleri

2.7.1 Dondurma Miksi pH Ölçümleri

Dondurma miksleri (0-4°C) sıcaklıkta 24 saat dinlendirildikten sonra her bir örnek için Mettler Toledo (Seven Compact) pH metre cihazı kullanılarak oda sıcaklığında üç paralel ölçüm gerçekleştirilmiştir.

2.7.2 Dondurma Miksi Zeta Potansiyeli (ζ) ve Partikül Boyutu Tespiti

Dondurma mikslerinin yağ globüllerinin boyutu ve zeta potansiyel (ζ) değeri, partikül ölçüm cihazı Zetasizer, Malvern Instruments, (Worcestershire, İngiltere) ile belirlenmiştir. Örnekler ultra saf su ile 500 kat seyreltilmiştir. Daha sonrasında 1 dk

boyunca ultrasonik su banyosunda karıştırılarak homojenize edilmiştir. Homojenize dondurma örneklerin zeta potansiyeli patikül boyutu, dinamik ışık saçımı tekniğine göre tespit edilmiştir [105].

2.7.3 Dodurma Miksi Reolojik Analizler

Dondurma mikslerinin reolojik özellikleri akış davranış, dinamik ve 3-ITT reolojik özellikleri, stres ve sıcaklık kontrollü peltier ısıtma sistemine sahip olan reometre MCR 302, Anton Paar, (Avusturya) ile belirlenmiştir. Reolojik ölçümler için paralel plaka probu PP50, Anton Paar, (Avustralya) kullanılmıştır. Tüm reolojik analizler 25°C'de yapılmış olup sonuçların doğruluğu için üç kez tekrarlanmıştır.

2.7.4 Dondurma Miksi Akış Davranış Özellikleri

Dondurma mikslerinin akış davranışı reolojik özellikleri paralel plaka konfigürasyonu ile çalışılmış ve kesme hızı 0,1-100 s^{-1} aralığında belirlenmiştir. Paralel plaka probu plaka çapı 50 mm olup örnek arasında 0,5 mm boşluk bırakılarak çalışılmıştır. Reometrenin ölçüm plakasını taşıracak miktarda örnek ilave edilmiş ve analiz başlatılmıştır. Her örnek için 3 paralel çalışma yapılmıştır. Analizde kesme hızına karşılık gelen kayma gerilimi ve görünür viskozite değerleri belirlenmiştir. Reolojik analizlerden elde edilen veriler, Güç Yasası (Power Law) modeline göre tespit edilmiş ve model parametrelerini hesaplamak için doğrusal olmayan regresyon kullanılmıştır;

$$\tau = \mathrm{K} * \gamma^{\mathrm{n}} \tag{2.11}$$

Eşitlik (2.11)'de gösterilen; τ değeri kayma gerilmesini (Pa), K kıvam katsayısını ($Pa.s^n$), γ kesme hızını (s^{-1}) ve n akış davranış indeksini (boyutsuz) olarak belirtmektedir.

2.7.5 Dondurma Miksi Dinamik Akış Özellikleri

Dondurma mikslerinin dinamik reolojik analizleri paralel plate konfigürasyonu ile yapılmıştır. Başlangıçta lineer viskoelastik bölgeyi belirlemek için genlik tarama testi (mlitute sweep testi) %0,1 ile %100 gerinim aralığında yapılmış olup bu sonuca göre frekans tarama testi (frekans sweep testi) 0,1-10 Hz frekans aralığında ve 0,1-64 s^{-1} (ω) açısal hız aralığında belirlenmiştir. Açısal hız ve frekans değerlerine karşılık gelen elastik modülü (G') ve viskoz modülü (G") belirlenmiştir. Dinamik reolojik özelliklerin

ilgili parametreler Güç Yasası (Power Law) modeli ve lineer olmayan regresyon kullanılarak bulunmuştur.

$$G' = K'(\omega)^{n''} \tag{2.12}$$

$$G'' = K''(\omega)^{n''} \tag{2.13}$$

Eşitliklerde (2.12), (2.13)'de G' değeri depolama modülünü (Pa), G'' değeri kayıp modülü (Pa), ω açısal hızı (s^{-1}), K', K'' kıvam katsayısı değerlerini ($Pa.s^n$) ve n', n'' akış davranış indeksi değerlerini (boyutsuz) olarak belirtilmektedir.

2.7.6 Dondurma Miksi 3-ITT Reolojik Özellikleri

Dondurma örneklerinde 3-ITT reolojik özellikleri, sabit kesme hızı değeri olarak 0,5 s^{-1} ve değişken kesme hızı değeri olarak 150 s^{-1} kullanılmıştır. Değerlerin seçiminde lineer viskoelastik bölge dikkate alınmış olup, numunelerin lineer viskoelastik bölgesi 50 s^{-1}'de sona ermektedir. Dondurma örnekleri, ilk zaman aralığında 100 s boyunca çok düşük bir kesme hızına (0,5 s^{-1}) tabi tutulmuştur. İkinci zaman aralığında 150 s^{-1} belirlenen kesme kuvvetine 40 s boyunca maruz bırakılmıştır. Üçüncü zaman aralığında, numuneler birinci zaman aralığında düşük kesme hızı seviyesine tabi tutularak ikinci zaman aralığında dondurmanın dinamik reolojik davranışı test edilmiştir. Salep kullanılarak üretilen numunelerin üçüncü zaman aralığındaki davranışları ikinci dereceden yapısal kinetik model kullanılarak modellenmiştir;

$$\left[\frac{G' - G_e}{G_0 - G_e}\right]^{1-n} = (n-1)k * t - 1 \tag{2.14}$$

Eşitlik (2.14)'te G' değeri depolama modülündeki değişimi (Pa), G_0 ise 3. zaman aralığındaki ilk depolama modülü değerini (Pa), G_e ürünün tamamen toparlandığı andaki depolama modülünü (Pa), başka bir ifade ile ürünün tam olarak dengelendiği andaki depolama modülünü ve k değeri tiksotropik hız sabitini temsil etmektedir [103, 104].

2.8 Dondurma Analizleri

2.8.1 Dondurma Renk Analizleri

Çalışmada dondurma örneklerinin renk analizleri CR-400 Chroma Meter, Konica, (Minolta, Japonya) renk ölçüm cihazı kalibrasyonu yapıldıktan sonra, renk ölçümleri her bir dondurma örneği için üç farklı noktadan üç paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. L* değeri parlaklığı (parlaklık; 100=beyaz, 0=siyah), a* değeri kırmızıdan (+) yeşile (-) olan renk değişim değerini, b* değeri ise sarıdan (+) maviye (-) olan renk değişimini belirtmektedir [106].

2.8.2 Dondurma Hacim Artışının (Overrun) Tespiti

Dondurmaların hacim artışını tespit etmek amacıyla darası alınan ölçü silindiri içine belirli hacme kadar boşluk olmayacak şekilde dondurma örnekleri konulmuştur. Her bir dondurmaya aynı işlem yapılarak hassas terazide tartım gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında dondurmaların oda sıcaklığında erimesi beklenilmiştir. Eriyen dondurmalar aynı silindir ölçü kabında aynı hacme kadar doldurulmuştur. Sonrasında eriyen dondurmalar hassas terazi ile tartılmıştır. Dondurmaların hacim artışının hesaplamasında (2.15)'deki eşitlikten faydalanılmıştır.

$$\text{Hacim artışı (\%)} = \left(\frac{\text{Dondurma kütlesi} - \text{Miks kütlesi}}{\text{Dondurma kütlesi}}\right) \times 100 \qquad (2.15)$$

2.8.3 Dondurma Erime Özellikleri

Dondurma örneklerinin termal özellikleri için Hwang vd. [107] tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır [107]. Dondurma örneklerinin erime özelliklerinin belirlenmesi amacıyla atmosfer basıncında STA44gf3, Netzsch, (Almanya) çalışan A DTA-DSC (diferansiyel tarama kalorimetresi) ile analiz edildi. Dondurma örneklerinden yaklaşık 10 mg tartılarak alüminyum panlara örnekler konulmuş, daha sonrasında panlar hermetik olarak kapatılmıştır. Cihazda örneklerin sıcaklığını -20°C'den 50°C'ye 1°C/dk gelecek şekilde, nitrojen gazında ortamında kaydedilmiştir. Referans olarak boş bir alüminyum pan kullanılmıştır. Azot gazının soğutma akış hızı 50 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Başlangıç sıcaklıkları (T_0), eğim ve T_f belirlenmiştir. T_0 erime çizsinin sol tarafındaki teğet ve taban çizgisinin kesişimi olarak kabul edilir. Donma noktaları, en dik eğimin sıcaklığı kullanılarak belirlenmiştir. Füzyon entalpisi, düz taban çizgisinin

erime zirvesinden önce ve sonra bağlanması ve taban çizgisinin üzerindeki tepenin entegre edilmesiyle tepe noktasının altındaki taban çizgisinin ekstrapolasyonuyla hesaplanmıştır.

2.8.4 Dondurma Aroma ve Uçucu Bileşen Analizi

Dondurma örneklerinin aromatik ve uçucu bileşiklerinin belirlenmesinde Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) GCMS-QP2010 Shimadzu (Milan, İtalya) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yöntem olarak Triaux vd. (2019) yapmış olduğu çalışmada belirtilen yöntem olan katı faz mikro ekstraktsiyon SPME (Solid-Phase Microextraction) yöntemi kullanılmıştır [99]. SPME oto örnekleyici (AOC-6000, Shimadzu, Tokyo, Japonya) GC-MS iğnesine bağlanmıştır. Çalışmada dondurma örneklerinin her birinden 10'ar gram tartılmış ve PTFE/silikon vialleri ağızları sıkıca kapatılarak yerleştirilmiştir. Örnekler SPME analizinden önce 60°C 7 dk çalkalama modu kapalı halde ısıtılmıştır. SPME iğne penetrasyonu 12 mm, lif penetrasyonu 10 mm, ekstraksiyon 10 dk, enjeksiyon penetrasyonu 26 mm, desorpsiyon 5 dk ve çalışma süresi 40 dk olarak ayarlanmıştır. Kromatografik ayrım Rtx-5MS bir kılcal kolon (30 m x 0,25 mm; film kalınlığı 0,25 μm) silika kolon, taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Çalışmada dondurma örneklerinin her birinden 10'ar gram tartılmış ve headspace viallerine ağızları sıkıca kapatılarak yerleştirilmiştir. Sistemin sıcaklık programı 40°C'de 2 dk, 40°C'den 100°C'ye 2 dk'da, 10°C'de ısıtma, 100°C'den 150°C'ye 2 dk'da 5°C'de ısıtma, 150°C'den 180°C 2 dk'da 10°C'de ve ardından 230°C'ye yükseltilmiş ve 5 dk tutulmuştur. Basınç 15,4 kPa ve lineer hız 27,9 cm/s, taşıyıcı gaz akış hızı 0,6 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Ara yüzey sıcaklığı 250°C ve iyon kaynağı sıcaklığı 200°C olarak kullanılmıştır. Kütle spektrometresi seçili iyon izleme modunda, elektron iyonizasyon dedektörünün voltajı 70 eV'a ayarlanmıştır. Elde edilen aroma bileşikleri cihazın sahip olduğu Flavor2, NIST ve Wiley kütüphaneleri tarafından tanımlanmıştır.

2.8.5 Dondurma Duyusal Analizi

Dondurma örneklerinin duyusal değerlendirmesi için panelistler yüksek lisans, doktora ve akademisyenlerden oluşmaktadır. Panelistler ürün hakkında bilgilendirildikten sonra duyusal değerlendirme yapmaları için örnekler hazırlanmıştır. Duyusal değerlendirme formu olarak Ek A (Tablo-A1) kullanılmıştır. Dondurma örneklerinin beğeni kriterleri aroma, krema tadı, ağızda bıraktığı tat, sakızımsı yapı, buzlu yapı, pürüzlülük, yabancı

tat, renk, ağızda erime, genel kabul özellikleri belirlenmiştir. Duyusal değerlendirmeler literatürde de en çok tercih edilen hedonik skala yöntemi kullanılarak tüketici tercihleri değerlendirilmiştir [108-110]. Duyusal açıdan değerlendirmelerde panelistlerin 1 ile 5 puan arasında değişen bir ölçekte puanlamaları istenmiştir. Beğeni dereceleri (1: çok kötü, 2: kötü, 3: orta, 4: iyi ve 5: çok iyi) şeklinde bir ölçekle değerlendirilmiştir.

2.9 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz SPSS yazılımı (versiyon 16; SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) ile yapılmıştır. Tüm deneyler üç paralel halinde yapılmıştır. Sonuçlar ortalama (±) standart sapma cinsinden verilmiştir. İstatistiksel farklılıklar tek yönlü ANOVA ile belirlenmiştir. Ortalamalar arasındaki istatistiksel farkı 0,05 anlamlılık düzeyinde belirlemek için çoklu karşılaştırma testi olarak Duncan'ın çoklu aralık testi kullanılmıştır. Kullanılan modellerin reolojik parametreleri ve uyum iyiliği Statistica yazılımı (sürüm 12; Statsoft, Tulsa, OK, ABD) kullanılarak elde edilmiştir. Eğriler ve grafikler Microsoft Excel elektronik tablosu (versiyon 2016; Microsoft Office, Redmond, WA, ABD) ile çizilmiştir.

3
BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Salep Türlerinin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri

3.1.1 Saleplerin Renk Özelliklerinin Belirlenmesi

Salep türlerinin ölçümlerindeki renk parametreleri parlaklık diğer bir ifade ile açıklık/koyuluk (L*), kırmızılık/yeşillik (a*) ve sarılık/mavilik (b*) ifade etmektedir. Kroma (C*), renkliliğin nicel bir niteliği belirtmektedir. İçinde aynı açıklığa sahip gri renk ile karşılaştırılarak bir tonun farklılık derecesi ve doygunluğunu belirlemek için C* kullanılmıştır. Rengin yoğunluk derecesini h* hue açısı belirtmektedir.

Bütün halde kurutulmuş salep türlerinin renk ölçüm parametleri Tablo 3.1'de gösterilmektedir. Salep örneklerinin L* değerleri 35,63-51,77, a* değerleri 5,06-16,09, b* değerleri 8,32-23,06 arasında değişlik göstermektedir. Kroma (C*) tonlar arasındaki farklılığı göstermekte olup farklı tür salepler için 9,74-26,40 arasında değişmektedir. Donuk renklere sahip örneklerde (gri, siyah, beyaz) kroma değerleri düşerken ve canlı renklere sahip örneklerde kroma değerleri yükselmektedir. Bütün haldeki saleplerin renk parametlerinin istatistiksel olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p \leq 0,05$). İstatistiksel olarak a* değerleri arasındaki fark S2 ve S8 örnekleri için anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Saleplerin b* değerlerindeki pozitiflik renklerin sarıya yakın olduğunu gösterirken S4, S5, S6, S9 ve S10 kodlu saleplerin istatistiksel olarak b* değerleri arasında fark önemli değildir ($p > 0,05$). Bütün haldeki saleplerle toz formları arasında renk parametlerinde farklılık gözlemlenmiştir. Türler arasındaki farklılık renk özelliklerinde değişikliğe sebep olduğu sonucuna varılmaktadır.

Toz haldeki salep türlerinin ve toz ticari salep örneğinin renk parametreleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Toz halindeki salep örneklerinin parlaklık L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 73,30-88,55, 1,71-5,01 ve 7,68-16,32 arasında değişiklik göstermektedir. Parlaklık, kırmızılık ve sarılık renk değerlerinin farklı tür salepler için istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu saptanmıştır ($p \leq 0,05$). Bununla birlikte S11 kodlu ticari salep ile S4 kodlu salep türünün parlaklık (L*) değerlerinin istatistiksel olarak fark bulunmadığı görülmüştür ($p > 0,05$). Kurt vd. [111] yapmış oldukları bir çalışmada *Serapias*

vomeracea türünün parlaklık değeri (L*) 70,47±0,00 ve *Orchis sancta* salep türünün L* değeri ise 75,10±0,24 olarak rapor edilmiştir [111]. Bizim çalışmamızda bulunan S5 kodlu *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae türünün L* değeri 73,30±0,11 ve S8 kodlu *Orchis sancta* türünün L* değeri 84,53±0,44 olarak tespit edilmiştir. Bu farklılıkların sebebinin türlerin alt türleri olmasından kaynaklanabileceği veya salep türlerinin yetiştiği bölgelerin farklılığından ileri geleceği düşünülmektedir. Salep türleri farklı bölgelerde farklı yabani *Orchidaceae* türlerinden elde edilmekte olup bu sebeple standart bir kimyasal bileşime sahip olmadıkları gibi salep türlerinin çiçek, yaprak ve yumru morfolojileri de farklılık göstermektedir [112]. Salep türlerinin renk parametlerindeki değişikler türlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Salebin elde edildiği orkidenin türü morfolojisinde etkili olmasının yanında, yetiştiği bölge de salebin yapı ve niteliklerinde etkili rol oynamaktadır [23].

Tablo 3.1 Bütün haldeki salep örneklerinin renk ölçüm değerleri

Salep Kodu	L*	a*	b*	C*	h*
S1	39,46±1,51^{bcde}	12,87±0,79^{abc}	21,57±0,21^{a}	26,40±2,32^{ab}	60,80±0,84^{abc}
S2	43,83±1,51^{bcde}	5,61±0,86^{d}	11,70±0,95^{bc}	16,86±1,15^{cd}	66,58±0,90^{ab}
S3	45,34±2,70^{ab}	7,50±1,11^{cd}	14,59±3,41^{abc}	16,42±3,50^{bcd}	62,42±2,73^{abc}
S4	42,07±1,30^{bcd}	7,58±0,35^{cd}	17,73±1,17^{ab}	19,29±0,94^{abc}	66,78±1,87^{a}
S5	37,67±2,67^{de}	8,94±1,08^{bcd}	17,65±1,56^{ab}	18,76±1,60^{abc}	61,04±3,65^{abc}
S6	44,28±1,91^{bc}	7,71±0,78^{cd}	17,02±2,00^{ab}	18,69±2,06^{abc}	65,59±1,75^{a}
S7	51,77±2,52^{a}	9,25±0,95^{bcd}	21,99±3,14^{a}	23,86±3,26^{ab}	67,09±0,92^{a}
S8	36,74±2,88^{de}	5,06±0,94^{d}	8,32±2,09^{c}	9,74±2,27^{d}	58,4±1,96^{abc}
S9	37,92±0,15^{cde}	16,09±0,20^{a}	20,58±0,25^{ab}	26,25±2,43^{a}	52,40±0,54^{c}
S10	35,63±2,24^{e}	12,62±0,13^{ab}	17,34±3,36^{ab}	21,51±2,79^{abc}	53,54±0,18^{bc}

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda belirtilen farklı harfler p≤0,05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. (S1: *Anacamptis pyramidalis,* S2: *Orchis isaura,* S3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* S4: *Orchis morio,* S5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* S6: *Orchis italica,* S7: *Ophrys mammosa,* S8: *Orchis sancta,* S9: *Dactylorhiza euxina,* S10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius).

Tablo 3.2 Toz hale getirilmiş salep örneklerinin renk ölçüm değerleri

Salep Kodu	L*	a*	b*	C*	h*
S1	79,89±0,01^{c}	5,01±00,4^{a}	16,32±0,01^{a}	17,07±0,01^{a}	72,98±0,01^{b}
S2	86,26±0,01^{b}	3,51±0,15^{de}	13,99±0,01^{b}	14,40±0,01^{b}	76,33±0,05^{a}
S3	80,67±0,05^{c}	4,05±0,01^{bc}	13,46±0,21^{bc}	14,05±0,20^{bc}	73,27±0,23^{b}
S4	87,08±0,02^{a}	3,21±0,00^{ef}	13,38±0,05^{bc}	13,76±0,05^{bc}	76,49±0,04^{a}
S5	73,30±0,11^{e}	4,81±0,01^{a}	13,26±0,01^{bc}	14,10±0,01^{b}	70,09±0,01^{c}
S6	80,43±0,23^{c}	3,61±0,11^{cde}	12,03±0,23^{d}	12,56±0,25^{d}	73,31±0,18^{b}
S7	88,25±0,19^{a}	2,98±0,09^{f}	12,42±0,02^{d}	12,77±0,05^{d}	76,52±0,36^{a}
S8	84,53±0,44^{b}	3,85±0,14^{cd}	13,055±0,40^{cd}	13,61±0,44^{cd}	73,59±0,09^{b}
S9	78,21±0,02^{d}	3,76±0,11^{cd}	11,06±0,35^{e}	11,68±0,36^{e}	71,20±0,04^{c}
S10	73,86±0,01^{e}	4,37±0,07^{b}	12,60±0,01^{d}	13,34±0,01^{cd}	70,88±030^{c}
S11	88,55±0,25^{a}	1,71±0,08^{g}	7,68±0,02^{f}	7,87±0,01^{f}	77,43±0,65^{a}

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda belirtilen farklı harfler p≤0,05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. (S1: *Anacamptis pyramidalis,* S2: *Orchis isaura,* S3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* S4: *Orchis morio,* S5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* S6: *Orchis italica,* S7: *Ophrys mammosa,* S8: *Orchis sancta,* S9: *Dactylorhiza euxina,* S10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius*,* S11*:* Ticari Salep).

3.1.2 Saleplerin pH Ölçümleri

Hidrokolloid özellik gösteren bileşiklerin, uygun konsantrasyon ve pH'ın doğru seçimiyle, gıda endüstrisinde çeşitli jel yapılarının oluşumunda etkili olabilmektedir [113]. Saleplerin %1 çözeltilerin pH ölçümleri ve standart sapma değerleri Tablo 3.3'de

gösterilmektedir. Farklı salep türlerinin çözeltileri pH değerleri birbirinden farklı olup sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0,05$). %1 salep konsantrasyonuna sahip çözeltilerin pH değerleri 5,28-6,27 arasında değişiklik göstermiştir. Türler arasındaki farklılık pH değerlerine yansımış olup farklı salep türlerinin farklı pH özelliklerine sahip olduğu çalışmaya bakılarak söylenebilmektedir. Kurt vd. [111] farklı iki tür salep için yapmış oldukları çalışmada %1 salep çözeltilerinin pH değerlerini *Serapias vomeracea* türü için 5,77±0,03 ve *Orchis sancta* salep türü için 6,11±0,04 olarak rapor edilmiştir [111]. Bizim çalışmamızdaki S5 kodlu *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae salep türünün %1'lik sulu çözeltisinin pH değeri 5,28±0,02 iken S8 kodlu *Orchis sancta* türünün pH değeri 5,12±0,02 olarak tespit edilmiştir. Tekinşen ve Güner [13] 10 farklı salep türüne ait fizikokimyasal özelliklerin belirlendiği başka bir çalışmada %1'lik sulu salep çözeltilerine ait pH ölçümlerini 5,61-6,20 aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada ortak olarak bulunan S4 kodlu salep türü O*rchis morio*, S6 kodlu salep türü *Orchis italica*, S7 kodlu salep türü *Ophrys mammosa*'ya ait %1'lik sulu çözeltilerin pH'ları sırasıyla 5,61, 5,64, 5,69 olarak tespit edilmiştir [13]. Bizim çalışmamızda ortak olarak bulunan S4, S6 ve S7 kodlu türler için sırayla pH değerleri 5,78, 5,30, 6,23 olarak bulunmuştur. Bulut-Solak vd. [26] Konya'dan toplanan başka bir salep türüne ait yapmış olduğu çalışmada *Orchis anatolica* türüne ait yumrulardan elde edilen salebin pH değerinin 6,11 olarak bulmuşlardır [26]. Sonuç olarak çalışmada tespit edilen pH değerleri daha önce yapılmış çalışmalardaki ölçülen pH değerleriyle benzerlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.3 Salep sulu çözeltileri pH değerleri

Salep Kodu	pH (%1)
S1	$5,57 \pm 0,01^{e}$
S2	$5,70 \pm 0,05^{de}$
S3	$5,69 \pm 0,01^{de}$
S4	$5,78 \pm 0,08^{cd}$

Tablo 3.3 Salep sulu çözeltileri pH değerleri (devamı)

S5	5,28±0,02f
S6	5,30±0,06f
S7	6,23±0,04[a]
S8	6,22±0,02[a]
S9	5,92±0,06[b]
S10	6,27±0,05[a]
S11	5,89±0,01[bc]

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda belirtilen farklı harfler p≤0,05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. (S1: *Anacamptis pyramidalis,* S2: *Orchis isaura,* S3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* S4: *Orchis morio,* S5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* S6: *Orchis italica,* S7: *Ophrys mammosa,* S8: *Orchis sancta,* S9: *Dactylorhiza euxina,* S10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius, S11: Ticari Salep).

3.1.3 Saleplerin Şeker İçeriklerinin (Glukomannan) Belirlenmesi

Salepte stabilizatör özelliği gösteren en önemli bileşen glukoz ve mannozdan oluşan glukomannan bileşiğidir. Glukomannan içeriği türler arasında birçok faktöre bağlı olarak miktarı %7-61 arasında değişkenlik göstermektedir [33, 114]. Salep türlerinin Tablo 3.4'te glukoz ve mannoz içerikleri gösterilmiştir. Tablo 3.4'te saleplerin glukoz içeriği 0,07 ve 31,1 g/100g arasında değişkenlik gösterirken, mannoz içerikleri 0,00 ve 15,8 g/100g arasında olduğu tespit edilmiştir. S1 kodlu *Anacamptis pyramidalis* türü yüksek mannoz içeriğine (15,8 g/100g) sahipken, S4 kodlu *Orchis morio* salep türü yüksek glukoz içeriğine (31,1 g/100g) sahip olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte S1 türü *Anacamptis pyramidalis* ve S4 türü *Orchis morio* türleri yüksek glukomannan içeriğine sahip türler olduğu gözlemlenmiştir. Tekinşen ve Güner [13] farklı salep türlerinin glukomannan içeriklerini araştırdıkları bir çalışmada *Orchis morio* türüne ait salebin en yüksek ikinci glukomannan içeriğine sahip tür olduğunu rapor etmişlerdir [13]. Şen vd. [94] 20 farklı türe ait salep çeşitlerinin fizikokimyasal özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada salep türlerinin glukomanan içeriklerini %7,84-48,54 aralığında olduğunu bildirmişlerdir [94]. Bulut-Solak vd. [26] tek tür salep *Orchis*

anatolica ait kimyasal bileşim, morfolojisi ve gam özelliklerinin araştırıldığı çalışamada *O. anatolica* türünün glukomannan içeriğini 18,5 g/100g olarak rapor etmiştir [26]. Salep glukomanan miktarı orkide türünün yumrularının botanik özelliklerine, türüne, bitkinin gelişme durumuna, çiçeklenme aşamasına, hasat zamanına, mevsim ve yetiştiği bölgeye bağlı olarak kompozisyonu değişiklik göstermektedir [13, 28].

Tablo 3.4 Salep türlerinin glukomannan içerikleri

Salep Kodu	Glukoz (g/100g)	Mannoz (g/100g)	Toplam (g/100g)
S1	22,9± 0,04	15,8± 0,02	38,7
S2	0,7± 0,01	0,1± 0,02	0,80
S3	7,9± 0,01	3,8± 0,01	11,7
S4	31,1± 0,02	15,0± 0,05	46,1
S5	0,2± 0,01	0,1± 0,01	0,30
S6	5,9± 0,02	1,7± 0.01	7,60
S7	7,3± 0,02	4,4± 0,02	11,7
S8	13,2± 0,05	3,2± 0,01	16,4
S9	0,1± 0,02	0,02± 0,01	0,12
S10	0,07± 0,01	0,01± 0,02	0,08
S11	16,9± 0,08	10,5± 0,05	27,4

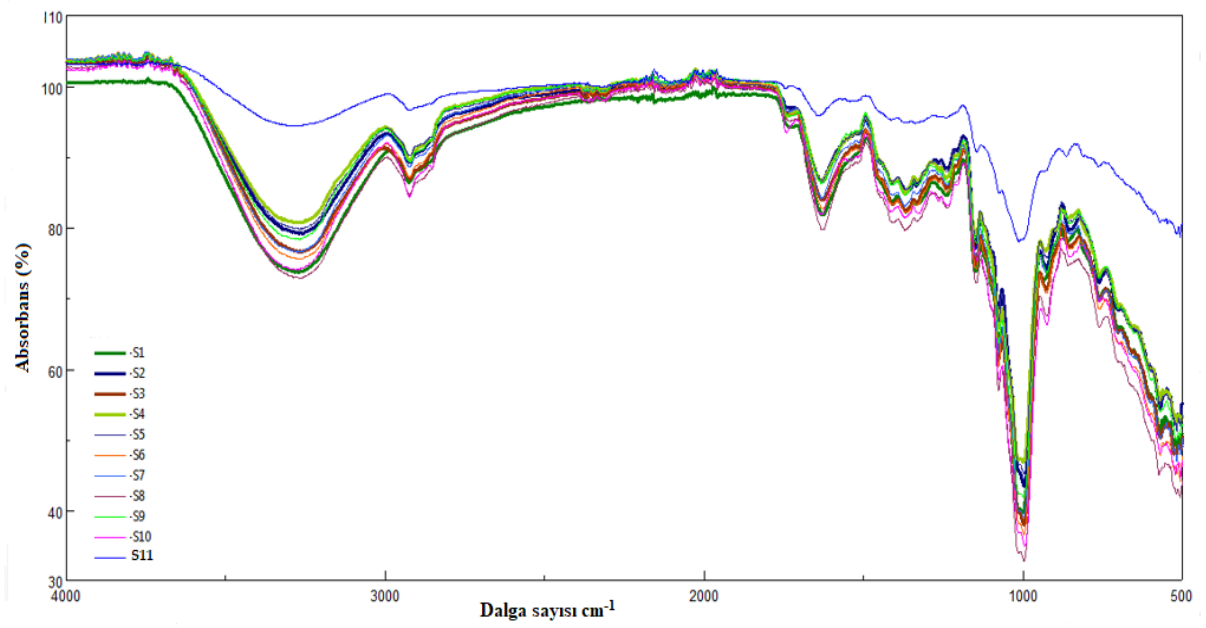
Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. (S1: *Anacamptis pyramidalis,* S2: *Orchis isaura,* S3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* S4: *Orchis morio,* S5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* S6: *Orchis italica,* S7: *Ophrys mammosa,* S8: *Orchis sancta,* S9: *Dactylorhiza euxina,* S10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius, S11: Ticari Salep).

3.1.4 Saleplerin FTIR Ölçümleri

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) spektroskopisi, maddeyi oluşturan atomlar arasındaki bağların titreşimi ile oluşan frekanslar sonucu oluşan absopsiyon pikleriyle,

maddenin organik veya inorganik bileşiklerin karakterize edilmesini sağlayan önemli bir enstrümental analiz yöntemidir. Bu yöntemde her maddenin kendine özgü parmakizi diye tabir edilen spektrumu oluşmaktadır [115]. Salepte bulunan glukomannan içeriğinin tahmininde hiçbir ön işleme tabi tutulmadan kolay ve pratik bir yöntem olarak FTIR spektroskopisi kullanıldığı çalışmalar literatürde mevcuttur [33].

Salep türlerinin her biri için FTIR analiz sonuçları Şekil 3.1'de gösterilmektedir. FTIR sonuçlarına göre salep örneklerin 3500-3000 cm^{-1} arasındaki geniş bant şeker halkalarının hidroksil gruplarının (-OH) varlığını göstermektedir [36]. 3000-2800 cm^{-1} bölgelerindeki pikler C-H gerilmesinin bir göstergesidir [111]. Salep glukomannandaki ester gruplarının asimetrik ve simetrik gerilmesi nedeniyle 1618 ve 1422 cm^{-1}'de iki güçlü pik gözlenmiştir [116]. 1732, 1635, 1413, 1375, 1247, 1151, 1076, 1053, 1027, 873 ve 812 cm^{-1} pikleri ester karbonil grupları (C=O), esas olarak glukomannan asetil grubundan kaynaklı olduğu kaynaklarda belirtilmektedir. 873 ve 812 cm^{-1} piklerinin glukoz ve mannoz olabileceği çalışmalarda belirtilmiştir. Glukomannan içeriğini değerlendirmek için pik alanları ile en güçlü şekilde ilişkilendirilen noktaların literatürde 1732, 1635, 1246, 1154, 1027, 873 ve 812 cm^{-1} olduğu belirtilmiştir [33]. 800 ve 1200 cm^{-1} arası karbonhidratlar için parmak izi bölgesini göstermektedir [111]. Başka bir çalışmada sprektrumdaki glukoz ve mannoz bağlantılı pikler ~870 cm^{-1} ve ~800 cm^{-1}'de rapor edilmiştir [117]. Çalışmada 10 farklı tür salep ve ticari salep örneklerinin literatürle uyumlu pik dalgalarını gösterdiği ve türler arasında belirgin bir fark olmadığı tüm türlerin benzer spektrum pikleri gösterdiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.1 Saleplerin FTIR spektrumları

S1: *Anacamptis pyramidalis,* S2: *Orchis isaura,* S3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris, S4: *Orchis morio,* S5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae, S6: *Orchis italica,* S7: *Ophrys mammosa,* S8: *Orchis sancta,* S9: *Dactylorhiza euxina*, S10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius, S11: Ticari Salep.

3.1.5 Saleplerin Aroma ve Uçucu Bileşenleri

Uçucu bileşikler, hava ile temas sonucu hızı bir şekilde uçucu hale gelen düşük molekül ağırlığına (<300 Da) sahip olup, gıdalarda kilogram başına nanogram-miligram düzeyinde bulunmaktadırlar [119]. Aromatik bileşikler ise, aldehit, asit, ester, hidrokarbon, alkol, terpen ve ketonlar gibi değişik kimyasal özelliklere sahip bileşiklerden oluşmaktadır. Uçucu bileşen ve aromatik bileşiklerin analizlerinde Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrofotometresi (GC-MS) tespitinde katı faz mikroekstraktsiyon (SPME) lifleri kullanılarak uçucu maddelerin analizi 1990'larda bu yana etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır [118]. Katı faz mikroekstraktsiyon (SPME) yönteminin avantajları ucuz, basit, hassas ve solvent gereksiniminin olmamasıdır. Bu sebeplerle uçucu maddelerin incelenmesi ve karakterizasyonu için enstrümantal analiz olan GC-MS'te bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır [119]. Görme, dokunma ve işitme duyuları koku ve tat alma duyularıyla etkileşim halinde olsa da tat (flavor) esas olarak koku ve tat alma duyularından oluşmaktadır [120]. Bu sebeple uçucu bileşenler ve aromatik bileşenler tat ve lezzetin oluşmasında önemli bileşiklerdir. Salep karakteristik tadı ve aroması nedeniyle geleneksel içecek ve dondurmada kullanılmaktadır [7].

Çalışmadaki salep türlerinin uçucu bileşenleri Tablo 3.5'te belirtilmiştir. Salep türlerinin uçucu bileşenlerinin alıkonma zamanları, bileşiğin tanımı ve flavor etkisi Tablo 3.5'te gösterilmektedir. Bileşik tanımları için Arslaner vd. [112] yapmış oldukları çalışmadan faydalanılmıştır [111]. Salep türlerinin hepsinde ortak bulunan uçucu bileşenler n-hekzanal, n-heptanal, n-oktanal, n-dekanal, fenkil alkol, dL-limonen ve etanol olduğu tespit edilmiştir. Nanonal uçucu bileşeni S1, S2, S3, S7, S9, S10, S11 türüne ait saleplerde gözlemlenirken heptadekan uçucu bileşiğine sadece S6, S7, S8, S9, S10 ve S11 kodlu salep örneklerinde rastlanmıştır. Fenol, 4-metil uçucu bileşeni S1 (%8,49), S2 (%5,49), S3 (%5,46), S4 (%6,11) ve S8 (%4,51) kodlu salep türlerinde gözlemlenmiştir. Linalil asetat uçucu bileşeni S7 kodlu salep türü haricinde tüm salep türlerinde olduğu görülmektedir. Benzaldehit (CAS) fenilmetanal uçucu bileşeni S1 (%4,55), S5 (%5,89), S6 (%6,78), S9 (%3,27) ve S11 (%4,37) türlerine ait saleplerde bulunmaktadır. Sadece S1 kodlu *Anacamptis pyramidalis* salep türünde 2-nonanon (%8,41) ve eikosan, 2,4-dimetil (%12,73) uçucu bileşenlerine rastlanmaktadır. Bu uçucu bileşen *Anacamptis pyramidalis* türüne ait salebin lezzet ve beğenisinde etkili olabileceği düşünülebilmektedir.

Salep orkidelerinin tubera olarak uçucu bileşenlerinin tanımlandığı pek fazla çalışma literatürde bulunmamaktadır. Bu çalışma Türkiye'deki yabani orkidelerden elde edilen bu tür salepler için ilk çalışma olması açısından önemlidir. Bazı orkide türlerinin çiçek, yaprak ve köklerinin uçucu bileşenlerinin tespit edildiği çalışmalar literatürde mevcuttur. D'Auria vd. [121] orkidelerin uçucu bileşenlerinin SPME-GC-MS metodu kullanılarak tanımlandığı bir çalışmada *Cephalanthera damasonium, Cephalanthera rubra* ve *Cephalanthera longifolia* orkide türlerinin çiçeklerindeki uçucu bileşenleri araştırmışlardır. *C. damasonium* türüne ait uçucu ana bileşenlerin pentadekan (%7,41), a-farnesen (%4,35), hekzadekan (%7,01) ve heptadekan (%5,92) olduğu bildirilmiştir. [121]. Julsrigival vd. [122] Tayland'da yetişen 4 endemik orkide türü *Rhynchostylis gigantea, Rhynchostylis gigantea* var. Harrisonianum Holtt., *Vanda coerulea* ve *Dendrobium parishii* ait aromatik ve uçucu bileşenlerin tanımlandığı çalışmada salep türlerinin çiçek, yaprak ve köklerinde en fazla bulunan uçucu bileşikleri araştırmış bu bileşenler sırasıyla nerol (%25,42), hekzahidrofarnesil aseton (%26,03) ve heptadekan (%14,93) olarak bildirilmiştir. Aynı çalışmada orkide köklerinin türler arasında sırasıyla 1- metoksi naftalin (%26,32) heptadekan (%25,33) ve 2-pentadekanone (%20,51) en

fazla bulunan uçucu bileşen olarak rapor edilmiştir [122]. Dalar vd. [123] *Dactylorhiza chuhensis* orkide türüne ait yumruların uçucu bileşenlerinin tanımlandığı çalışmada bulunan en fazla bileşenlerin 2-furankarboksaldehit (%9,7), nonadekan (%9,7), siklopentan (%14,8) ve oktadekan (%17,9) olarak tespit etmiştir. Ayrıca 4h-piran-4-bir, 4-vinilfenol, p-kresol, salisialdehit ve oktadekan (% alan ≤ 2) uçucu bileşenlerinin olduğu rapor edilmiştir [123].

Tablo 3.5 Salep türlerinin uçucu bileşikleri

	Bileşen	Alıkonma Zamanı	Bileşik	Flavor Etkisi	Salep Kodu %Alan										
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
1	Eikosan, 2,4-dimetil	25,18	Alifatik Hidrokarbon	Alkan	12,73	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.
2	Fenol, 4-metil	11,54	Fenol		8,49	5,49	5,46	6,11	Te.	Te.	Te.	4,51	Te.	Te.	Te.
3	n-Hezanal	5,71	Karbonil	Yağ, Çim	2,78	3,15	3,53	3,18	3,98	3,5	3,36	3,21	2,76	2,78	2,98
4	n Heptanal	7,58	Karbonil	Yağ, Narenciye, Ransid	3,43	2,93	2,62	2,54	2,86	3,01	2,73	2,58	3,3	2,53	2,55
5	Heptadekan	20,71	Alifatik Hidrokarbon	Alkan	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	3,23	2,88	3,03	2,84	3,11	3,23
6	n-Oktanal	9,61	Karbonil	Yağ, Sabun, Limon, Yeşil	2,99	2,82	3,34	2,8	2,83	3,38	2,87	3,29	2,91	3,01	4,26
7	Nonanal	12,23	Karbonil	Narenciye, Yeşil, Yağ	3,54	3,27	3,36	Te.	Te.	Te.	3,3	Te.	3,04	3,08	3,16
8	Asetik asit	2,95	Asit	Ekşi	7,14	7,52	7,3	7,54	7,11	7,31	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.
9	n-Dekanal	15,04	Karbonil	Sabun, Portakal Kabuğu, İç yağ	3,55	3,22	3,23	3,04	3,25	3,26	3,47	3,24	3,09	3,3	3,15
10	dL-Limonen	10,34	Terpen ve Türevleri	Narenciye, Nane	3,13	3,13	3,04	2,87	3,14	3,02	3,09	3,12	3,05	3,03	3,15
11	Trans-karyofilen	21,61	Terpen ve Türevleri	Odunumsu, Baharatımsı	3,97	Te.	3,63	3,57	3,65	Te.	3,46	3,73	Te.	3,56	3,53
12	Linalil format	12,14	Ester	Narenciye Kişniş	Te.	2,73	2,89	Te.	2,83	Te.	3,36	2,87	2,69	Te.	Te.
13	Linalil asetat	16,44	Ester	Tatlı, Meyvemsi	3,39	3,08	3,56	3,25	2,97	3,16	te.	3,19	3,29	3,2	3,12
14	İzo-valerik asit	6,52	Asit	Tatlı, Asit, Acı	3,51	3,07	3,27	2,95	2,85	3,04	2,79	2,92	3,13	Te.	Te.
15	Fenkil alkol	14,78	Alkol	Kafur	3,79	3,64	3,51	3,33	3,16	3,74	3,27	3,59	2,96	3,33	3,93
16	Etanol	2,20	Alkol	Tatlı, Şekerli	3,33	3,08	3,17	3	2,89	2,56	2,86	2,95	3,03	2,48	2,88
17	2-Nonanon	11,90	Alifatik Hidrokarbon	Sıcak Süt, Sabun	8,41	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.
18	Benzaldehit	8,78	Karbonil	Acı badem	4,55	Te.	Te.	Te.	5,89	6,78	Te.	Te.	3,27	Te.	4,37

Te: Tespit edilmedi. S1: *Anacamptis pyramidalis,* S2: *Orchis isaura,* S3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris, S4: *Orchis morio,* S5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae, S6: *Orchis italica,* S7: *Ophrys mammosa,* S8: *Orchis sancta,* S9: *Dactylorhiza euxina*, S10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius, S11: Ticari Salep.

*Flavor Etkisi tanımlaması "Flavornet and human odor space" (http://www.flavornet.org/flavornet.html (Erişim tarihi 20 Aralık 2022).

3.2 Saleplerin Biyoaktif Bileşenleri

Fenolik bileşikler bitkilerin kimyasal yapılarında bulunan ikincil metabolizma ürünleridir [124]. Orkidelerin içeriğinde polisakkaritler, alkaloid, glikozidler gibi fenolik bileşikler bulunmaktadır [112]. Bitkide bulunan fenolik madde miktarı sıcaklık, UV ışığı, yetiştiği bölge ve genetik çeşitlilik gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir [125].

Salep türleri metanol ve etanol kullanılarak ekstrakte edilen örneklerinin toplam fenolik madde miktarı (TFM) gallik asit cinsinden Tablo 3.6'da gösterilmiştir. TFM gallik asit cinsinden metanol ekstrak 25,84±0,18-5,82±0,14 mg gallik asit eşdeğer (GAE)/g kuru madde arasında değişiklik göstermektedir. Etanol ekstrakları için TFM 26,09±0,18-5,29±0,33 mg GAE/g kuru madde arasında değişiklik göstermektedir. Metanol ve etanol ekstraktları için de TFM en yüksek olan tür S8 kodlu *Orchis sancta* L. türene ait salepte olduğu görülmüştür. TFM türler arasında değişkenlik göstermiş olup sonuçların istatistiksel olarak farklılık gösterdiği sonucuna varılmıştır ($p \leq 0,05$). Saleplerin etanol ekstraktlarının daha fazla TFM'ye sahip olduğu söylenebilmektedir.

Hürkan vd. [1] yapmış oldukları çalışmada 4 farklı çözücü n-hekzan, kloroform, metanol ve su ile ekstrakte edilen altı farklı tür salebin biyoaktif bileşenlerini araştırmışlardır. *Anacamptis morio, Anacamptis pyramidalis, Neotinea tridentata, Ophrys mammosa, Ophrys lutea* ve *Ophrys speculum* türü salep orkidelerinin metanol ile fenolik madde ekstraklarının TFM'ları sırasıyla 11,31±0,79, 9,52±0,32, 4,46±0,19, 37,20±0,51, 13,10±0,86 ve 16,37±0,26 mg GAE/g kuru madde olarak tespit edilmiştir [1]. Kotiloğlu vd. [127] yaptıkları bir çalışmada *Dactylorhiza romana* subsp. Georgica türüne ait toplam fenolik madde miktarını metanol ile ekstrakt ederek 21,40±0,68 mg GAE/g ekstrakt, etanol ile ekstrakt ederek 24,91±0,95 mg GAE/g ekstrakt olarak bulmuştur [126]. Dalar vd. [124] *Dactylorhiza chuhensis* türüne ait fitokimyasal bileşenlerinin araştırıldığı bir başka çalışmada orkidenin farklı kısımlarının kök, yaprak ve tubera (salep) araştırılmış olup orkide türünün yumru kök yapısının toplam fenolik madde miktarı 13,9±0,6 mg GAE/g kuru madde olarak tespit etmişlerdir. Orkide türüne ait antioksidan aktivite özelliklerinin çalışıldığı aynı çalışmada Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi (ORAC) antioksidan aktivite tespit metoduyla çalışılmış olup *Dactylorhiza chuhensis* orkide türünün azdan çoğa doğru salep

yumrusu<kök<çiçek<yaprak antioksidan aktiviteye sahip olduğu sonucuna varılmıştır [123]. Bu sonuç doğrultusunda orkidelerin salep yumrusundan ziyade yaprak ve çiçek kısımlarının daha çok antioksidan aktiviteye sahip olabileceği sonucu çıkarılmaktadır.

Tablo 3.6 Farklı salep türlerinin %80 etanol ve metanol çözeltisindeki biyoaktif bileşenleri

Salep Kodu	TFM (mg GAE/g)		DPPH (%AA)		CUPRAC (mg TE/g)	
	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol
S1	16,29±0,515^{c}	16,62± 0,43^{c}	8,98±1,68^{bc}	9,53±0,77^{bcd}	1,78±0,23^{bc}	1,94±0,08^{cde}
S2	8,09±0,43^{f}	8,91±0,28^{f}	5,61±0,39^{de}	6,43±0,77^{e}	1,37±0,15^{bc}	1,99±0,04^{cde}
S3	18,54±0,24^{b}	21,21±0,39^{b}	6,89±0,64^{cd}	7,39±0,32^{cde}	1,71±0,25^{bc}	2,06±0,09^{cde}
S4	10,29±0,12^{e}	11,82±0,35^{e}	5,61±1,81^{e}	6,89±0,90^{de}	1,16±0,24^{bc}	1,77±0,12^{de}
S5	16,32± 0,51^{c}	16,44±0,51^{cd}	8,71±0,13^{b}	9,03±1,74^{bcd}	3,61±0,14^{a}	3,82±0,81^{bcd}
S6	18,35±0,33^{b}	20,21±0,65^{b}	7,93±0,32^{bc}	9,44±0,64^{b}	1,66±0,47^{bc}	3,27±0,66^{bc}
S7	10,05±0,14^{e}	11,40±0,13^{e}	5,02±0,84^{e}	6,43±0,52^{de}	0,81±0,16^{c}	1,71±0,12^{de}
S8	26,09±0,18^{a}	26,84±0,18^{a}	11,04±1,48^{a}	13,22±0,58^{a}	4,11±0,32^{a}	5,45±0,16^{a}
S9	14,12±0,26^{d}	15,33±0,41^{d}	8,89±0,26^{ab}	9,97±1,29^{cde}	1,93±0,05^{b}	2,08±0,10^{cde}
S10	7,93±0,01^{f}	8,06±0,01^{f}	10,72±0,39^{a}	11,49±1,48^{a}	4,25±0,38^{a}	4,55±0,00^{b}
S11	5,29± 0,33^{g}	5,82±0,14^{g}	6,79±0,77^{cd}	8,40±0,34^{bc}	1,74±0,09^{b}	1,84±0,33^{e}

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda belirtilen farklı harfler $p \leq 0,05$ seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. (S1: *Anacamptis pyramidalis,* S2: *Orchis isaura,* S3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* S4: *Orchis morio,* S5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* S6: *Orchis italica,* S7: *Ophrys mammosa,* S8: *Orchis sancta,* S9: *Dactylorhiza euxina,* S10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius*,* S11: Ticari Salep).

Gıdalarda bulunan toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivitede etkili olup hidroksil grupları hakkında fikir vermektedir. Çoğunlukla gıdaların toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesi arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır [127]. Çalışmada salep türlerine ait DPPH (2.2.-Difenil-1-pikrihidrazil) radikal süpürme

kapasite metoduyla bulunan antioksidan aktivite yüzdeleri metanol ve etanol ekstraktları için sırasıyla %5,02-11,04, %6,43-13,22 arasında değişmektedir. DPPH antioksidan aktivite değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$). Ticari salep DPHH antioksidan kapasite yüzdesiyle S3 kodlu türe ait salebin antioksidan aktivite değerlerinin istatistiksel olarak fark bulunmadığı sonucuna varılmıştır ($p > 0,05$). En yüksek antioksidan aktiviteye sahip salebin %13,22±0,58 ile S8 kodlu salep örneğinde olduğu görülmektedir. CUPRAC (Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite) metoduyla hesaplanan antioksidan aktivite değerleri metanol ve etanol ekstraktları için sırasıyla 0,81-4,25, 1,71-5,45 mg/g kuru madde olarak bulunmuştur. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde S1, S2, S3, S4 ve S6 örneklerinin metanol ekstraklarının CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$). Genel olarak etanol ile ekstrakte edilen örneklerin TFM ve antioksidan aktivitelerinin metanol ekstraktlarına nazaran daha yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır. TFM ve antioksidan kapasitesi en yüksek olan örneğin S8 kodlu *Orchis sancta* türüne ait orkiden elde edilen salep olduğu sonucuna varılmıştır.

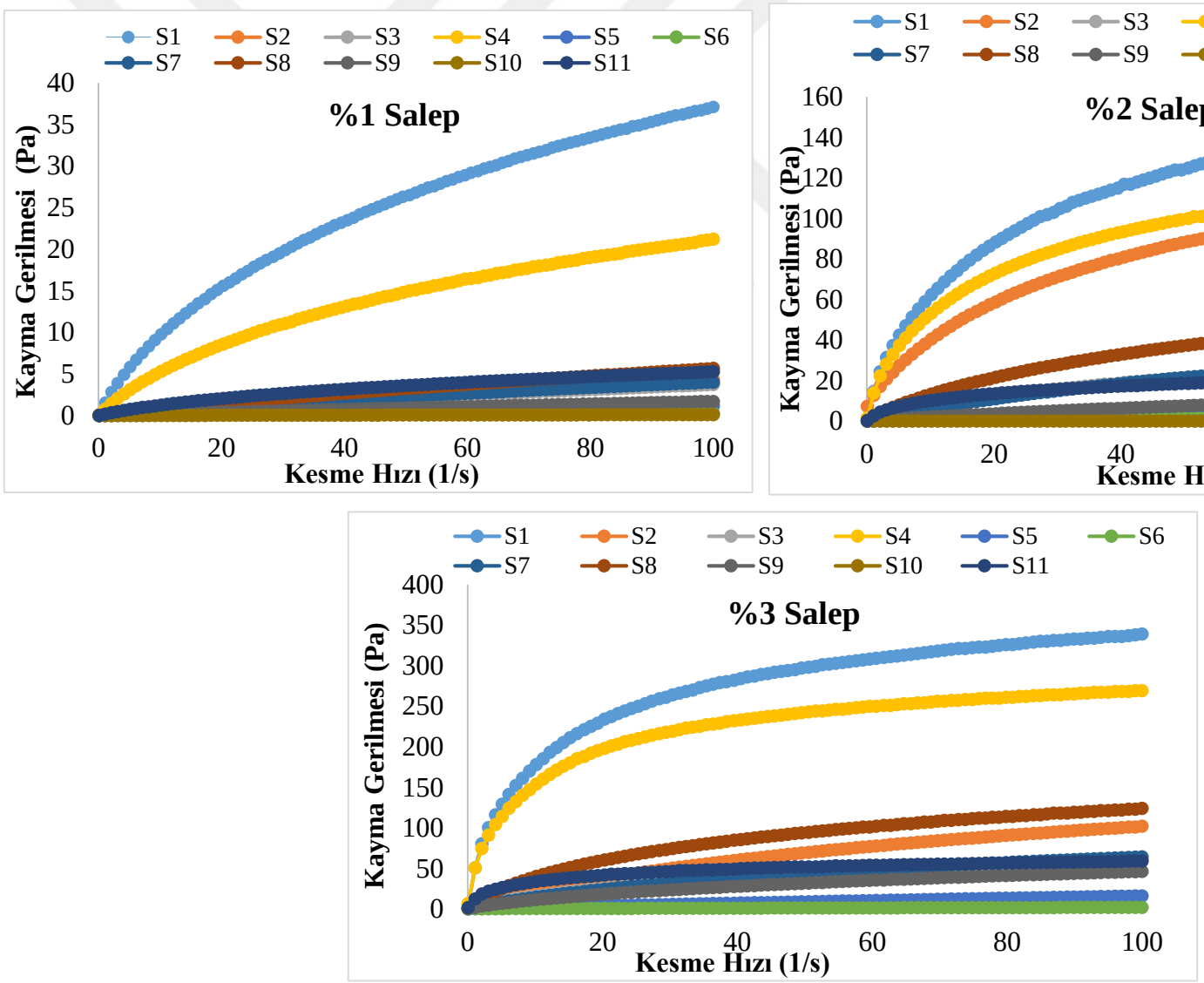
3.3 Salep Sulu Çözeltileri Reolojik Özellikleri

3.3.1 Salep Çözeltilerinin Akış Özellikleri

Yarı katı ve sıvı gıdaların kalitelerinin belirlemesinde reolojik özellikler oldukça önemli bir yere sahiptir. Gıdanın reolojik özellikleri ürünün duyusal özelliklerinin yanı sıra ürünün fizikokimyasal özellikleri hakkında da fikir vermektedir [57]. Reolojik özellikler, kuvvet ve şekil değişikliğinin zamanın bir fonksiyonu şeklinde ölçülmesiyle elde edilmektedir [128]. Tüm hidrokolloidlerde olduğu gibi salepte de viskozite bir kalite kriteri olarak gösterilmektedir [78]. Hidrokolloidler belirli bir konsantrasyonda Newtonyen olmayan akış davranışı göstermektedir [129]. Bir ürünün akış davranış özellikleri ürünün sadece kalite kontrolünde değil, aynı zamanda enerji girdi hesaplamaları, proses tasarımı, ekipman seçiminde özellikle ısı değiştirici ve pompa seçimi hakkında fikir vermektedir [81, 130].

Çalışmada farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin akış davranış özellikleri Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Çalışılan tüm konsantrasyonlarda salep sulu çözeltileri kesme hızındaki artışa karşılık karışımların kayma geriliminde azalma

meydana geldiği ve karışımların akış davranışlarının kayma incelmesi (shear thinning) olduğu görülmektedir (Şekil 3.2). Literatürde su veya süt bazlı salep çözeltileri psödoplastik akış davranışı gösterdiği artan kesme hızıyla viskozitelerinin azaldığı bunun sebebinin zayıf fiziksel bağlar, elektrostatik ve hidrofobik etkileşimlerle, moleküllerin artan hizalanma hızı ve moleküllerin intraksiyonun azalması ile ilgili olduğu belirtilmiştir [7, 34, 75].



Şekil 3.2 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin akış davranış özellikleri

Çalışmadaki salep çözeltilerinin akış davranış parametreleri Güç Yasası (Power Law) modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Gam çözeltilerinin akış davranışını açıklamada Power Law modelinin uygun olduğu daha önceki birçok araştırmada gösterilmiştir [131-134]. Salep çözeltilerinin akış davranış parametleri Tablo 3.7'de gösterilmiştir. Power Law modeline göre determinasyon kat sayısı (R^2) %1-2-3 salep çözeltileri için R^2>0,97 olarak bulunmuştur. Örneğin R^2 değerinin 1'e yakın olması kullanılan modelini uygun ve doğruluğunu göstermektedir. Salep çözeltilerinin kıvam katsayısı (K) ve akış davranış indeksi (n) değerleri Power Law modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Akış davranış indeksinin $0<n<1$ aralığında olması karışımın newtonyen olmayan akış davranışı olan kayma incelmesi (psödoplastik) akış davranışı sergilediğini belirtmektedir. n değerinin 1'e yaklaşması karışımın akış davranışının newtonyen özelliğe yaklaştığını belirtirken, n değerinin 0'a yakın olması psödoplastik akış özelliğine yaklaştığını göstermektedir [135, 136]. Tüm çözeltilerde akış indeks değerinin 1'den küçük olduğu ve newtonyen olmayan psödoplastik akış davranışı sergilediği görülmektedir. K ve n değerleri %1'lik salep çözeltileri sırasıyla 0,003-2,910 Pa.s^n ve 0,558-0,938 arasında değişiklik göstermektedir. %1'lik konsantrasyonda en iyi kıvam özelliğine sahip örneğin S1 kodlu salep örneğinde olduğu görülmektedir. %2 salep çözeltilerinin kıvam katsayıları 0,003-28,810 Pa.s^n aralığında olup akış indeksleri 0,380-0,857 aralığında bulunmuştur. %1'lik konsantrasyondaki çözeltilere kıyasla %2'lik salep çözeltilerinin birçoğunda kıvam katsayılarında belirgin bir artış olmuştur. Yüksek K değerleri üründe daha yüksek görünür viskozite artışına neden olmaktadır [137, 138]. %2'lik konsantrasyonda S1 kodlu örneğin 28,810 Pa.s^n ve S4 kodlu örnek 25,001 Pa.s^n kıvam katsayısı değerinde iken n değerleri sırasıyla 0,558, 0,576 olarak bulunmuş, diğer salep türlerine kıyasla S1 kodlu salebin viskozitesinin daha yüksek olduğu görülmektedir. %3 salep çözeltilerinin K ve n değerleri sırasıyla 0,017-94,143 Pa.s^n ve 0,287-0,897 aralığında bulunmuştur. Salep konsantrasyonu artıkça n değeri azalmış ve özellikle S1 ve S4 kodlu örneklerin düşük konsantrasyonda dahil n değerleri düşük çıkmıştır. Akış indeksi (n) değerinin düşük olması gam çözeltilerinde istenilen viskozite ve ağız hissinin oluşmasında etkili olmaktadır [34, 132]. S5, S6 ve S10 kodlu örneklerin konsantrasyon artışı kıvam katsayında belirgin bir artışa neden olmamış K değerleri sırasıyla 0,256-0,051-0,017 Pa.s^n olarak rapor edilmiştir. Özellikle S1 ve S4 kodlu örneklerin %2'lik konsantrasyona (K değerleri 28,810-25,001 Pa.s^n) kıyasla

%3'lük çözeltilerindeki kıvam artışı dikkat çekmekte %3'lük konsantrasyonda *K* değerleri sırasıyla 94,143-87,059 Pa.s^n bulunmuştur. Bulut Solak vd. [26] *Orchis anatolica* türüne ait salebin farklı konsantrasyonlarda (%0,5, %1,5, %2,0, %2,5) hazırlanan salep çözeltilerinin reolojik özellikleri incelemiş, konsantrasyon arttıkça viskozite değerlerinde artış gözlemlemişlerdir [26]. Benzer şekilde çalışmamızda da S5, S6 ve S10 salep türleri dışındaki diğer salep türlerinde konsantrasyon artışı viskozite artışına sebep olmuştur. S1 ve S4 kodlu örneklerin viskozitelerinin daha yüksek olması sahip olduğu glukomannan içeriklerinin yüksek olması ve hidrojen bağlarındaki güçlü etkileşimlerinden olduğu söylenebilir [134]. Farhoosh ve Riazi [34] yapmış olduğu çalışmada glukomannan içeriği yüksek olan salep türü ile hazırlanan çözeltilerin viskozitesinin, glukomannan içeriği düşük salep ile hazırlanan çözeltilerin viskozitesinden daha yüksek olduğu rapor edilmiştir [34]. Aynı çalışmada iki farklı tür salebin farklı konsantrasyonlar (%2, %3, %4, %5, %6 ve %7) konsantrasyonlarda salep çözeltilerinın konsantrasyonu artıkça kıvam katsayılarında belirgin artış olduğu gözlenmiştir [34]. Kurt vd. [140] tarafından saleplerin görünür viskozitenin glukomannan içerikleriyle doğru orantılı olarak arttığı sonucuna varılmıştır [139]. Karaciğer vd. [78] salep ile farklı gamların (guar, ksantan ve aljinat) çözeltilerinin karışımlarının reolojik özellikleri incelemişlerdir. Salep içermeyen örneklere ek olarak iki farklı salep konsantrasyonda (%0,05 ve %0,1) karıştırarak gam miks oluşturdukları çalışmada salep konsantrasyonu ve gam konsantrasyonu artıkça kıvam katsayılarında artış olduğu rapor edilmiştir [78].

Tablo 3.7 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin Güç Yasası akış davranış parametreleri

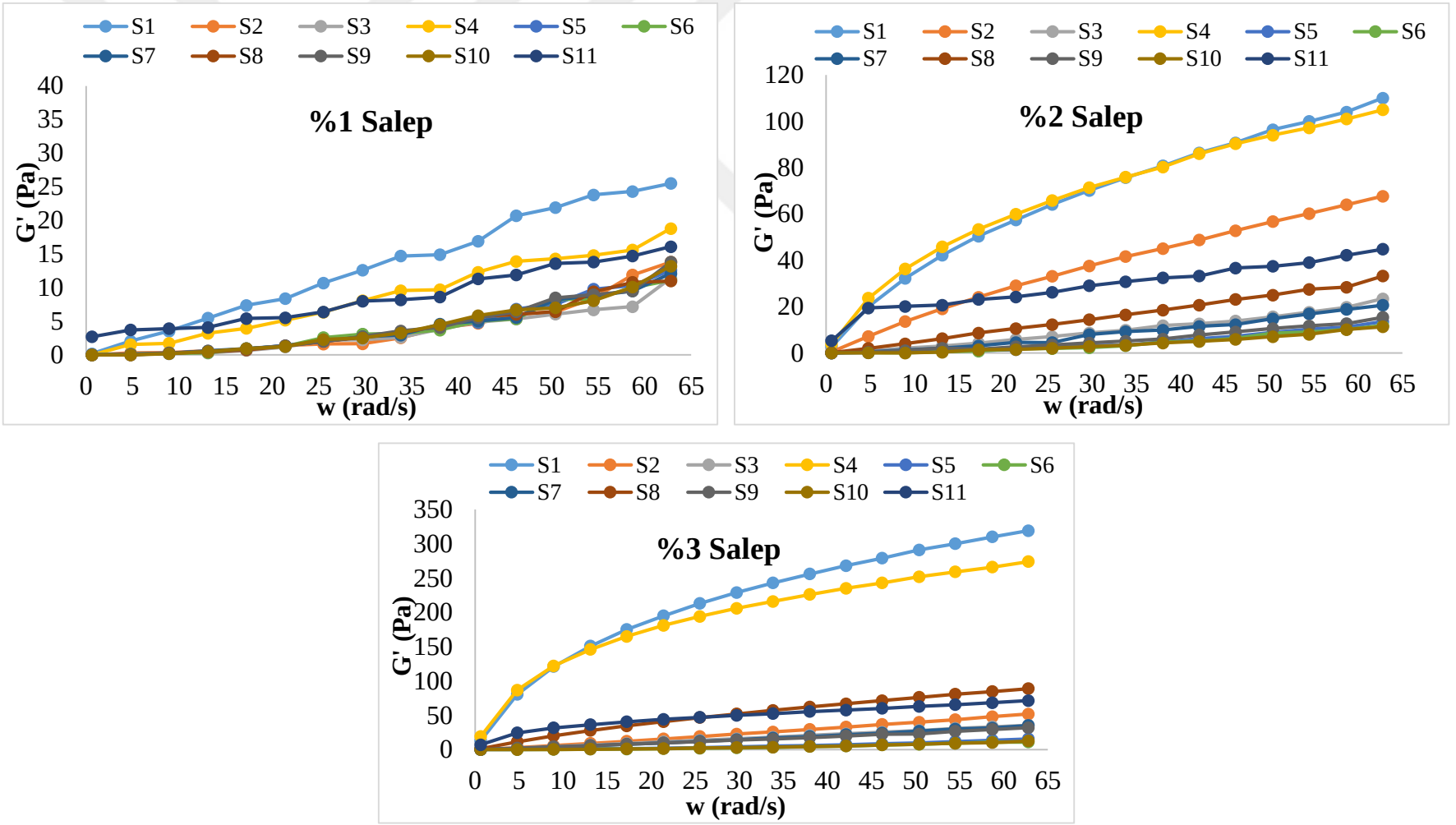
%1 Salep											
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**	**S10**	**S11**
K	2,910	0,050	0,076	1,526	0,015	0,006	0,088	0,121	0,025	0,003	0,344
n	0,558	0,920	0,847	0,576	0,938	0,845	0,833	0,838	0,914	0,801	0,596
R^2	0,998	0,999	0,999	0,998	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,996	0,999
%2 Salep											
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**	**S10**	**S11**
K	28,81	14,50	2,151	25,00	0,238	0,042	1,490	3,928	0,391	0,003	4,655
n	0,380	0,450	0,582	0,347	0,857	0,898	0,677	0,570	0,753	0,837	0,349
R^2	0,990	0,990	0,998	0,991	0,999	0,999	0,999	0,998	0,999	0,996	0,995
%3 Salep											
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**	**S10**	**S11**
K	94,14	5,718	4,752	87,05	0,256	0,051	3,764	14,27	3,023	0,017	18,59
n	0,287	0,631	0,558	0,255	0,897	0,871	0,621	0,475	0,596	0,636	0,257
R^2	0,984	0,998	0,998	0,978	0,999	0,99	0,998	0,996	0,999	0,993	0,987

K: Kıvam katsayısını ($Pa.s^n$), n: Akış davranışı indeks değerlerini göstermektedir. S1: *Anacamptis pyramidalis,* S2: *Orchis isaura,* S3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* S4: *Orchis morio,* S5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* S6: *Orchis italica,* S7: *Ophrys mammosa,* S8: *Orchis sancta,* S9: *Dactylorhiza euxina,* S10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius*,* S11: Ticari Salep.

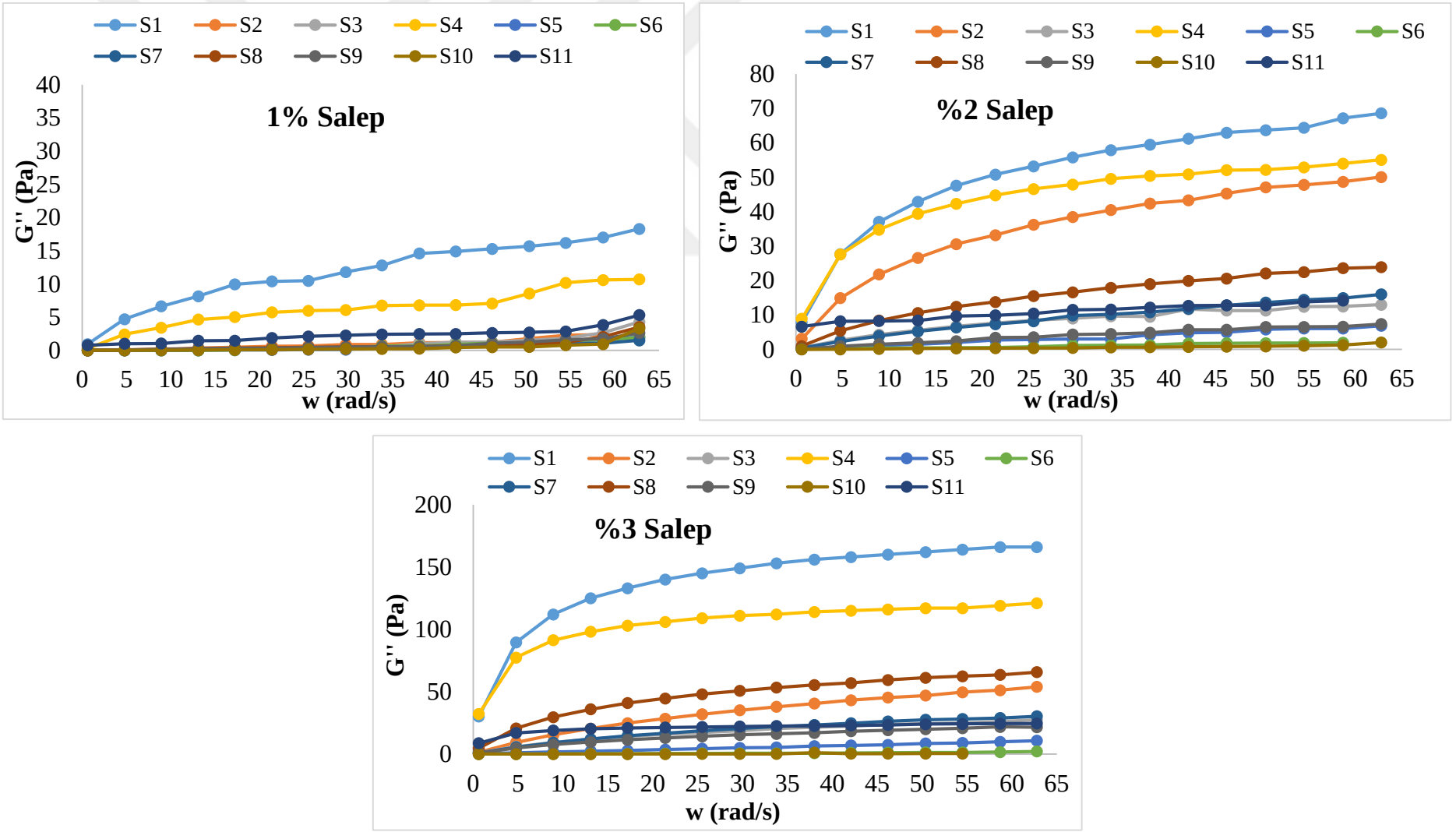
3.3.2 Salep Çözeltilerinin Dinamik Reolojik Özellikleri

Dinamik akış özellikleri salep çözeltilerinin raf ömrü boyunca viskoelastik davranışları hakkında fikir vermek ve duyusal özellikleri hakkında yardımcı olmak amacıyla incelenmektedir [140]. Dinamik akış reolojik testleri gıda sistemlerinin viskoelastik özelliklerinin ölçülmesi için bir araçtır. Süt ürünlerinin emülsiyonlarının tekstür ve yapının tanımlanmasında dinamik reolojik ölçümlerden faydalanılmaktadır [57, 81]. Dinamik reolojik test salep çözeltisinin raf ömrü boyunca viskoelastik davranışları hakkında fikir vermek için yapılmaktadır. Burada kullanılan önemli parametreler; depolama modülü (G', elastik karakteri), kayıp modülü (G", viskoz karakteri) belirtmektedir.

Çalışmadaki salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin depolama modülü (G') Şekil 3.3'te kayıp modülleri (G") Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Dinamik reolojik özelliklerin değerlendirilmesinde Power Law (Güç Yasası) modeli kullanılmış olup modelin akış parametreleri Tablo 3.8'de belirtilmiştir. Artan frekansa karşılık salep çözeltilerinin G' ve G" değerlerinin artması jel benzeri bir akış davranışı sergilediğini göstermektedir [141]. Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'e bakıldığında G" değerlerinin %2 ve %3 konsantrasyonlarında daha yüksek olduğu görülmektedir. %1'lik salep çözeltilerinin sadece S1 ve S4 kodlu örneklerin G">G' olup diğer salep çözeltilerinde bu durum tam tersi olmuştur. Karaman vd. [143] yaptıkları çalışmada salep örneklerinin G" değerlerinin G' değerlerinden daha yüksek olduğunu rapor etmiştir. Bu durumun salep numunelerinin elastik özelliğinin viskoz özelliğe göre baskın olması ve sıvı karaktere yatkın olduğunu belirtmiştirler [142]. %2-3 konsantrasyondaki salep çözeltilerinin G">G' olarak tespit edilmiştir. Saleplerin dinamik akış özelliklerinin viskoelastik sıvı karakterde olduğu zayıf jel formu oluşturduğu söylenebilmektedir. Başka bir çalışmada farklı salep konsantrasyonu ve kazein karışımının dinamik reolojik özelliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada salep çözeltilerinin viskoz modülün elastik modülden yüksek olduğu yapının yumuşak yapıda ve zayıf jel formunda olduğu belirtilmiştir [143]. Bizim çalışmamızdaki salep çözeltileri de literatürle uyumlu akış davranış özellikleri göstermektedir.



Şekil 3.3 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin (0,63-62,80 rad/s) açısal hız değerlerine karşı G' (Pa): Depolama modülü



Şekil 3.4 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin (0,63-62,80 rad/s) açısal hız değerlerine karşı G"(Pa): Kayıp modülü

Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin Power Law modeli kullanılarak lineer olmayan regresyon kullanılarak K′, K″, n′, n″ ve R^2 değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.8'de gösterilmiştir. Tablo 3.8'de görüldüğü üzere R^2 değerleri %1-2-3'lük çözeltileri için R^2>0,89 olarak bulunmuştur. R^2 değerinin yüksek değerlerde olması modelin salep çözeltilerinin dinamik reolojik davranışlarını doğru bir şekilde açıklayabileceğini göstermektedir. Tablo 3.8'den görüleceği üzere örneklerin %1 çözeltileri için K′ ve K″ değerleri sırasıyla 0,00-0,4589, 0,00-2,127 $Pa.s^n$, %2 çözeltileri için K′ ve K″ değerleri sırasıyla 0,00-11,016, 0,00-18,368 $Pa.s^n$, %3 çözeltileri için K′ ve K″ değerleri sırasıyla 0,003-40,953, 0,00-60,579 $Pa.s^n$ olarak hesaplanmıştır. S6 ve S10 dışındaki salep çözeltilerinin konsantrasyonu artıkça *n* değerleri sıfıra yaklaşmıştır. *n′* ve *n″* değerinin 0'a yaklaşması saleplerin katı karakterinin daha ağır bastığını göstermektedir. Bu değerler örneklerin viskoelastik sıvı karakter sergilediğini göstermektedir. Kıvam katsayı artıkça *n* değerinde bir azalma gözlemlenmektedir. Kıvam katsayısı düşük örneklerin *n* değeri daha büyük olduğu görülmek sonuçta *n′* değeri ise akış davranış özelliklerinde de olduğu gibi *K′* değerindeki artış ile azaldığı söylenilebilmektedir.

Tablo 3.8 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin Güç Yasası dinamik reolojik özelliklerine ait parametreler

						%1 Salep					
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**	**S10**	**S11**
K′	0,4138	0,0002	0,0023	0,1826	0,0023	0,0036	0,0026	0,0031	0,0019	0,0022	0,4589
n′	1,004	2,682	2,016	1,110	2,080	1,941	2,032	1,983	2,126	2,081	0,849
R²	0,997	0,994	0,982	0,995	0,997	0,994	0,995	0,994	0,992	0,993	0,972
K″	2,1277	0,0044	0,000002	0,8618	0,00003	0,0005	0,0004	0,000002	0,0001	0,00000004	0,2004
n″	0,514	1,535	3,448	0,594	2,692	2,007	1,988	3,452	2,421	4,282	0,714
R²	0,996	0,985	0,976	0,972	0,997	0,996	0,987	0,929	0,974	0,885	0,891
						%2 Salep					
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**	**S10**	**S11**
K′	8,487	2,404	0,105	11,016	0,004	0,003	0,053	0,406	0,018	0,004	8,401
n′	0,619	0,807	1,289	0,547	1,933	2,002	1,438	1,054	1,628	1,942	0,385
R²	0,999	1,000	0,996	0,999	0,997	0,998	0,997	0,999	0,998	0,998	0,980
K″	17,198	8,470	1,354	18,368	0,120	0,015	0,818	2,595	0,270	0,001	5,376
n″	0,339	0,437	0,552	0,274	0,976	1,203	0,716	0,543	0,801	1,806	0,225
R²	0,989	0,994	0,993	0,978	0,993	0,985	0,999	0,998	0,997	0,955	0,950
						%3 Salep					
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**	**S10**	**S11**
K′	40,953	0,513	0,396	47,247	0,007	0,004	0,265	4,122	0,332	0,003	11,781
n′	0,501	1,113	1,087	0,428	1,872	1,931	1,178	0,744	1,096	1,977	0,429
R²	0,997	0,999	0,999	0,996	0,999	0,997	0,999	0,999	0,998	0,999	0,998
K″	60,579	4,182	2,921	54,899	0,174	0,002	2,632	11,929	2,470	0,000004	12,247
n″	0,257	0,620	0,543	0,200	0,989	1,641	0,596	0,418	0,531	2,982	0,173
R²	0,974	0,998	0,997	0,961	0,999	0,988	0,998	0,994	0,997	0,980	0,974

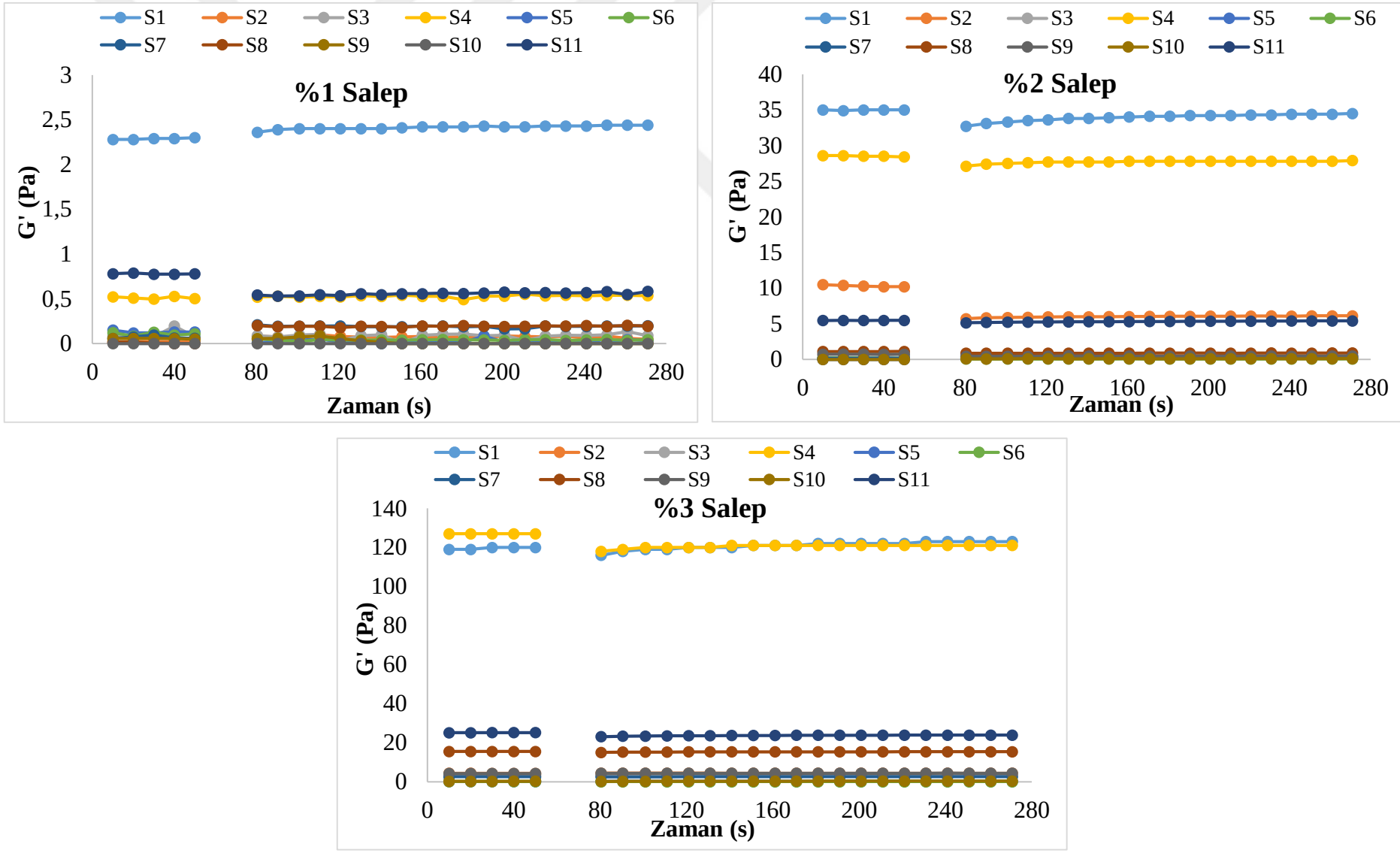
G' (Pa): Depolama modülü, G" (Pa): Kayıp modülü, K' & K": Kıvam katsayısı değerleri, n' & n": Akış davranışı indeks değerleri, ω (1/s): Açısal hız değerini göstermektedir. S1: *Anacamptis pyramidalis,* S2: *Orchis isaura,* S3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* S4: *Orchis morio,* S5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* S6: *Orchis italica,* S7: *Ophrys mammosa,* S8: *Orchis sancta,* S9: *Dactylorhiza euxina,* S10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius*,* S11: Ticari Salep.

3.3.3 Salep Çözeltilerinin 3-ITT Reolojik Özellikleri

Tiksotropi tanım olarak gıdaların zamanla viskozite gibi reolojik özelliklerinin değişimi inceleyen bilimdir [144]. Gıdalar üretim esnasında veya son ürün halinde belirli bir zaman karıştırma, taşıma ve pompalama gibi değişik proseslerden geçmektedir. Proseslerin gıdalardaki etkisi, viskozite değişimi farklı reolojik tekniklerle simüle edilebilmekte, bunlardan biri sabit kesme hızında viskozitedeki değişimin gözlenmesidir. Ancak bu yöntemde ani uygulanan kuvvetlerde gıdanın yapısında meydana gelen deformasyonunun kalıcı olarak mı yoksa geçici olarak mı olduğu hakkında kesin bir bilgi verememektedir [103]. Ani ve lineer viskoelastik bölgenin dışında olan bir deformasyon sonucunda gıdanın yapısında meydana gelen toparlanmayı ifade eden test 3-ITT olarak çalışılmıştır [103, 145].

Üçüncü aralıktaki tüm salep çözeltilerinin akış davranışı Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Farklı salep türleri ve konsantrasyonları ile birlikte tüm salep çözeltilerinin toparlanma eğilimi değişmiştir. En iyi yapısal geri kazanıma sahip örneklerin %2 ve %3 konsantrasyonları için S1 ve S4 kodlu salep türleri olduğu söylenebilmektedir.

İkinci dereceden yapısal kinetik model ile elde edilen parametreler (G_0, G_e, $k\times1000$, G_e/G_0) Tablo 3.9'da gösterilmektedir. %2 salep içeren sulu çözeltiler için G_0, G_e, $k\times1000$, G_e/G_0 değerleri sırasıyla 0,068-37,226, 0,045-2,470, 0,049-23,335, 1,049-61,587 aralığında olduğu bulunmuştur.



Şekil 3.5 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin 3-ITT akış değerleri

Tablo 3.9 Farklı salep türlerini %1-2-3 oranlarındaki salep çözeltilerinin 3-ITT reolojik özelliklerine ait parametler

						%1 Salep					
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**	**S10**	**S11**
G_0	2,361	0,053	0,073	0,521	0,008	0,029	0,166	0,190	0,140	0,016	0,527
G_e	2,470	0,120	2,348	1,124	0,523	0,045	0,207	0,732	0,543	0,082	0,612
K	0,012	0,004	0,000	0,000	0,000	0,023	0,022	0,000	0,000	0,011	0,006
k×1000	11,506	4,341	0,049	0,147	0,346	23,335	22,418	0,075	0,168	10,688	6,020
G_e/ G_0	1,046	2,250	32,171	2,160	61,587	1,558	1,246	3,855	3,873	4,974	1,160
R^2	0,952	0,996	0,223	0,418	0,162	0,972	0,927	0,387	0,969	0,950	0,830
						%2 Salep					
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**	**S10**	**S11**
G_0	37,226	5,598	0,313	26,001	0,209	0,068	0,390	0,869	0,417	0,096	5,127
G_e	39,273	6,199	0,337	27,901	0,221	0,347	0,439	2,258	0,510	0,152	5,573
K	0,017	0,003	0,021	0,014	0,016	0,000	0,035	0,000	0,009	0,004	0,009
k×1000	17,426	3,081	21,322	13,691	16,189	0,231	35,137	0,145	9,267	3,636	8,851
G_e/ G_0	1,055	1,107	1,078	1,073	1,059	5,088	1,125	2,597	1,225	1,577	1,087
R^2	0,995	0,989	0,970	0,988	0,922	0,799	0,982	0,977	0,972	0,946	0,995
						%3 Salep					
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**	**S10**	**S11**
G_0	116,300	4,406	3,108	114,731	0,212	0,006	2,512	14,793	4,303	0,164	22,830
G_e	126,770	4,322	3,911	123,422	0,914	0,000	2,608	15,422	4,379	0,498	24,108
K	0,009	0,007	0,000	0,017	0,000	0,017	0,009	0,006	0,095	0,008	0,028
k×1000	9,415	6,558	0,101	17,499	0,106	17,111	9,224	5,973	95,010	8,167	27,671
G_e/ G_0	1,090	0,981	1,258	1,076	4,312	0,077	1,038	1,042	1,018	3,040	1,056
R^2	0,988	0,914	0,500	0,982	0,454	0,365	0,935	0,927	0,799	0,997	0,994

k: Tiksotropik hız sabiti, G_0 (Pa): Üçüncü zaman aralığındaki ilk elastik modülü, G_e: Denge elastik modülü göstermektedir. S1: *Anacamptis pyramidalis*, S2: *Orchis isaura*, S3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris, S4: *Orchis morio,* S5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae, S6: *Orchis italica,* S7: *Ophrys mammosa,* S8: *Orchis sancta*, S9: *Dactylorhiza euxina*, S10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius, S11: Ticari Salep.

3.4 Dondurma Miksi Analizleri

3.4.1 Dondurma Miksi pH Değerleri

Dondurma misklerinin pH değerleri Tablo 3.10'da gösterilmiştir. Çalışma sonucundaki veriler doğrultusunda dondurma mikslerinin pH ölçümleri 6,39-6,51 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Farklı salep çeşitleri dondurma mikslerinde belirgin bir pH değişimine neden olduğu bu sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p \leq 0,05$). Ancak DK2, DK3, DK4, DK5, DK6 DK7, DK9 ve DK11 kodlu dondurma örnekleri arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Tablo 3.10 Dondurma miksi pH ölçümleri

Dondurma Kodu	pH Değerleri
DS1	$6,39 \pm 0^{d}$
DS2	$6,49 \pm 0,01^{ab}$
DS3	$6,49 \pm 0^{ab}$
DS4	$6,47 \pm 0,01^{ab}$
DS5	$6,48 \pm 0,01^{ab}$
DS6	$6,47 \pm 0,01^{ab}$
DS7	$6,49 \pm 0,01^{ab}$
DS8	$6,39 \pm 0,01^{d}$
DS9	$6,50 \pm 0,01^{ab}$
DS10	$6,51 \pm 0,01^{a}$
DS11	$6,50 \pm 0,01^{ab}$
DK1	$6,45 \pm 0,01^{c}$

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda belirtilen farklı harfler $p \leq 0,05$ seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. (DS1: *Anacamptis pyramidalis,* DS2: *Orchis isaura,* DS3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris, DS4: *Orchis morio,* DS5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae, DS6: *Orchis italica,* DS7: *Ophrys mammosa,* DS8: *Orchis sancta,* DS9: *Dactylorhiza euxina,* DS10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius, DS11: Ticari Salep, DK1: Ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma örneğinibelirtmektedir.).

Kontrol dondurma örneği ve salepli dondurmalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$). Kurt vd. [75] yaptığı bir çalışmada %1 oranında stabilizatör olarak salep kullanılarak ürettikleri dondurma miksinin pH değerini 6,42±0,00 olarak rapor etmişlerdir [75]. Salebin dondurmada %0,08 oranında kullanıldığı başka bir çalışmada dondurma miksinin pH değeri 6,46±0,02 olarak bulunmuştur [32]. Güven vd. [51] yaptıkları çalışmada %1 konsantrasyonda salep kullanılarak hazırlanan dondurma miksinin pH değeri 6,4±0,02 olarak rapor edilmiştir [51]. Sonuç olarak salebin stabilizatör olarak dondurma miksinde kullanılmış olduğu çalışmalarda, pH değerleri literatür ile benzerlik göstermektedir. Salep tür farklılığının dondurma mikslerinde belirgin bir pH değişimi göstermediği sonucuna varılmıştır.

3.4.2 Dondurma Miksi Zeta Potansiyeli (ζ) ve Partikül Boyutu Tespiti

Zeta (ζ) potansiyel değeri molekül parçacıkları arasındaki elektriksel itme kuvvetini ölçerek dondurma emülsiyonlarının stabilitesini tahmin etmek için kullanılan bir değerdir. Bir başka ifade ile zeta potansiyeli dondurmanın uzun süre stabilitesini koruyup koruyamayacağını gösteren bir değer olarak tanımlanabilmektedir. ζ-potansiyeli değeri 0 değerinden uzaklaşması durumu, sistem negatif veya pozitif bir yüke sahip olsun, ürünün uzun süre stabil kalması hakkında fikir vermektedir [145].

Çalışmada farklı salep türleri ve kontrol ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma mikslerinin ζ potansiyel değerleri Tablo 3.11'de gösterilmektedir. Dondurma misklerinin ζ potansiyel değerleri -25,87 mV ile -33,95 mV arasında bulunmuştur. Çalışmadaki örneklerin ζ-potansiyeli değerinin 0'dan yüksek olması ürünlerin stabil olduğunu göstermektedir. ζ-potansiyelinin mutlak değerce en yüksek değere sahip olan formülasyonun uzun süre stabil kalacağı sonucuna varılabilmektedir. Yüksek ζ potansiyeli değerlerinde partiküller arasındaki düşük itme kuvveti nedeniyle topaklanma meydana gelmezken, düşük zeta potansiyeli düşük stabilite anlamına gelmektedir [146]. Farklı türde salep içeren tüm dondurma karışımları, yüksek emülsiyon stabilitesine sahiptir. Zeta potansiyeli analizi, proteinler ve polisakkaritler arasındaki etkileşimi ve yüzey yük

yoğunluğunu belirleyerek emülsiyonun biyopolimer yükünü belirleme de kullanılabilir. Bu çalışmada, yüksek glukoz ve mannoz içeriğine sahip dondurma karışımları, süt proteini ve salep polisakkaritlerinin etkileşimi ile açıklanarak yüksek emülsiyon stabilitesine de sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Laktoferrinin pektin ile kompleksleşmesinin, polisakkarit ilavesinin protein dispersiyonlarının ζ potansiyelinin daha negatif olmasına neden olduğunu açıklayan Bengoechea vd. [147] bu durumun protein ile polisakkaritin kompleksleşmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir [147].

Tablo 3.11 Dondurma miksi zeta potansiyeli değerleri

Dondurma Kodu	Zeta Potansiyeli (mV)
DS1	-26,63±0,77^{b}
DS2	-27,63±1,73^{b}
DS3	-30,25±0,25^{bc}
DS4	-26,74±1,12^{b}
DS5	-28,95±0,15^{bc}
DS6	-29,78±2,62^{bc}
DS7	-29,45±0,72^{bc}
DS8	-31,43±1,00^{bc}
DS9	-30,50±0,10^{bc}
DS10	-33,95±0,15^{c}
DS11	-27,02±0,95^{b}
DK1	-25,87±1,27^{a}

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda belirtilen farklı harfler p≤0,05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. (DS1: *Anacamptis pyramidalis,* DS2: *Orchis isaura,* DS3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris, DS4: *Orchis morio,* DS5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae, DS6: *Orchis italica,* DS7: *Ophrys mammosa,* DS8: *Orchis sancta,* DS9: *Dactylorhiza euxina,* DS10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius, DS11: Ticari Salep, DK1: Ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma kodlarını belirtmektedir.).

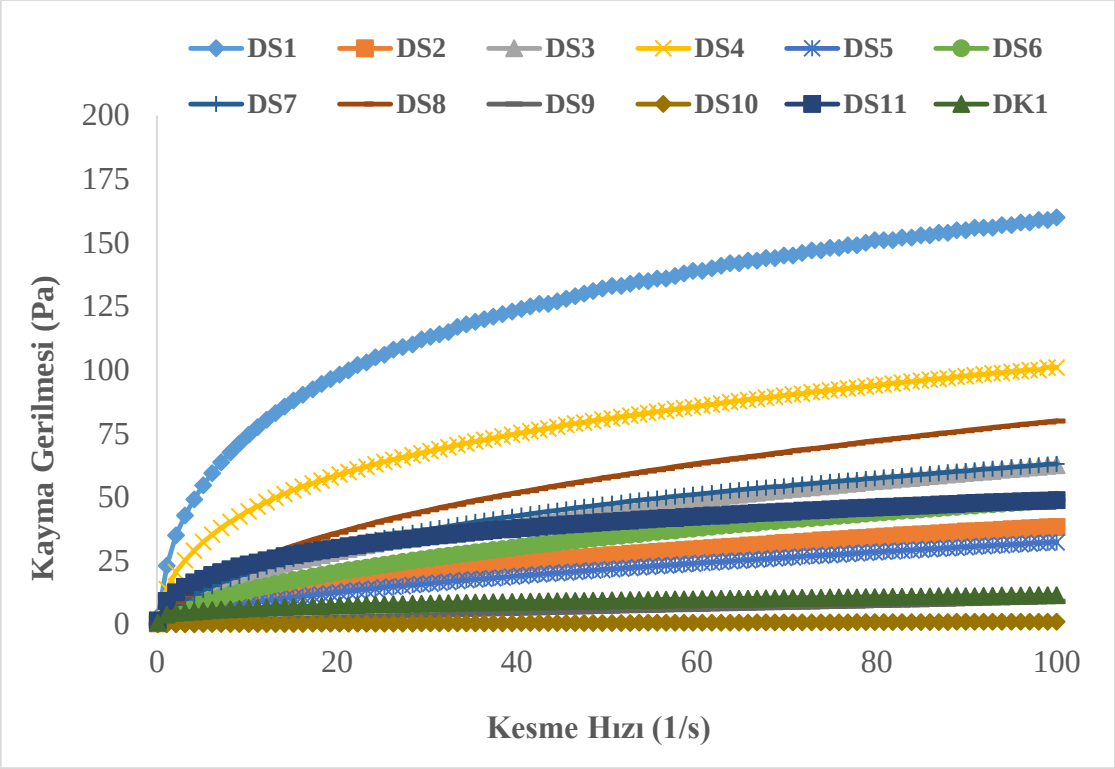
3.4.3 Dodurma Miksi Reolojik Analizler

3.4.3.1 Dondurma Mikslerinin Akış Özellikleri

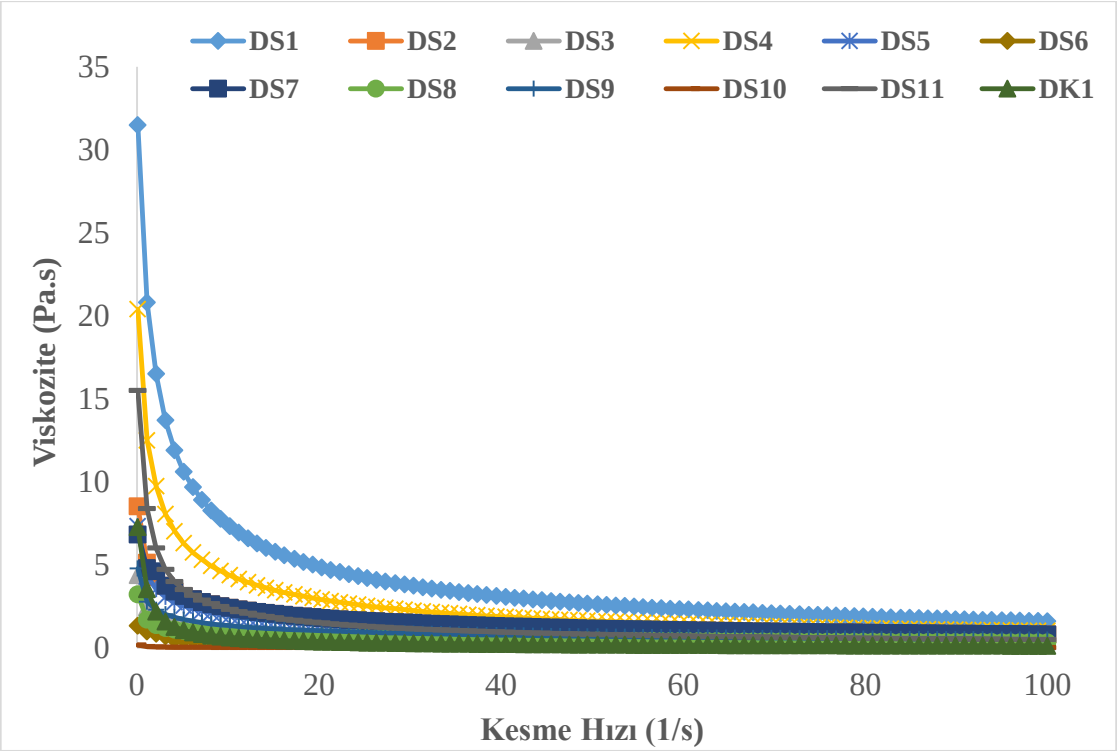
Karışımların sürekli sistemlerde proses ekipmanlarından veya borulardan geçmesi gerektiği için karışımın akış davranışı hakkında bilgi sahibi olmak gereklidir. Bu sebeple karışımların akış davranışlarını reolojik çalışmalarla incelemek oldukça önemlidir. Çalışmada stabilizatör olarak 11 farklı çeşit salep kullanılmış kontrol olarak ksantan gam tercih edilmiştir. Ksantan gam gıda endüstrisinde kıvam artırıcı ve stabilizatör olarak yaygın kullanılmaktadır. Sahip olduğu sudaki yüksek çözünürlüğü, kıvam özellikleri, düşük miktarlarda yüksek viskozite göstermesi, geniş pH ve sıcaklık aralığındaki kararlı yapısını koruması gibi özellikleri tercih edilmesinde etkili olmuştur [148, 149].

Çalışmada Şekil 3.6'da belirtilen akış eğrilerinden dondurma karışımlarındaki salep türlerinin akış davranış özellikleri gösterilmiştir. Tüm dondurma örnekleri için, dondurma karışımlarının kesme hızındaki artışa karşı karışımların kayma geriliminde azalma meydana geldiği görülmektedir. Dondurma karışımlarının akış davranışı kayma incelmesi (shear thinning) olarak belirlenmiştir. Şekil 3.7'de gösterilen grafikte artan kayma hızı ile tüm numunelerin viskozitesinin azaldığı gösterilmektedir. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi, tüm dondurma karışımları açık bir şekilde psödoplastik (kayma incelmesi) akış davranışı sergilemiştir. Viskoziteki azalma yapıdaki zincirlerin parçalanması ve moleküller arasındaki etkişimle açıklanabilmektedir. Başlangıçta moleküller rastgele halde olup, bu durum daha düşük kesme hızlarında daha yüksek viskoziteye neden olmaktadır [150]. Karışımın işlenmesinde kayma incelmesi davranışı pompa boyutunun seçiminde önemli bir parametredir [151]. En yüksek viskozite değeri ise S1 salep ile hazırlanan DS1 kodlu dondurma karışımına ait olduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 3.6'da gösterilen akış eğrisi ve akış davranışı daha önceki çalışmalarda yapılan akış davranış modelleriyle benzer sonuçlar göstermiştir [150, 152]. Dondurma karışımı için beklenen akış davranışı kayma incelmesi akış özellikleri bütün örneklerde görülmüş ve bu davranış, kesme hızının artması sırasında kümeleşmiş yapıların parçalanması ile ilişkilidir. Kaya ve Tekin [82] yapmış oldukları çalışmada, homojenize dondurma karışımındaki damlacık yüzeyinde kısmen

parçalanmış misel kazein kompleksin katılmasıyla farklı salep konsantrasyonlarına sahip dondurma karışımları için kesme incelmesi akış davranışını belirlemişlerdir [82]. Kuş vd. [93] %0,5-1,5 salep konsantrasyonlarındaki dondurmanın reolojik özelliklerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada azalan salep konsantrasyonlarına bağlı olarak tiksotropik yapının azaldığı ve bir değerden sonra kırıldığını rapor etmişlerdir. Örneklerin bir değerden sonra kesme incelmesi akış tipini sergilediği sonucuna varmışlardır [93].



Şekil 3.6 Farklı tür salep içeren dondurma örneklerinin akış davranış özellikleri



Şekil 3.7 Farklı tür salep içeren dondurma örneklerinin viskozite özellikleri

11 farklı tür salep ve ksantan gamın kontrol olarak üretilen dondurma miksleri için uygun *K*, *n* ve determinasyon katsayısı (R^2) hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 3.12'de gösterilmiştir. Power Law modeline ait R^2 değerleri 0,99-1,00 arasında değişmektedir. R^2 değerinin 1'e yakın olması analiz sonucunda elde edilen deneysel verilerin modele uygunluğunu ve doğruluğunu göstermektedir. Dondurma formülasyon özelliklerine göre *K* ve *n* değerleri farklılık göstermiş olup, değerler sırayla 0,03-35,08 $Pa.s^n$ ve 0,33-0,80 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca *n* değerlerinin 1'den küçük olması, tüm dondurma karışımlarının Newtonyen olmayan psödoplastik akış davranışı sergilediğini göstermektedir. Dondurma örnekleri çoğunlukla $0<n<1$ aralığında akış indeksine sahip olmakta ve kayma incelmesi (psödoplastik) akış davranışı göstermektedir. Bu da dondurmanın düşük kesme hızındaki işleme koşullarında, sistem özelliklerinin kararlılığını koruyacağı karışımın daha kolay pompalanmasını ve istenen doku ve ağız hissini oluşturacağını göstermektedir [93, 109, 153, 154]. Dondurmaya farklı çeşitlerde salep eklenmesinin dondurma miksinin akış davranışını etkilemediği görülmektedir. Dondurma karışımlarının kıvam katsayısı *K* değeri, dondurmanın erime direncini ve tekstür özelliklerini gösteren en önemli parametre olup

örneklerin *K* değerleri istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Hazırlanan dondurma karışımlarının akış davranışı reolojik özelliklerine bakıldığında Tablo 3.10'da en düşük kıvam katsayısı *K* değeri, en yüksek *n* değerine sahip formülasyonun 0,03 Pa.s^n ve 0,80 ile 10S kodlu saleple hazırlanan DS10 nolu dondurma miksi olduğu görülmektedir. Bu sonuç Şekil 3.6'da akış eğrileri de benzer şekilde gösterilmiştir. S1 en yüksek *K* değerini (35,08 Pa.s^n) ve en düşük *n* değerini (0,33) göstermiştir. S1 türüyle hazırlanmış DS1 kodlu dondurmanın diğer formülasyonlardan daha güçlü psödoplastik karakter gösterdiği söylenebilmektedir. Kıvam katsayısı *K* değeri ile toplam glukomannan içeriği arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır ($p=0,78$). Yüksek glukomannan içeren numuneler daha yüksek *K* değerine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Tekinşen ve Güner [13] yapmış oldukları bir çalışmada yüksek glukomannan içeriğine sahip salep örneklerinin daha yüksek viskozite gösterdiğini bildirmiştir [13].

Dondurma karışımının *K* değerlerinin salep türlerine göre değişmektedir. Kontrol dondurma karışımının akış davranışını kıyasladığımızda kontrol dondurmanın kayma incelmesi akış davranışı S1, S4, S8 ve S11 türüne ait salepler kullanılarak reolojik olarak iyileştirilebilir. Bu sonuç, salep türlerinin glukomannan içeriği ile süt proteinleri arasındaki etkileşimden kaynaklanıyor olabilmektedir [94]. Bu nedenle bazı salep türleri (S1, S4, S8 ve S11) dondurmada reolojik özelliklerin iyileştirilmesi için kullanılabilir. Türkmen vd. [95] yaptıkları bir çalışmada farklı salep türleri kullanarak ürettikleri dondurmaların reolojik sonuçlarını değerlendirdiklerinde yüksek glukomannan içeren salep ile üretilen dondurma karışımlarının *K* değerlerinin daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır [95].

Viskozite, akmaya karşı oluşan direnç olarak tanımlanmaktadır. Dondurma karışımlarının viskozitesi ne kadar yüksek ise karışımı dondurma ve havalandırma prosesleri için o kadar enerji gereksinimi oluşmaktadır [155]. Dondurma karışımlarının en önemli reolojik özelliklerinden biri viskozitesidir. Tüm dondurma miksleri $n<1$ olması psödoplastik yani newtonyen olmayan akış gösterdiğini ifade etmektedir. Bu davranışın sistemde etkili olan moleküllerin gruplaşmasından kaynaklanabileceğini göstermektedir [135]. Dondurma karışımlarının *n* değerinin 1'e yaklaşması akış davranışın newtonyen akış tipine

yaklaştığını, 0'a yaklaşması ise psödoplastik yani dondurma da istenen akış davranışına yaklaştığını göstermektedir.

Tablo 3.12 Dondurma mikslerinin akış davranış reolojik özelliklerine ait parametreler

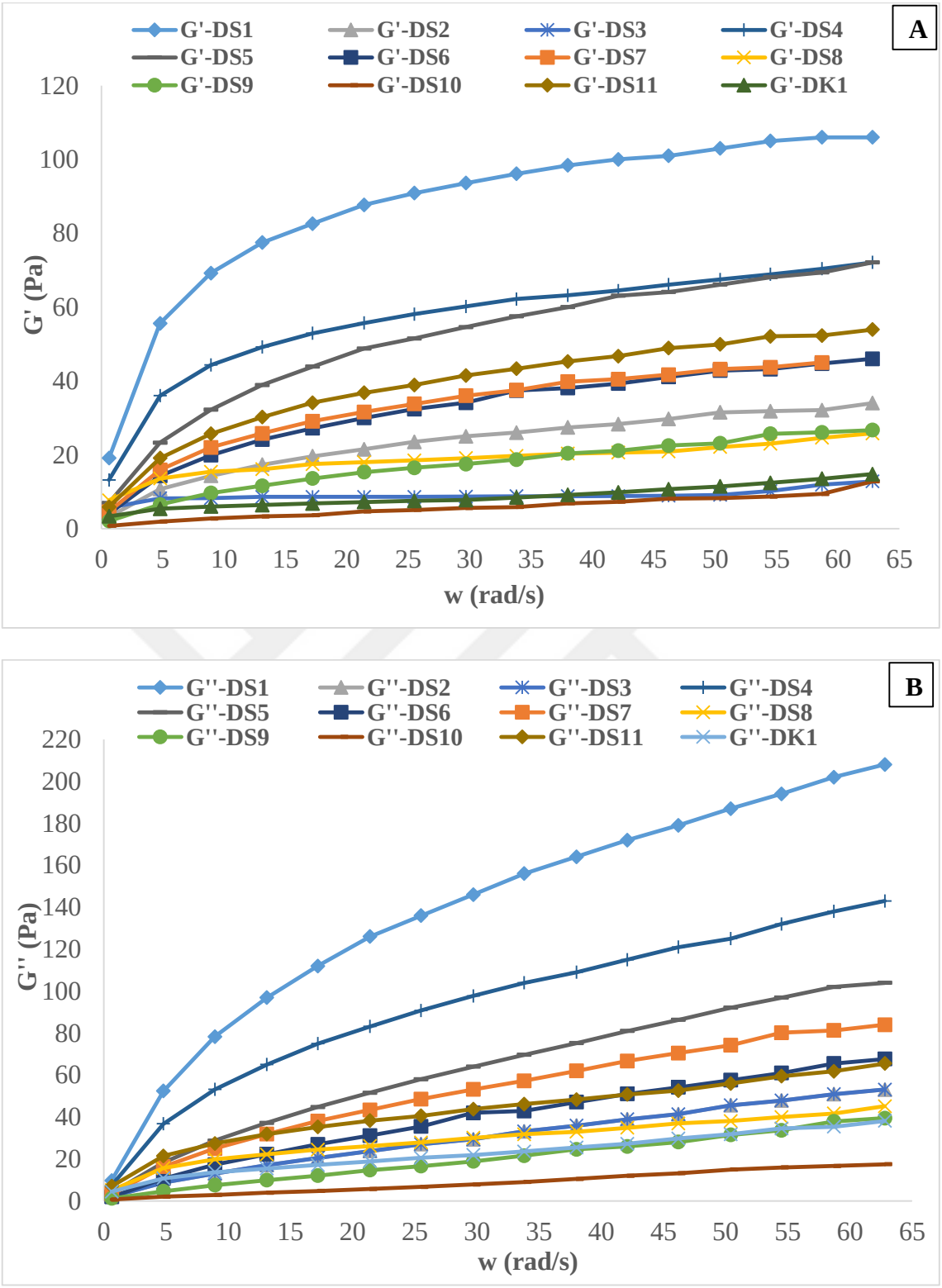
Dondurma Kodu	K (Pa.s^n)	n	R^2
DS1	35,08±0,02	0,33±0,00	0,99±0,00
DS2	7,89±0,00	0,51±0,01	0,999±0,00
DS3	3,34±0,00	0,53±0,00	0,999±0,00
DS4	19,57±0,03	0,36±0,00	0,999±0,00
DS5	6,43±0,00	0,50±0,00	0,999±0,00
DS6	0,29±0,00	0,74±0,02	0,999±0,00
DS7	7,19±0,00	0,48±0,00	0,999±0,00
DS8	2,10±0,00	0,59±0,03	0,999±0,00
DS9	3,95±0,00	0,55±0,00	0,999±0,00
DS10	0,03±0,00	0,80±0,02	0,999±0,00
DS11	11,35±0,00	0,34±0,01	0,999±0,00
DK1	3,39±0,00	0,46±0,00	0,999±0,00

K: Kıvam katsayısını (Pa.s^n), n: Akış davranışı indeks değerlerini göstermektedir. Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. (DS1: *Anacamptis pyramidalis,* DS2: *Orchis isaura,* DS3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* DS4: *Orchis morio,* DS5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* DS6: *Orchis italica,* DS7: *Ophrys mammosa,* DS8: *Orchis sancta,* DS9: *Dactylorhiza euxina,* DS10*: Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius*,* DS11: Ticari Salep, DK1: Ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma kodlarını belirtmektedir.)

3.4.3.2 Dondurma Mikslerinin Dinamik Reolojik Özellikleri

Dondurma katı ve sıvı özellik gösteren yapıya sahip bir ürün olması sebebiyle viskoelastik özellik göstermektedir. Maddenin deformasyon özelliğini anlamak için iki tür ölçüm kullanılmaktadır; katı maddeler için mekanik ölçümler sıvı maddeler için reolojik ölçümler kullanılmaktadır [156]. Çalışmada uygulanan frekans tarama testi bize dondurma örneklerinin ağızda çiğneme esnasındaki viskoelastik davranışı ile simüle edebilir, bu da farklı glukoz ve mannoz içeriğine sahip farklı salep türlerinin dondurma kalitesi üzerindeki etkisini kapsamlı bir şekilde belirlemeye yardımcı olmaktadır [136].

Farklı türde salep içeren dondurma karışımlarının dinamik reolojik özellikleri Şekil 3.8'de gösterilmektedir. Ölçümlerde açısal frekansın bir fonksiyonu olarak depolama (G') ve kayıp (G") modülünü içeren viskoelastik özellikle tanımlanmıştır. Artan frekan ile örneklere ait G' ve G" değerlerinin artması dondurmadaki jel benzeri bir akış davranışının kanıtıdır [141]. Grafiklerden Şekil 3.8 incelendiğinde örneklerin tamamının G" değerinin G' değerinden fazla olduğu gözükmektedir. Bu durum dondurma örneklerindeki sıvı karakterin katı karakterden daha baskın olduğunu göstermektedir. Dondurma karışımlarındaki açısal hızdaki (w) artış G' değerlerinin azalan bir artışa neden olduğu görülmekte bu da örneklerin viskoelastik sıvı karakter yapısında olduğu söylenebilmektedir. Depolama modül G' değeri, örneğin katı karaktere benzer bir davranışı temsil ettiğini göstermekte ve dondurmanın katı ve sertliği ile ilişkilendirilmekte, kayıp modül G" değeri ise, dondurmanın sıvı karakteri akışkanlığını ve kaşıklanabilirlik özelliği hakkında değerlendirmede yardımcı olmaktadır [157]. Kurt vd. [142] yapmış oldukları çalışmada salep içerikli dondurma karışımlarının jel benzeri akış davranışının öncelikle elastik davranışla kanıtlandığını ve tüm frekans aralığı boyunca hiçbir geçiş noktası olmadığını bildirmiştir [141]. Ayrıca, DS1 ve DS4 dondurma örnekleri, en yüksek glukoz ve mannoz miktarına sahip olup en yüksek G' değerlerine sahiptirler.



Şekil 3.8 Farklı bir salep içeren dondurma örneklerinin açısal hız değerlerine karşı G' (A) ve G" (B) değerleri (G' (Pa): Depolama modülü. G" (Pa): Kayıp modülü)

Çalışmada dinamik reolojik değerleri olan K', K", n' ve n" değerleri Power Law modeli kullanılarak hesaplanmış olup Tablo 3.13'te değerler gösterilmektedir.

Modelin determinasyon katsayısı R^2 değerleri 0,97-0,98 arasında bulunmuştur. Bu değer kullanılan modelin uygunluğunu göstermektedir. Tablo 3.13'te görüldüğü üzere örneklerin K' ve K" değerleri sırasıyla 0,29-25,97 Pa.s^n ve 0,47-36,95 Pa.s^n aralığında; n' ve n" değerleri sırasıyla 0,43-0,99 ve 0,13-0,74 aralığında bulunmuştur. Salep ile hazırlanan dondurma karışımlarında K' değerlerinin K" değerlerinden düşük olduğu, %0,4 ksantan gam ile hazırlanan kontrol örneği dondurma karışımında ise tersi bir sonuç olduğu yani K' değerlerinin K" değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. K' değeri kontrol dondurmadan yüksek olan salepli dondurmaların ksantan gamdan daha etkili bir stabilizatör olduğu kıvam katsayılarına bakılarak söylenebilir. Tüm dondurma örnekleri farklı K' ve K" değerlerine sahiptir. K' ve K" değerleri en yüksek olan dondurma karışımı DS1 (glukoz: 22,9 g/100g ve mannoz:15,8 g/100g), en düşük olan dondurma karışımı ise DS10 kodlu dondurma örneğidir. Bunun nedeninin, başta glukomannan içeriği olmak üzere salep türlerinin farklı kimyasal bileşimlerinden kaynaklandığı söylenebilir [34].

Tablo 3.13 Dondurma mikslerinin dinamik reolojik özelliklerine ait parametreler

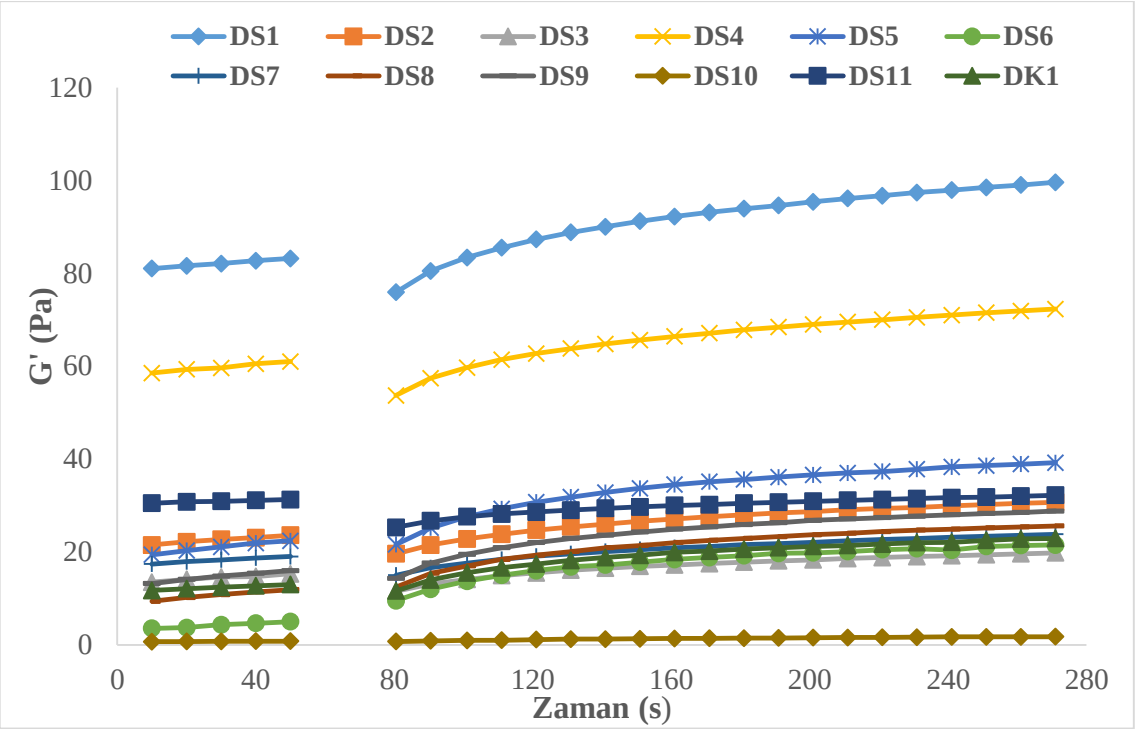
Dondurma Kodu	$G' = K'(\omega)^{n'}$			$G'' = K''(\omega)^{n''}$		
	K'	n'	R^2	K'	n'	R^2
DS1	25,97±0,09	0,1±0,01	0,99±0,00	36,95±0,10	0,27±0,00	0,98±0,00
DS2	2,50±0,00	0,74±0,02	0,999±0,01	5,33±0,01	0,45±0,00	0,99±0,03
DS3	4,29±0,00	0,69±0,01	0,999±0,00	5,93±0,00	0,13±0,00	0,78±0,03
DS4	17,02±0,02	0,51±0,00	0,99±0,00	23,00±0,06	0,28±0,01	0,999±0,02
DS5	6,63±0,01	0,67±0,01	0,999±0,00	13,15±0,02	0,41±0,01	0,999±0,00
DS6	3,76±0,03	0,70±0,01	0,999±0,00	7,58±0,01	0,44±0,02	0,999±0,02
DS7	6,27±0,01	0,63±0,02	0,999±0,01	9,18±0,01	0,22±0,01	0,96±0,01
DS8	7,20±0,06	0,43±0,02	0,99±0,00	9,28±0,01	0,40±0,00	0,99±0,00
DS9	0,88±0,00	0,91±0,03	0,999±0,00	2,90±0,00	0,54±0,00	0,999±0,01
DS10	0,29±0,00	0,99±0,00	0,999±0,01	0,47±0,00	0,74±0,01	0,94±0,00
DS11	9,89±0,02	0,44±0,00	0,999±0,00	11,24±0,02	0,38±0,02	0,99±0,00
DK1	3.58±0.00	0.56±0.02	0.99±0,00	1,92±0,00	0,46±0,04	0,98±0,00

G' (Pa): Depolama modülü, G" (Pa): Kayıp modülü, K' & K": Kıvam katsayısı değerleri, n' & n": Akış davranışı indeks değerleri, ω (1/s): açısal hız değerini göstermektedir. Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. (DS1: *Anacamptis pyramidalis,* DS2: *Orchis isaura,* DS3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* DS4: *Orchis morio,* DS5*: Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* DS6: *Orchis italica,* DS7: *Ophrys mammosa,* DS8: *Orchis sancta,* DS9: *Dactylorhiza euxina,* DS10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius*,* DS11: Ticari Salep, DK1: Ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma kodlarını belirtmektedir.)

3.4.3.3 Dondurma Karışımlarının 3-ITT Tiksotropik Akış Davranışı

Üçüncü aralıktaki tiksotropik davranış (3-ITT) modeli örneklerin homojenizasyon veya pompalama gibi proses uygulamaları esnasında gerçekleşebilecek ani deformasyon sonrasında ürünün viskoelastik karakterini geri kazanıp kazanamayacağı hakkında fikir vermektedir. Bir başka ifade ile bu test ile dondurma karışımlarının ani ve doğrusal olmayan deformasyonunu simüle edilmiş olup, dondurma karışımlarının yapısal geri kazanımı hakkında bilgi vermek amaçlanmıştır.

Şekil 3.9'te gösterildiği üzere üçüncü aralıktaki tüm dondurma karışımlarının tiksotropik davranış sergilediğini söylenebilmektedir. Farklı salep türleri ile birlikte tüm dondurma karışımlarının yapısal toparlanma eğilimi Şekil 3.9'da görüldüğü üzere değişiklik göstermiştir. Dondurma karışımlarının tiksotropik özelliklerinin yanında DS10 en düşük yapısal geri kazanıma sahip dondurma örneği olup, DS1 kodlu dondurma karışımı en yüksek geri kazanıma sahiptir. Düşük yapısal geri kazanım, homojenizasyon veya pompalama gibi gıda işleme sırasında deformasyonlar sonrasında orijinal yapıya hızlı bir şekilde geri döndürülememesi anlamına gelmektedir [158, 159]. Farklı salep türleri ile hazırlanan dondurma örneklerinin ve üçüncü aralıkta geri kazanılabilir özelliklerinin Atik vd. [105] yapmış olduğu çalışmada soğuk pres chia tohumu yağı atığının stabilizatör olarak kullanıldığı dondurma örneklerinin tiksotropik davranışının arttırılmasına ilişkin önceki bulgularla benzer olduğu rapor edilmiştir [104]. Çalışma sonucunda, salebin stabilizatör olarak dondurma karışımının hızlı deformasyonun ardından tiksotropik davranışı gösterdiği söylenebilmektedir.



Şekil 3.9 Farklı salep türü içeren dondurma örneklerinin 3-ITT reolojik davranış özellikleri

İkinci dereceden yapısal kinetik model ile elde edilen parametreleri G_0, G_e, k×1000, G_e/G_0) Tablo 3.14'te gösterilmiştir. G_0, G_e, k×1000, Ge/G_0, R^2 değerleri sırasıyla 0,57-72,20, 2,46-108,92, 8,07-20,85, 1,43-4,32 ve 0,99-1,00 olarak bulunmuştur. Tablo 3.14'teki değerlere bakılarak G_e/G_0 oranı ne kadar büyük olursa, örneğin toparlanma eğilimi o kadar hızlı olacağını söylenebilmektedir. Dondurma karışımlarından DS1 kodlu dondurma en yüksek G_0, G_e, k×1000, G_e/G_0, değerlerini göstererek, DS1 kodlu dondurma en yüksek tiksotropik davranışı gösterdiğini gösterdiği sonucuna varılmıştır. Tiksotropik hız sabiti değeri ne kadar yüksekse, dondurmanın tekrar eski hale gelmesi toparlanması o kadar yüksek olur diyebiliriz. Bu sonuçlar doğrultusunda salebin dondurma karışımlarının geri kazanılabilir özelliklerini iyileştirmek için uygulanabileceği ancak salep türünün seçiminin geri kazanılabilir özellikleri etkileyebileceği sonucunu varılmıştır.

Tablo 3.14 Dondurma mikslerinin 3-ITT reolojik özelliklerine ait parametreler

Dondurma Kodu	G_e	G_0	k×1000	G_e/G_o	R^2
DS1	108,92±0,11	72,20±0,14	13,63	1,51	0,999±0,00
DS2	34,10±0,03	15,18±0,00	20,13	2,25	0,99±0,00
DS3	22,94±0,09	10,14±0,01	14,15	2,26	0,999±0,00
DS4	79,66±0,02	50,95±0,10	13,44	1,56	0,999±0,00
DS5	46,35±0,05	21,32±0,04	12,11	2,17	0,999±0,00
DS6	24,87±0,01	6,49±0,00	20,85	3,83	0,999±0,00
DS7	27,88±0,02	13,82±0,03	11,51	2,02	0,999±0,00
DS8	29,72±0,02	9,66±0,01	18,33	3,08	0,999±0,00
DS9	33,01±0,01	11,09±0,01	19,55	2,98	0,999±0,00
DS10	2,46±0,00	0,57±0,00	8,07	4,32	0,999±0,00
DS11	34,83±0,03	24,33±0,02	13,43	1,43	0,999±0,00
DK1	26,36±0,02	9,17±0.00	18,41	2,87	0,999±0,00

k: tiksotropik hız sabiti, G_0 (Pa): üçüncü zaman aralığındaki ilk elastik modülü, G_e: denge elastik modülü göstermektedir. Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. (DS1: *Anacamptis pyramidalis,* DS2: *Orchis isaura,* DS3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris, DS4: *Orchis morio,* DS5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae, DS6: *Orchis italica,* DS7: *Ophrys mammosa,* DS8: *Orchis sancta,* DS9: *Dactylorhiza euxina,* DS10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius, DS11: Ticari Salep, DK1: Ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma kodlarını belirtmektedir.)

3.5 Dondurma Analizleri

3.5.1 Dondurma Renk Analizleri

Farklı salep türleriyle yapılan dondurmaların L*, a*, b* değerlerinin ortalama ve standart sapmaları değerleri hesaplanmış Tablo 3.15'te gösterilmektedir.

Dondurma kontrol örneğinin L* (parlaklık) değeri 83,43 iken, DS10 kodlu dondurma örneğinin L* değeri 74,20 olarak bulunmuştur. En düşük L* değerine sahip örnek DS10'tür. Salep ile hazırlanan örneklerin L* değerleri ksantan gam ile hazırlanan kontrol örneğine göre daha düşük olmasına rağmen, DS4 salep örneği ile hazırlanmış dondurmayla kontrol örneğinin L* değeri arasından istatistiksel olarak farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır ($p>0,05$). Dondurma karışımlarının en yüksek a* değeri DS10'da -0,49 ile en düşük a* değeri ise kontrol örneğinde gözlenmiştir. Sıfırın altındaki dondurma örneklerinin a* değerleri bu örneklerde yeşil rengin kırmızıdan daha baskın olduğunu göstermektedir. Kullanılan bazı salep türlerinin karışımların a* değerlerine etkisi önemli bulunmuştur ($p\leq0,05$). Dondurma örneklerinin b* değerleri 13,12-20,25 arasında bulunmuştur. En yüksek b* değeri DS5'te, en düşük b* değeri ise DS10 örneğinde gözlenmiştir. Bazı farklı salep türlerinin stabilizatör olarak kullanılmasının örneklerin b* değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p\leq0,05$). Örneklerin renk değerleri, özellikle L*, a* ve b* değerleri arasındaki farkın, salebin elde edildiği yabani orkide türünden ve bu bitkilerin toplandığı bölgelerin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Farklı oranlarda salep ve çia tohumu tozu içeren dondurma örneklerinin renk değerlerini incelediğinde bir çalışmada L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 76,18-86,84, (-3,64)-(-2,71), 8,58-12,10 olarak rapor edilmiştir [160]. Salep türlerinin renk değişimlerinin dondurmanın parlaklığına etki ettiği söylenebilir. Kurt vd. [75] salep türünden bağımsız olarak yaptıklarını bir çalışmada salebin %1 oranında kullanılarak hazırlandığı dondurmanın renk parametreleri L*, a*, b* değerini sırayla 80,47±0,14, 2,25±0,02, 6,07±0,06 olarak bildirilmiştir [75]. Başka bir çalışmada %0,8 salep kullanılarak yapılan dondurma örneklerinin sırasıyla L*, a*, b* değerleri 88,45±1,58, -3,19 ± 0,14, 14,25±0,00 olarak rapor edilmiştir [32].

Tablo 3.15 Dondurma renk ölçüm değerleri

Dondurma Kodu	L*	a*	b*
DS1	$77,41\pm0,06^{bcd}$	$-1,60\pm0,01^{cd}$	$19,28\pm0,06^{abc}$
DS2	$80,81\pm0,04^{abc}$	$-1,46\pm0,22^{cd}$	$19,84\pm0,06^{a}$

Tablo 3.15 Dondurma renk ölçüm değerleri (devamı)

DS3	76,75±0,83^{bcd}	-1,20±0,06^{bc}	19,67±0,18^{ab}
DS4	84,35±0,80^{a}	-1,76±0,11^{d}	20,10±0,51^{a}
DS5	79,52±0,31^{abc}	-0,86±0,02^{b}	20,25±0,56^{a}
DS6	77,63±0,25^{bcd}	-1,22±0,04^{bc}	17,59±0,69^{bc}
DS7	77,66±0,33^{bcd}	-1,17±0,03^{bc}	19,83±0,33^{ab}
DS8	75,27±0,51^{cd}	-0,88±0,04^{ab}	16,85±0,95^{c}
DS9	81,31±0,36^{ab}	-1,77±0,03^{d}	19.98±0,30^{ab}
DS10	74,20±0,37^{d}	-0,49±0,05^{a}	13.12±0,03^{d}
DS11	78,33±0,46^{bcd}	-1,41±0,08^{cd}	18.39±0,36^{abc}
DK1	84,43±0,60^{a}	-1,80±0,14^{d}	20,20±0,60^{a}

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda belirtilen farklı harfler p≤0,05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. (DS1: *Anacamptis pyramidalis,* DS2: *Orchis isaura,* DS3*: Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* DS4: *Orchis morio,* DS5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* DS6: *Orchis italica,* DS7: *Ophrys mammosa,* DS8: *Orchis sancta,* DS9: *Dactylorhiza euxina,* DS10: *Ranunculus ficaria* subsp*.* Calthifoliu*s,* DS11: Ticari Salep, DK1: Ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma kodlarını belirtmektedir.).

3.5.2 Dondurma Hacim Artışının (Overrun) Tespiti

Hacim artışı, karıştırma yoluyla dondurma içine giren havanın oluşturduğu dondurma hacminin artması olarak tanımlanır. Dondurmanın çok sertleşmemesi için içerisinde bir miktar hava bulunması gereklidir. Dondurma içeriğindeki fazla hava ise kaliteyi düşürmekte ağızda taneli yapının oluşmasına ve dondurmanın daha hızlı erimesine neden olmaktadır. Hacim artışı daha az olan dondurmalar daha sert bir yapıya sahiptir. Dondurmalar, hacim artış değerlerine göre ekonomik standart (%100-120), premium (%60-90) ve süper premium (%25-%50) şekilde sınıflandırılmaktadır [151].

Çalışmadaki dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri Tablo 3.16'da gösterilmektedir. Dondurma örneklerini hacim artışı değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$). Ksantan gam ile üretilen kontrol örneği hacim artış değeri ile DK6 kodlu salep ile üretilen dondurmanın hacim artış değerleri arasında istatistiksel olarak fark önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$). Dondurma örneklerinden DS9 kodlu dondurma %29,83 ve DS10 kodlu dondurma %30,62 hacim artışı değerinde olup diğer örneklere nazaran daha düşük hacim artışı göstermiştir. Bunun sebebinin bu örneklerin daha düşük glukomannan içermesinden kaynaklandığı söylenebilir. Şen vd. [107] farklı salep türlerinin dondurmadaki hacim artışına etkilerini incelemiş ve *Orchis palustris, Orchis morio* ssp. Picta, *Orchis mascula* ssp. Pinetorum*, Anacamptis coriophora* ssp. Fragrans, *Himantoglossum affine, Serapias vomeracea* ssp. Vomeracea türleriyle üretilen dondurma örneklerinin sırasıyla 36,12±0,49, 32,62±0,29, 42,19±0,32, 40,26±0,45, 41,83±0,35, 42,46±0,27 hacim artışı değerlerine sahip olduğu rapor edilmiştir [106]. Farklı bir çalışmada dondurmalarda glukomannan artışı ile hacim artışı değerlerinin arttığı belirtilmiştir [95]. Aynı çalışmada çeşitli salep türleriyle yapılan dondurma örneklerinin hacim artışları 28,12± 0,795- 36,11± 0,355 arasında değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir [95]. Goktas vd. [162] fonksiyonel probiyotik maya kullanılarak yaptıkları dondurma çalışmasında kontrol örneğininde dondurma formülasyonunda stabilizatör olarak salep gamı kullanmış olup dondurma hacim artış değerini kontrol örneği için 30,81±1,18 olarak rapor etmişlerdir [161].

Tablo 3.16 Dondurma örnekleri hacim ölçüm değerleri

Dondurma Kodu	Hacim Artışı
DS1	$38,71 \pm 0,01^{a}$
DS2	$37,46 \pm 0,01^{c}$
DS3	$35,44 \pm 0,03^{e}$
DS4	$38,22 \pm 0,01^{b}$

Tablo 3.16 Dondurma örnekleri hacim ölçüm değerleri (devamı)

DS5	**33,15±0,01^{h}**
DS6	33,23±0,01^{g}
DS7	36,80±0,00^{d}
DS8	34,67±0,01^{f}
DS9	29,83±0,03^{j}
DS10	30,62±0,01^{i}
DS11	37,49±0,01^{c}
DK1	33,26±0,03^{g}

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda belirtilen farklı harfler p≤0,05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. (DS1: *Anacamptis pyramidalis,* DS2: *Orchis isaura,* DS3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* DS4: *Orchis morio,* DS5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* DS6: *Orchis italica,* DS7: *Ophrys mammosa,* DS8: *Orchis sancta,* DS9: *Dactylorhiza euxina,* DS10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius*,* DS11: Ticari Salep, DK1: Ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma kodlarını belirtmektedir.).

3.5.3 Dondurmaların Erime Özelliklerinin Tespiti

Diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC), camsı geçiş sıcaklıklarını belirlemek ve termal geçişlerde yer alan ısıyı ölçmek için uygulanan avantajlı bir yöntemdir. Ürünün toplam entalpi değişimi ile belirli bir süreçte oluşan buz miktarını belirlenmektedir [162]. Dondurmanın erime özellikleri, dondurma genel kalitesini etkileyen oldukça değerli bir parametredir. Dondurma erime davranışıyla örneğin stabilitesi, raf ömrü, ağızda bıraktığı tat gibi tüketici beğenisi hakkında önemli bilgiler vermektedir [163]. Dondurma örneklerinin erime noktası T_f, erimeye başladığı ilk sıcaklık T_{ilk}, erime hızının en yüksek olduğu sıcaklık T_{pik}, erimenin tamamlanıp dondurmanın sıvı hale geçtiği sıcaklık T_{son}, erimenin tamamlanması için gerekli enerji miktarı ΔH değeri olarak gösterilir.

Genel olarak, donma noktası serum faz konsantrasyonu arttıkça veya çözünen molekül ağırlığı azaldıkça düşer. Bununla birlikte, yüksek molekül ağırlıklı biyopolimerlerin, örneğin keten tohumu yağı atığı gibi polisakkaritlerin eklenmesi,

donma noktasının düşmesine neden olmamaktadır [164]. Dondurmanın erime direnci, dondurma yüksek sıcaklığa maruz kaldığında erimeye direnme kabiliyetini temsil eder. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)'deki ısıtma sistemi endotermik zirvenin oluşmasına neden olan sıcaklığı sağlar. Örneklere ait grafikler endotermik zirveler (T_{pik}) oluşturmuştur. Sistemden çıkan enerji miktarı erime entalpisi (ΔH) ise endotermik zirvenin alanı ile entegre edilerek hesaplanmaktadır. Bu durum gıdanın genel iç enerjisindeki değişiklik olarak ortaya çıkmaktadır. Dondurmada bulunan su donmuş ve donmamış su yapısını içerir. Dondurmadaki suyun serbest veya bağlı olmasına bağlı olarak, daha yüksek donmuş su içeren dondurmalar buz oluşumuna sahip olur ve entalpi azalmasına neden olur. Daha düşük donmuş su içeren dondurmalarda erime entalpisi daha az olur [165]. Genel olarak sıcaklık aralığı (ΔT), buz kristallerinin boyut dağılımının homojenliğinin bir göstergesidir. Bu nedenle, dar bir erime sıcaklığı aralığı, daha küçük bir sıcaklık aralığında eriyen buz kristallerinin daha homojen dağılımını gösterir [166].

Dondurma numunelerinin DSC ile belirlenen termal erime özellikleri Tablo 3.17'de gösterilmiştir. Dondurma örneklerinin T_f değerleri -6,47 ile -4,72 arasında değişmektedir. Numunelerin T_f değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur. T_f değeri, dondurmadaki sulu fazda bulunan çözünen konsantrasyonu ve çözünen bileşenin moleküler ağırlığı ile ilgilidir. Çözünen konsantrasyonu arttıkça ve çözünenlerin moleküler ağırlığı azaldıkça T_f değeri azalmaktadır [164, 167]. Dondurma örneklerinin farklı T_f değerleri, birbirinden farklı glukomannan içerikleri ile açıklanabilir. Farklı glukomannan içeriği, salep örneklerinin çözünürlüğünü ve moleküler ağırlığını etkilemiş bu sebeple farklı T_f değerleri elde edilmiştir.

Dondurma örneklerinin ΔT ve ΔH değerleri sırasıyla 10,94-16,61 ve 101,6-140,11 değerleri arasında bulunmuştur. ΔT değeri, dondurma örneklerinin homojenliği hakkında fikir vermektedir. ΔH değerleri donmuş suyun erimesi için gereken enerji değerini göstermektedir [165]. Farklı ΔH değerleri, salep çeşitlerinin dondurmasının sulu fazındaki su ve makromoleküller arasındaki farklı etkileşimlerle açıklanabilir [104, 165]. ΔH değeri düşük olan örneklerde salep, dondurmadaki su ile sıkı bir şekilde etkileşerek daha az suyun donmasına neden

olmuş olabilir. Bu nedenle daha fazla donmuş su formu ve daha az ΔH değeri ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar, salep çeşidindeki farklılığın, temel özelliklerden biri olan dondurmanın termal özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir.

Tablo 3.17 Dondurmaların termal özellikleri

Dondurma Kodu	T_f (°C)	T_{ilk} (°C)	T_{son} (°C)	T_{pik} (°C)	ΔT (°C)	ΔH_f (J/g)
DS1	-4,72	-10,04	3,28	-0,79	13,75	134,3
DS2	-5,48	-11,99	1,60	-1,64	14,91	127,3
DS3	-5,18	-10,09	2,34	-1,2	13,49	125,3
DS4	-4,50	-8,35	2,65	-0,96	11,38	133,8
DS5	-4,94	-11,77	2,34	-1,06	16,6	137,3
DS6	-6,47	-13,76	1,72	-1,63	15,42	101,6
DS7	-5,17	-12,45	2,09	-1,29	15,35	140,1
DS8	-4,84	-8,35	2,34	-1,26	10,94	115
DS9	-5,14	-11,52	1,78	-1,33	14,86	133,3
DS10	-5,28	-10,65	2,65	-1,56	13,43	118,9
DS11	-5,19	-11,58	2,47	-0,91	14,48	130,5
DK1	-5,63	-11,46	5,08	-1,59	14,42	123,3

DS1: *Anacamptis pyramidalis,* DS2: *Orchis isaura,* DS3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris, DS4: *Orchis morio,* DS5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae, DS6: *Orchis italica,* DS7: *Ophrys mammosa,* DS8: *Orchis sancta,* DS9: *Dactylorhiza euxina,* DS10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius, DS11: Ticari Salep, DK1: Ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma kodlarını belirtmektedir.

3.5.4 Dondurma Aroma ve Uçucu Bileşenlerin Analizi

Birçok kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonun sonucu oluşan tüm bileşenlerin toplamı olan lezzet ve aroma, tüketici tercihleri için oldukça önemli bir parametredir [168]. Dondurma, gerek tadı ve gerekse serinletici etkisi sebebiyle

tüm dünyada ve Türkiye'de her yaş insanın yaygın olarak tüketiği bir süt ürünüdür [163].

Farklı salep türleri ve ksantan gamın stabilizatör olarak kullanıldığı dondurma örneklerinin uçucu bileşenleri Tablo 3.18'de gösterilmektedir. Tüm dondurma örneklerinde ortak olarak 2-heptanon, 2-pentanon ve undekanon uçucu bileşenlerinin olduğu saptanmıştır. Kontrol dondurma örneği dışındaki bütün dondurmalarda n-hekzanal uçucu bileşeni bulunmaktadır. Bu da n-hekzanal bileşiğinin salepten gelen bir uçucu bileşen olduğunu göstermektedir. 2-Nonanon uçucu bileşiği DK1 (%3,37), DK4 (%3,97), DK5 (%3,69), DK6 (%3,8), DK7(%3,99), DK10 (%4,64) ve DK11 (%4,19) örneklerde bulunmuştur. Limon ve portakal aroması veren dL-Limonen bileşiği DK1, DK2, DK8 ve DK10 kodlu dondurma örnekleri dışında bütün dondurmalarda görülürken, narenciye aroması veren L-limonen uçucu bileşeni DK1, DK2, DK8 ve DK10 örneklerde gözlemlenmiştir. Goktas vd. [162] stabilizatör olarak salebin kullanıldığı probiyotik dondurma üretiminin yapıldığı çalışmada etanol, L-limonen, n-heksadekan ve propanoik asit uçucu bileşenlerini tüm dondurma örneklerinde tespit edilmiştir [161]. Sacchi vd. [170] süt yağı yerine sızma zeytin yağı kullanılarak üretilen fonksiyonel dondurmanın inek sütü ile üretilen dondurma örneklerinde aromatik ve uçucu bileşen olarak L-limonen, heksan, heksanal, dekanoik asit desil ester, kloroform, propanoik asit 2-metil ve trisiloksan olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca uçucu bileşikler olan 1,3-di-tert-bütilbenzen, heptan-2-on, pentalenon, nonanal, 2-nonanon ve 3-teradeseb-5-yne sadece inek sütü ile üretilen dondurma örneklerinde bulunduğu sonucuna varılmıştır [169].

Tablo 3.18 Dondurma örneklerinin uçucu bileşenleri

	Bileşen	Alıkonma Zamanı	Bileşik	*Flavor Etkisi	Dondurma Kodu %Alan											
					DS1	DS2	DS3	DS4	DS5	DS6	DS7	DS8	DS9	DS10	DS11	DK1
1	2-Heptanon	7,38	Karbonil bileşikler	Sıcak Süt, Sabun,	2,87	2,99	3,02	3,02	3,15	3,01	3,08	3,17	3,19	3,3	3,23	3,34
2	2-Pentanon	3,91	Karbonil bileşikler	Eter, Meyve	3,42	3,17	3,2	3,36	3,32	3,34	2,82	3,47	3,08	3,05	3,38	3,77
3	Undekanon	17,66	Karbonil bileşikler	Turunç, Taze, Yeşil	4,56	4,3	3,97	4,02	3,94	4,13	4,39	4,62	3,64	4,41	6,33	5,37
4	Hekzanal	5,72	Karbonil bileşikler	Çim, Donyağı Yağ	3,07	2,65	3,05	2,95	2,7	2,88	3,06	3,69	3,08	3,28	3,57	Te.
6	2-Nonanon	11,91	Karbonil bileşikler	Yeşil Narenciye, Nane	3,37	Te.	Te.	3,97	3,69	3,8	3,99	Te.	Te.	4,64	4,19	Te.
7	dL-Limonen	10,35	Terpen ve türevleri	Limon, Portakal	Te.	Te.	3,11	3,45	3,56	3,49	3,44	te.	3,31	Te.	3,95	3,31
8	L-Limonen	10,35	Terpen ve türevleri	Yağ, Narenciye, Yeşil	3,16	3,58	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	3,5	Te.	3,57	Te.	Te.
9	Etanol	2,20	Alkol	Tatlı	6,43	Te.	Te.	6,41	Te.	5,65	Te.	Te.	Te.	Te.	Te.	6,74
10	Diğer	-	-	-	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2

Te: Tespit edilmedi. (DS1: *Anacamptis pyramidalis,* DS2: *Orchis isaura,* DS3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris*,* DS4: *Orchis morio,* DS5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae*,* DS6: *Orchis italica,* DS7: *Ophrys mammosa,* DS8: *Orchis sancta,* DS9: *Dactylorhiza euxina,* DS10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifoliu*s,* DS11: Ticari Salep, DK1: Ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma kodlarını belirtmektedir.). *Flavor Etkisi tanımlaması "Flavornet and human odor space" (http://www.flavornet.org/flavornet.html (Erişim tarihi 20 Aralık 2022).

3.5.5 Dondurma Duyusal Değerlendirme

Duyusal değerlendirme (olfaktometri) gıdaların birbirinden farklı özelliklerini görme, koklama, tatma, dokunma veya işitme duyularıyla tepkilerini ölçerek analiz edip yorumlayan bir yöntemdir [170]. Tüketici beğenisi dondurmanın değerlendirilmesinde oldukça önemli bir parametredir.

Dondurma örneklerinin aroma, tat, kremsi, sakızlı, buzlu, pürüzlülük, yabancı tat, renk, erime ve genel kabulü değerlendirilmiş, sonuçlar Tablo 3.19'da gösterilmektedir. Duyusal değerlendirme Tablo 3.19'da belirtildiği gibi tüm dondurma örneklerinin duyusal değerlendirme sonuçları bakılarak DS10 kodlu dondurma dışındaki tüm dondurma örneklerinin genel olarak kabul edilebilir olduğunu sonucuna varılmıştır. Aroma ve pürüzlülük açısından DS4 kodlu dondurma tercih edilebilirken, kremsi, sakızlı, buzlu, renk ve erime bazında DS1 kodlu dondurma tercih edilmiştir. DS8 kodlu dondurma da genel olarak yüksek puanlar almıştır. Sonuçlara bakıldığında DS1, DS4 ve DS8 örneklerinin glukoz ve mannoz içeriği diğer dondurma örneklerine göre daha yüksek olup kabul edilebilirlik oranları da yüksek çıkmıştır, Bu durum şeker içeriğinin tüketici kabulünde önemli bir parametre olduğu sonucu çıkarılabilmektedir.

Bir çalışmada dondurmanın duyusal özelliklerinin hidrokolloidlerin κ-karragenan ile karışımlarının vanilyalı dondurmanın raf ömrü kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Hidrokolloid türü ve içeriği, vanilya aromasının salınmasını önemli ölçüde etkilemiş ve daha yüksek hidrokolloid içeriği, daha iyi vanilya aroması algısına yol açmıştır. Daha yüksek kayma inceltme davranışı sergileyen ksantan ve sodyum aljinat içeren numuneler, daha yüksek vanilya aroma puanlarına sahip olduğu rapor edilmiştir [52, 171]. Ghandehari vd. [173] yaptıkları bir çalışmada mikrokapsüllü antep fıstığı özü (MPPE) ile zenginleştirilmiş dondurma örneklerinin duyusal özelliklerinin (tat, ağızda kalan tat, renk, doku ve genel kabul edilebilirlik) incelenmiş ve MPPE ilavesinin renk, lezzet puanları ve genel kabul edilebilirlik üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varmışlardır [172]. Başka bir çalışmada kızartılmış olgunlaştırılmış lor peynirinin lezzet (pişmiş, peynir altı suyu, kükürt, serbest yağ asidi, sığır/fenolik, hayvansal- ve mumsu/tebeşir aromaları), aroma (krem, tereyağı ve eski süt), doku ve ağız hissi,

sertlik, yüzey filmi, yapışkanlık, gevreklik, çözünürlük, sertlik ve taneciklik özellikleri değerlendirilmiştir [173]. Los vd. [175] Camembert tipi peynirlerin duyusal özellikleri (beyaz renk, miselyum yoğunluğu, sarı renk, 23°C'deki kıvam özellikleri, amonyak kokusu, tereyağı kokusu, yoğurt kokusu ve küf kokusu, kabuk sertliği, kadifemsi kabuk, kremsilik, yağlılık, acı tat, asit tadı) araştırmıştır [174].

Tablo 3.19 Dondurma örneklerinin duyusal özellikleri

Dondurma Kodu	Duyusal Parametreler									
	Aroma	Ağızda Bıraktığı Tat	Kremsi Yapı	Sakızımsı Yapı	Buzlu Yapı	Pürüzlülük	Yabancı Tat	Renk	Ağızda Erime	Genel Kabul
DS1	4,4±0,5	4,4±0,5	4,6±0,4	4,8±0,1	4,6±0,4	3,6±1,1	4,6±0,2	4,6±0,5	4,8±0,1	4,4±0,1
DS2	4,2±0,4	4,2±0,7	4,2±0,7	4,3±0,6	3,6±0,8	4,1±0,6	4,5±0,3	4,5±0,8	4,3±0,5	3,8±0,7
DS3	4,0±0,8	4,5±0,8	4,3±0,4	3,3±1,2	4,5±0,5	4,5±0,5	4,8±0,1	4,5±0,8	4,3±0,2	4,2±0,7
DS4	4,8±0,1	4,3±0,5	4,3±0,5	4,7±0,5	4,2±0,2	4,5±0,5	4,7±0,1	4,5±0,5	4,3±0,6	4,7±0,2
DS5	4,0±1,0	4,7±0,1	4,0±1,0	4,2±0,7	4,0±0,8	4,0±0,9	4,5±0,4	4,2±0,7	4,0±0,7	3,8±0,9
DS6	4,2±0,7	4,5±0,3	4,3±0,5	3,7±0,8	4,3±0,5	4,0±1,1	4,3±0,6	4,3±1,0	4,2±0,3	3,5±1,6
DS7	3,8±0,7	3,7±1,4	3,8±1,3	3,3±1,3	3,7±1,0	3,8±1,1	3,8±1,3	4,3±1,2	3,8±0,7	3,6±1,0
DS8	4,0±0,8	4,2±0,5	4,5±0,5	4,3±0,2	3,5±1,3	4,2±0,2	3,7±1,6	4,1±1,1	3,7±1,0	3,8±0,9
DS9	4,7±0,1	4,5±0,4	3,7±1,0	4,2±0,7	3,7±1,0	3,5±1,2	3,5±1,0	4,2±0,7	4,2±0,7	3,2±0,7
DS10	3,5±1,0	4,0±0,9	3,8±1,1	1,7±0,5	2,2±0,7	2,3±0,5	3,5±1,2	4,0±1,1	2,5±0,8	2,7±0,8
DS11	3,3±1,2	3,3±1,4	3,5±1,2	3,7±1,7	3,0±1,4	3,8±1,3	3,8±1,6	4,2±1,1	3,5±0,8	3,7±1,0
DK1	3,5±0,8	3,7±1,2	3,2±0,6	3,0±0,5	4,0±1,0	4,3±0,2	3,8±0,3	4,5±0,7	3,2±0,4	4,0±0,8

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. (DS1: *Anacamptis pyramidalis,* DS2: *Orchis isaura,* DS3: *Anacamptis palustris* subsp. Palustris, DS4: *Orchis morio,* DS5: *Serapias vomeracea* subsp. Artemisiae, DS6: *Orchis italica,* DS7: *Ophrys mammosa,* DS8: *Orchis sancta,* DS9: *Dactylorhiza euxina,* DS10: *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius, DS11: Ticari Salep, DK1: Ksantan gam kullanılarak üretilen dondurma kodlarını belirtmektedir.).

4
SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetişen yabani orkidelerden elde edilen 10 farklı tür salep *Anacamptis piramidalis, Orchis isaura, Anacamptis palustris* subsp. Palustris*, Orchis morio, Serapias vomeracea* subsp. Artemisia*e, Orchis italica, Ophrys mammosa, Orchis sancta, Dactylorhiza euxina, Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius türleri ve ticari salep örneklerinin fizikokimyasal, biyoaktif ve reolojik özellikleri incelenmiştir. Salebin fonksiyonel olarak kullanımında en önemli bileşen olan glukomannan şeker içeriği en yüksek türlerin *Anacamptis piramidalis, Orchis morio, Orchis sancta* olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada araştırılan türlerin uçucu bileşenleri ilk defa tanımlanmış olmaktadır. FTIR spektroskopi analiz ile yabani salep türleri ve ticari salep türleri arasında spektrum farklılıkları gözlenmemiştir. Salep türlerinin TFM ve antioksidan aktivite değerleri araştırılmış, en yüksek biyoaktif özellik gösteren örneğin *Orchis sancta* olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada salep örneklerinin %1, %2 ve %3 sulu çözeltilerinin akış davranışı, dinamik akış özellikleri ve 3-ITT reolojik özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Salep türleri için dinamik ve akış davranış reolojik özellikleri salep konsantrasyonuna ve salep türüne göre değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada saleplerin tür bazında ilk defa ürünün deformasyon sonrası toparlanma testi olan 3-ITT reolojik davranışı belirlenmiştir.

Çalışmanın son aşamasında sulu çözeltilerin reolojik özellikleri incelenmesi sonucunda %2 konsantrasyonda stabilizatör olarak salep içeren dondurma formülasyonları hazırlanmış ve kontrol ksantan gam kullanılarak dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir. Dondurma mikslerinin fizikokimyasal, reolojik, mikro yapısal özellikleri araştırılmıştır. Reolojik olarak akış davranışları, dinamik akış özellikleri yapısal toparlanma özellikleri incelenmiş, iyonik yük dengesi (zeta potansiyeli) ve erime özelikleri değerlendirilmiştir. Tüm dondurma örnekleri psödoplastik, viskoelastik sıvı ve geri kazanılabilir karakterler sergilediği görülmüştür. Yüksek glukomannan içerikli örnekler, daha düşük glukomannan içerikli salep ile formüle edilen dondurma örneklerinden daha yüksek K, K', K"

değeri göstermiştir. Dondurmaların fizikokimyasal, uçucu bileşen ve tüketici açısından en önemli unsur olan duyusal özellikleri değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına bakılarak *Ranunculus ficaria* subsp. Calthifolius salep türüyle üretilen dondurma dışındaki tüm dondurma örneklerinin genel olarak kabul edilebilir olduğu, *Anacamptis piramidalis, Orchis morio, Orchis sancta* örneklerinin glukomannan içeriğinin diğer dondurma örneklerine göre daha yüksek olup kabul edilebilirlik oranlarının da yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Daha yüksek *K* değerine sahip örneklerin daha yüksek genel duyusal puana sahip olduğu görülmüştür. Bu da bize glukomannan içeriği ile duyusal özellik arasından doğru orantı olduğu sonucunu göstermiştir. Bu çalışma salep türündeki farklılığın dondurmanın kalite özelliklerini önemli ölçüde etkileyebileceği ve dondurma üretiminde uygun salep çeşidinin belirlenmesinin önemli olduğu sonucunu göstermektedir.

Salebin sahip olduğu fonksiyonel özellikler biyoaktif bileşenleri ve polisakkarit yapısı gereği tercih edilebilir bir stabilizatör olduğu ve ayrıca reolojik özelliklerine bakılarak özellikle *Anacamptis piramidalis, Orchis morio, Orchis sancta* türlerinin gıda endüstrisinde stabilizatör olarak kullanım olanakları değerlendirilmelidir. Stabilizatör etkinliğinin daha iyi olması için farklı gamlar ile gam miks denemeleri yapılabilir. Herkesin severek tükettiği dondurmada doğal glukomannan içeriği yüksek salebin stabilizatör olarak kullanımı desteklenmelidir. İç piyasada tüketim ve ihraç potansiyeli yüksek olan salebin, doğadan toplanması yerine kültürünün yapılması ve desteklenmesi daha verimli olacağı düşünülmektedir. Ayrıca yeni trend olan salebin sahip olduğu kimyasal içeriğiyle yenilebilir biyofilm üretimi ile gıda takviyeleri ve ambalaj sektöründe inovatif etkiler yaratacak başka araştırmalar için değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

[1] K. Hürkan, M. B. Yüksel, Y. K. Hürkan, and N. Demir, "Determination of total phenolic and flavonoid contents, antioxidant and antimicrobial activities of some important salep orchids," *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji,* vol. 8, no. 2, pp. 191-202, 2019.

[2] G. Erzurumlu and I. Doran, "Türkiye'de salep orkideleri ve salep kültürü," *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi,* vol. 15, no. 1, pp. 29-34, 2011.

[3] C. Durmuşkahya, Y. Akyol, and C. Özdemir, "Ecology, anatomy and morphology of Orchis spitzelii in Turkey," *Journal of Environmental biology,* vol. 36, pp. 177-184, 2015.

[4] K. K. Tekinşen, "Maraş Salebi," *Akademik Gıda,* vol. 4, no. 5, pp. 28-30.

[5] S. Parlak and M. Tutar, "Anacamptis sancta salep orkidesinde yaprak gübresi uygulamasının yumru iriliğine etkisi. III," *Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu,* vol. 8, no. 10, pp. 1-6, 2014.

[6] S. Ertaş, Ö. Abdulhabip, and K. Erden, "Şanlıurfa koşullarında yetiştirilen bazı salep türlerinin bitkisel özellikleri ve glukomannan içeriklerinin belirlenmesi," *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi,* vol. 23, no. 1, pp. 39-46.

[7] A. Kurt, "Salep Glucomannan: Properties and Applications," *Polysaccharides: Properties and Applications,* pp. 177-203, 2021.

[8] S. Altan, T. Altan, İ. Ortaş, G. Sandal Erzurumlu, and Ç. Akpinar, "Çukurova bölgesin'de saleplerin doğal yayılış alanlarının ve yetişme ortamı koşullarının saptanması üzerine araştırmalar," 2007.

[9] K. Elife, T. K. Erdem, and F. B. Tekin, "Maraş dondurmasi üretimi ve üretilen dondurmanin fizikokimyasal niteliklerinin belirlenmesi," *Caucasian Journal of Science,* vol. 4, no. 1, pp. 45-56, 2017.

[10] G. Sandal and Z. Söğüt, "Türkiye orkideleri (salepler)," *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* vol. 23, no. 2, pp. 109-116, 2010.

[11] E. Sezik, "Turkish orchids and salep," *Acta Pharmaceutica Turcica,* vol. 44, pp. 151-157, 2002.

[12] N. D. Işıklı, M. N. Dönmez, N. Kozan, and E. Karababa, "Rheological properties of salep powder-milk mixture," *Journal of food science and technology,* vol. 52, no. 10, pp. 6556-6564, 2015.

[13] K. K. Tekinşen and A. Güner, "Chemical composition and physicochemical properties of tubera salep produced from some Orchidaceae species," *Food Chemistry,* vol. 121, no. 2, pp. 468-471, 2010.

[14] E. H. Tiğli and H. Fakir, "Bucak (Burdur) yöresindeki bazı doğal orkide türlerinin yayılış alanları, morfolojik ve fenolojik özellikleri," *Turkish Journal of Forestry,* vol. 18, no. 4, pp. 289-294, 2017.

[15] A. Ghorbani, B. Gravendeel, F. Naghibi, and H. de Boer, "Wild orchid tuber collection in Iran: a wake-up call for conservation," *Biodiversity and conservation,* vol. 23, no. 11, pp. 2749-2760, 2014.

[16] Ö. Çalişkan and K. Dursun, "Tarihi kayıtlar ile geçmişten günümüze salep orkideleri," *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi,* vol. 6, no. 3, pp. 349-355, 2019.

[17] G. Sandal, "Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yetişen orkideler ve yetişme ortamı nitelikleri ile tehdit faktörlerinin araştırılması," *Fen. Bil. Ens. Adana,* 2009.

[18] S. Jagdale, S. Shimpi, and D. Chachad, "Pharmacological studies of 'Salep'," *Journal of Herbal Medicine and Toxicology,* vol. 3, no. 1, pp. 153-156, 2009.

[19] M. M. Hürkul, R. Çiftçi, and A. Köroğlu, "Salep ve salep içeren ürünlerin gıda ve eczacılık açısından incelenmesi," *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma,* vol. 13, no. 2, pp. 144-152, 2020.

[20] M. A. Şen, "Osmanli mutfağindan günümüze gastronomik değerimiz "Salep"," *Aralık/December 2017,* p. 260, 2017.

[21] Ö. Çalişkan, "Orta Karadeniz Bölgesi salep orkidesi türleri ve bazı yumru özellikleri," *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi,* vol. 34, no. 1, pp. 78-83, 2019.

[22] T. D. Kurumu, "Türk dil kurumu sözlüğü," *Erişim adresi (10.12. 2018): http://www. tdk. gov. tr/index. php,* pp. 145-157, 2016.

[23] M. A. Şen, "Topraktan külaha yasak hazine salep," *Gıda Mühendisliği Dergisi,* vol. 42, pp. 65-69, 2017.

[24] R. Eryilmaz and H. Akan, "Güneydoğu anadolu bölgesindeki orkideler üzerine ön araştirmalar," *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü PK 9 Menemen İzmir Tel:(232) 846 13 31 etae@ aari. gov. tr,* p. 87.

[25] A. J. Buchala, G. Franz, and H. Meier, "A glucomannan from the tubers of Orchis morio," *Phytochemistry,* vol. 13, no. 1, pp. 163-166, 1974.

[26] B. Bulut-Solak, L. Alonso-Miravalles, and J. A. O'Mahony, "Composition, morphology and pasting properties of Orchis anatolica tuber gum," *Food Hydrocolloids,* vol. 69, pp. 483-490, 2017.

[27] O. Citil and K. Tekinsen, "A comparative study on fatty-acid composition of salep obtained from some Orchidaceae species," *Chemistry of Natural Compounds,* vol. 46, no. 6, pp. 943-945, 2011.

[28] M. Lalika, D. Mende, P. Urio, M. Gimbi, S. Mwanyika, and G. Donati, "Domestication potential and nutrient composition of wild orchids from two southern regions in Tanzania," *Time J Biol Sci Technol,* vol. 1, no. 1, pp. 1-11, 2013.

[29] M. M. Hossain, "Therapeutic orchids: traditional uses and recent advances—an overview," *Fitoterapia,* vol. 82, no. 2, pp. 102-140, 2011.

[30] N. Georgiadis, C. Ritzoulis, E. Charchari, C. Koukiotis, C. Tsioptsias, and C. Vasiliadou, "Isolation, characterization and emulsion stabilizing properties

of polysaccharides form orchid roots (salep)," *Food Hydrocolloids,* vol. 28, no. 1, pp. 68-74, 2012.

[31] N. T. An, N. T. Dong, P. Le Dung, and N. Van Du, "Characterization of glucomannan from some Amorphophallus species in Vietnam," *Carbohydrate Polymers,* vol. 80, no. 1, pp. 308-311, 2010.

[32] K. K. Tekinşen, A. Güner, and U. Gürkan, "Dondurma üretiminde konjak sakızının kullanılabilme imkanları," *Eurasian Journal of Veterinary Sciences,* vol. 27, no. 4, pp. 199-206, 2011.

[33] A. Acemi, Ö. Çobanoğlu, and S. Türker-Kaya, "FTIR-based comparative analysis of glucomannan contents in some tuberous orchids, and effects of pre-processing on glucomannan measurement," *Journal of the Science of Food and Agriculture,* vol. 99, no. 7, pp. 3681-3686, 2019.

[34] R. Farhoosh and A. Riazi, "A compositional study on two current types of salep in Iran and their rheological properties as a function of concentration and temperature," *Food Hydrocolloids,* vol. 21, no. 4, pp. 660-666, 2007.

[35] G. R. Bardajee, Z. Hooshyar, and F. Kabiri, "Preparation and investigation on swelling and drug delivery properties of a novel silver/salep-g-poly (acrylic acid) nanocomposite hydrogel," *Bulletin of The Korean Chemical Society,* vol. 33, no. 8, pp. 2635-2641, 2012.

[36] A. Kurt and T. Kahyaoglu, "Characterization of a new biodegradable edible film made from salep glucomannan," *Carbohydrate Polymers,* vol. 104, pp. 50-58, 2014.

[37] M. Cerqueira *et al.*, "Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications," *Trends in Food Science & Technology,* vol. 22, no. 12, pp. 662-671, 2011.

[38] M. Ekrami and Z. Emam-Djomeh, "Water vapor permeability, optical and mechanical properties of salep-based edible film," *Journal of Food Processing and Preservation,* vol. 38, no. 4, pp. 1812-1820, 2014.

[39] M. Pero, Z. Emam-Djomeh, M. S. Yarmand, and V. Samavati, "Stability and rheological properties of model low-fat salad dressing stabilized by salep," *Journal of Dispersion Science and Technology,* vol. 35, no. 2, pp. 215-222, 2014.

[40] R. Nuerxiati *et al.*, "Optimization of ultrasonic-assisted extraction, characterization and biological activities of polysaccharides from Orchis chusua D. Don (Salep)," *International Journal of Biological Macromolecules,* vol. 141, pp. 431-443, 2019.

[41] M. Espert, L. Constantinescu, T. Sanz, and A. Salvador, "Effect of xanthan gum on palm oil in vitro digestion. Application in starch-based filling creams," *Food Hydrocolloids,* vol. 86, pp. 87-94, 2019.

[42] C. Ece Tamer, B. Karaman, and O. Utku Copur, "A traditional Turkish beverage: salep," *Food Reviews International,* vol. 22, no. 1, pp. 43-50, 2006.

[43] M. N. Ali, S. G. Prasad, and K. Ponnusamy, "Effect of Dactylorhiza Hatagirea (Salep Orchid) on quality and standard of Ice-Cream," *Indian J Dairy Sci,* vol. 71, no. 2, p. 2, 2018.

[44] Y. Velioglu, G. Mazza, L. Gao, and B. Oomah, "Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products," *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* vol. 46, no. 10, pp. 4113-4117, 1998.

[45] M. B. Chand, M. R. Paudel, and B. Pant, "The antioxidant activity of selected wild orchids of Nepal," *Journal of Coastal Life Medicine,* vol. 4, no. 9, pp. 731-736, 2016.

[46] A. E. Al-Snafi, "Pharmacological potential of Orchis mascula-A review," *IOSR Journal of Pharmacy,* vol. 10, no. 3, pp. 1-6, 2020.

[47] J. K. Keithley and B. Swanson, "Glucomannan and obesity: a critical review," *Alternative Therapies in Health and Medicine,* vol. 11, no. 6, pp. 30-35, 2005.

[48] R. M. P. Gutiérrez, "Orchids: A review of uses in traditional medicine, its phytochemistry and pharmacology," *Journal of Medicinal Plants Research,* vol. 4, no. 8, pp. 592-638, 2010.

[49] Z. Faraji, H. Nikzad, K. Parivar, and M. Nikzad, "The effect of aqueous extract of Salep Tubers on the structure of testis and sexual hormones in male mice," *Journal of Jahrom University of Medical Sciences,* vol. 11, no. 1, pp. 61-66, 2013.

[50] E. SEZİK *et al.*, "Salep ve orkidelerin tahribi," 2007.

[51] M. Guven, O. Karaca, and A. Kacar, "The effects of the combined use of stabilizers containing locust bean gum and of the storage time on Kahramanmaraş-type ice creams," *International Journal of Dairy Technology,* vol. 56, no. 4, pp. 223-228, 2003.

[52] M. Bahramparvar and M. Mazaheri Tehrani, "Application and functions of stabilizers in ice cream," *Food Reviews International,* vol. 27, no. 4, pp. 389-407, 2011.

[53] N. Akın, *Dondurma bilimi ve teknolojisi*. [Yy](Damla Ofset), 2009.

[54] C. Tekinşen, *Dondurma: temel bilgiler, teknoloji, kalite kontrolü*. Selçuk Üniversitesi Basımevi, 2008.

[55] R. P. Sofjan and R. W. Hartel, "Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream," *International Dairy Journal,* vol. 14, no. 3, pp. 255-262, 2004.

[56] P. N. Rossa, V. M. Burin, and M. T. Bordignon-Luiz, "Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents," *LWT-Food Science and Technology,* vol. 48, no. 2, pp. 224-230, 2012.

[57] H. Wildmoser, J. Scheiwiller, and E. J. Windhab, "Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream," *LWT-Food Science and Technology,* vol. 37, no. 8, pp. 881-891, 2004.

[58] T. Keçeli and A. Konar, "Salep ve alternatif bazı stabilizatör maddelerin inek sütünden yapılan dondurmaların özelliklerine olan etkileri," *Gıda,* vol. 28, no. 4, 2003.

[59] M. D. Eisner, H. Wildmoser, and E. J. Windhab, "Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects,* vol. 263, no. 1-3, pp. 390-399, 2005.

[60] M. Alfaifi and C. Stathopoulos, "Effect of egg yolk substitution by sweet whey protein concentrate (WPC), on physical properties of Gelato ice cream," *Int. Food Res. J,* vol. 17, no. 3, pp. 787-793, 2010.

[61] P. Varela, A. Pintor, and S. Fiszman, "How hydrocolloids affect the temporal oral perception of ice cream," *Food Hydrocolloids,* vol. 36, pp. 220-228, 2014.

[62] R. T. Marshall, H. D. Goff, and R. W. Hartel, *Ice Cream*. Springer Science & Business Media, 2003.

[63] A. Regand and H. D. Goff, "Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems," *Food Hydrocolloids,* vol. 17, no. 1, pp. 95-102, 2003.

[64] E. Caniyilmaz, B. Uçarkuş, and S. Karaman, "Optimization of formulation ingredients and aging time for ice cream processing using combined design approach," *Journal of Food Processing and Preservation,* vol. 40, no. 6, pp. 1325-1338, 2016.

[65] J. I. Cottrell, G. Pass, and G. O. Phillips, "Assessment of polysaccharides as ice cream stabilisers," *Journal of the Science of Food and Agriculture,* vol. 30, no. 11, pp. 1085-1088, 1979.

[66] D. Saha and S. Bhattacharya, "Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review," *Journal of food science and technology,* vol. 47, no. 6, pp. 587-597, 2010.

[67] M. Kandil, L. Y. Ersan, T. Özcan, and A. Akpinar-Bayizit, "Gamların prebiyotik özellikleri," *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi,* no. 18, pp. 18-26, 2017.

[68] M. Tasneem, F. Siddique, A. Ahmad, and U. Farooq, "Stabilizers: Indispensable substances in dairy products of high rheology," *Critical reviews in food science and nutrition,* vol. 54, no. 7, pp. 869-879, 2014.

[69] P. Williams, "Handbook of Hydrocolloids, GO Phillips, PA Williams," ed: Woodhead Publishing: Cambridge, 2009.

[70] M. Zorba, "Gamlar. Gıda Katkı Maddeleri (Ed: Altuğ, T.) S: 77-103, Meta Basım Matbaacılık, İzmir," *ÖZGEÇM Ş,* 2006.

[71] S. Thaiudom and H. Goff, "Effect of κ-carrageenan on milk protein polysaccharide mixtures," *International Dairy Journal,* vol. 13, no. 9, pp. 763-771, 2003.

[72] H. Köksel and İ. S. Karbonhidratlar, "In Gıda Kimyası. 3. baskı," *Hacettepe Üniversitesi,* pp. 49-132, 2005.

[73] M. Glicksman, "Origins and classification of hydrocolloids," in *Food hydrocolloids*: CRC Press, 2020, pp. 3-18.

[74] F. Press, "Rheological methods in food process engineering," 1992.

[75] A. Kurt, A. Cengiz, and T. Kahyaoglu, "The effect of gum tragacanth on the rheological properties of salep based ice cream mix," *Carbohydrate Polymers,* vol. 143, pp. 116-123, 2016.

[76] M. Ak, "Reoloji bilim dalı ve gıda endüstrisi," *Gıda ve Teknoloji,* vol. 2, no. 4, pp. 36-46, 1997.

[77] M. A. Rao, *Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications*. Springer Science & Business Media, 2010.

[78] A. Kayacier and M. Dogan, "Rheological properties of some gums-salep mixed solutions," *Journal of Food Engineering,* vol. 72, no. 3, pp. 261-265, 2006.

[79] L. Yang and K. Du, "A comprehensive review on the natural, forced, and mixed convection of non-Newtonian fluids (nanofluids) inside different cavities," *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry,* vol. 140, no. 5, pp. 2033-2054, 2020.

[80] J. F. Steffe, *Rheological methods in food process engineering*. Freeman Press, 1996.

[81] M. Dogan, A. Kayacier, and E. Ic, "Rheological characteristics of some food hydrocolloids processed with gamma irradiation," *Food Hydrocolloids,* vol. 21, no. 3, pp. 392-396, 2007.

[82] S. Kaya and A. R. Tekin, "The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice-cream mix," *Journal of Food Engineering,* vol. 47, no. 1, pp. 59-62, 2001.

[83] N. Develi Işıklı, M. N. Dönmez, N. Kozan, and E. Karababa, "Rheological properties of salep powder-milk mixture," *Journal of Food Science and Technology,* vol. 52, no. 10, pp. 6556-6564, 2015.

[84] M. BahramParvar, S. M. Razavi, and M. H. Khodaparast, "Rheological characterization and sensory evaluation of a typical soft ice cream made with selected food hydrocolloids," *Food Science and Technology International,* vol. 16, no. 1, pp. 79-88, 2010.

[85] A. Telcioglu and A. Kayacier, "The effect of sweeteners and milk type on the rheological properties of reduced calorie salep drink," *African Journal of Biotechnology,* vol. 6, no. 4, 2007.

[86] M. Alpaslan and M. Hayta, "Effect of soymilk substitution on the rheological and sensory properties of salep (traditional Turkish milk beverage)," *International Journal of Food Properties,* vol. 10, no. 3, pp. 413-420, 2007.

[87] K. Yaşar, T. Kahyaoglu, and N. Şahan, "Dynamic rheological characterization of salep glucomannan/galactomannan-based milk beverages," *Food Hydrocolloids,* vol. 23, no. 5, pp. 1305-1311, 2009.

[88] M. T. Yilmaz, D. SERT, M. Karakaya, and S. S. TISKE, "Optimization of the effect of sweetener and dietary fiber on rhelogical and sensory properties of salep beverage," *Journal of Texture Studies,* vol. 41, no. 6, pp. 804-824, 2010.

[89] S. Karaman, M. T. Yilmaz, and A. Kayacier, "Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: An optimization study based on the sensory properties," *Food Hydrocolloids,* vol. 25, no. 5, pp. 1319-1326, 2011.

[90] D. A. Kagan, M. H. BOYACIOGLU, and D. Boyacioglu, "Effects of temperature, shear rate and processing on the rheological properties of salep drink," *Italian Journal of Food Science,* vol. 26, no. 3, 2014.

[91] M. Dogan, O. S. Toker, and M. Goksel, "Rheological behaviour of instant hot chocolate beverage: Part 1. Optimization of the effect of different starches and gums," *Food Biophysics,* vol. 6, no. 4, pp. 512-518, 2011.

[92] A. Ayar, D. Sert, and M. Akbulut, "Effect of salep as a hydrocolloid on storage stability of 'İncir Uyutması'dessert," *Food Hydrocolloids,* vol. 23, no. 1, pp. 62-71, 2009.

[93] S. Kuş, A. Altan, and A. Kaya, "Rheological behavior and time-dependent characterization of ice cream mix with different salep content," *Journal of Texture Studies,* vol. 36, no. 3, pp. 273-288, 2005.

[94] M. A. Şen, I. Palabiyik, and Ş. Kurultay, "Composition, viscosity and solubility of saleps from twenty different orchid (Orchidaceae) species," *Journal of Food Measurement and Characterization,* vol. 12, no. 2, pp. 1334-1339, 2018.

[95] N. Turkmen, A. Gursoy, C. Akal, E. M. Unal, and E. Keskin, "Evaluation of salep obtained from different wild orchid species of Turkey and their use in Maras type ice cream," *Journal of Food Processing and Preservation,* vol. 45, no. 12, p. e16063, 2021.

[96] E. Atsan and A. Çağlar, "Farklı stabilizör kullanımının dondurmanın bazı fiziksel ve duyusal özellikleri üzerine etkisi," *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* vol. 39, no. 2, pp. 195-200, 2008.

[97] Z. Triaux, H. Petitjean, E. Marchioni, D. Steyer, and C. Marcic, "Optimization by experimental design of headspace sorptive extraction and solid-phase microextraction for the determination of terpenes in spices," *Food Analytical Methods,* vol. 12, no. 12, pp. 2764-2776, 2019.

[98] L. Giri *et al.*, "In vitro production of phenolic compounds and antioxidant activity in callus suspension cultures of Habenaria edgeworthii: A rare Himalayan medicinal orchid," *Industrial Crops and Products,* vol. 39, pp. 1-6, 2012.

[99] V. L. Singleton and J. A. Rossi, "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents," *American Journal of Enology and Viticulture,* vol. 16, no. 3, pp. 144-158, 1965.

[100] R. Apak, K. Güçlü, M. Özyürek, and S. E. Karademir, "Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method," *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* vol. 52, no. 26, pp. 7970-7981, 2004.

[101] R. Singh, K. Chidambara Murthy, and G. Jayaprakasha, "Studies on the antioxidant activity of pomegranate (Punica granatum) peel and seed extracts using in vitro models," *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* vol. 50, no. 1, pp. 81-86, 2002.

[102] W. Brand-Williams, M.-E. Cuvelier, and C. Berset, "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity," *LWT-Food Science and Technology,* vol. 28, no. 1, pp. 25-30, 1995.

[103] O. S. Toker, S. Karasu, M. T. Yilmaz, and S. Karaman, "Three interval thixotropy test (3ITT) in food applications: A novel technique to determine structural regeneration of mayonnaise under different shear conditions," *Food Research International,* vol. 70, pp. 125-133, 2015.

[104] I. Atik, Z. H. Tekin Cakmak, E. Avcı, and S. Karasu, "The effect of cold press chia seed oil by-products on the rheological, microstructural, thermal, and sensory properties of low-fat ice cream," *Foods,* vol. 10, no. 10, pp. 2302, 2021.

[105] Z. H. Tekin, E. Avci, S. Karasu, and O. S. Toker, "Rapid determination of emulsion stability by rheology-based thermal loop test," *LWT,* vol. 122, pp. 109037, 2020.

[106] M. A. Sen, I. Palabiyik, and S. Kurultay, "The effect of saleps obtained from various Orchidacease species on some physical and sensory properties of ice cream," *Food Science and Technology,* vol. 39, pp. 82-87, 2018.

[107] J.-Y. Hwang, Y.-S. Shyu, and C.-K. Hsu, "Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream," *LWT-Food Science and Technology,* vol. 42, no. 1, pp. 312-318, 2009.

[108] M. Bahramparvar, M. H. HADDAD KHODAPARAST, and S. M. RAZAVI, "The effect of Lallemantia royleana (Balangu) seed, palmate-tuber salep and carboxymethylcellulose gums on the physicochemical and sensory properties of typical soft ice cream," *International Journal of Dairy Technology,* vol. 62, no. 4, pp. 571-576, 2009.

[109] O. B. Karaca, M. Güven, K. Yasar, S. Kaya, and T. Kahyaoglu, "The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers," *International Journal of Dairy Technology,* vol. 62, no. 1, pp. 93-99, 2009.

[110] A. Kurt and I. Atalar, "Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream," *Food Hydrocolloids,* vol. 82, pp. 186-195, 2018.

[111] K. Abdullah and T. Kahyaoglu, "The Physicochemical and Structural Characteristics of Cultivated Sahlep," *International Journal of Secondary Metabolite,* vol. 4, no. 3, Special Issue 2, pp. 488-498, 2017.

[112] M. M. Hürkul, R. B. Çiftçi, and A. Köroğlu, "Investigation of salep and salep containing products in view of food and pharmacy," *Biological Diversity and Conservation,* vol. 13, no. 2, pp. 144-152, 2020.

[113] H. Acar and A. Kurt, "Purified salep glucomannan synergistically interacted with xanthan gum: Rheological and textural studies on a novel pH-/thermo-sensitive hydrogel," *Food Hydrocolloids,* vol. 101, p. 105463, 2020.

[114] C. E. Tamer, B. Karaman, and O. U. Çopur, "A traditional Turkish beverage: Salep," 2006.

[115] T. Büyüksırıt and H. Kuleaşan, "Fourier Dönüşümlü Kizilötesi (FTIR) Spektroskopisi ve Gıda Analizlerinde Kullanımı," *Gıda,* vol. 39, no. 4, pp. 235-241, 2014.

[116] A. Pourjavadi, S. M. Fakoorpoor, and S. H. Hosseini, "Novel cationic-modified salep as an efficient flocculating agent for settling of cement slurries," *Carbohydrate Polymers,* vol. 93, no. 2, pp. 506-511, 2013.

[117] M. Chua, K. Chan, T. J. Hocking, P. A. Williams, C. J. Perry, and T. C. Baldwin, "Methodologies for the extraction and analysis of konjac glucomannan from corms of Amorphophallus konjac K. Koch," *Carbohydrate Polymers,* vol. 87, no. 3, pp. 2202-2210, 2012.

[118] R. Bryant and A. McClung, "Volatile profiles of aromatic and non-aromatic rice cultivars using SPME/GC–MS," *Food Chemistry,* vol. 124, no. 2, pp. 501-513, 2011.

[119] R. Khiari, H. Zemni, and D. Mihoubi, "Raisin processing: Physicochemical, nutritional and microbiological quality characteristics as affected by drying process," *Food Reviews International,* vol. 35, no. 3, pp. 246-298, 2019.

[120] S. Dart and H. Nursten, "Volatile components," in *Coffee*: Springer, 1985, pp. 223-265.

[121] M. D'Auria, R. Lorenz, M. Mecca, R. Racioppi, and V. Antonio Romano, "Aroma components of Cephalanthera orchids," *Natural Product Research,* vol. 35, no. 1, pp. 174-177, 2021.

[122] J. Julsrigival, T. Songsak, C. Kirdmanee, and S. Chansakaow, "Determination of volatile constituents of Thai fragrant orchids by gas chromatography-mass spectrometry with solid-phase microextraction," *J. Nat. Sci,* vol. 12, no. 1, pp. 43-57, 2013.

[123] A. Dalar, Y. Guo, N. Esim, A. S. Bengu, and I. Konczak, "Health attributes of an endemic orchid from Eastern Anatolia, Dactylorhiza chuhensis Renz&Taub.–In vitro investigations," *Journal of Herbal Medicine,* vol. 5, no. 2, pp. 77-85, 2015.

[124] T. N. Minh *et al.*, "Phenolic compounds and antioxidant activity of Phalaenopsis orchid hybrids," *Antioxidants,* vol. 5, no. 3, pp. 31, 2016.

[125] L. F. Ling and S. Subramaniam, "Biochemical analyses of Phalaenopsis violacea orchids," *Asian Journal of Biochemistry,* vol. 2, no. 4, pp. 237-246, 2007.

[126] D. Kotiloğlu, T. Acet, and K. Özcan, "Phytochemical profile and biological activity of a therapeutic orchid from Anatolia: Dactylorhiza romana subsp. georgica," *Journal of Food Measurement and Characterization,* vol. 14, no. 6, pp. 3310-3318, 2020.

[127] R. L. Prior, X. Wu, and K. Schaich, "Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements," *Journal of agricultural and food chemistry,* vol. 53, no. 10, pp. 4290-4302, 2005.

[128] M. A. Rao, "Rheology of Fluid and Semisolid Foods—Principles and Applications Aspen," *Publishers, Inc,* 1999.

[129] G. O. Phillips and P. A. Williams, *Handbook of hydrocolloids*. Elsevier, 2009.

[130] Ş. Ibanoğlu and E. İbanoğlu, "Rheological characterization of some traditional Turkish soups," *Journal of Food Engineering,* vol. 35, no. 2, pp. 251-256, 1998.

[131] P. A. Dakia, C. Blecker, C. Robert, B. Wathelet, and M. Paquot, "Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment," *Food Hydrocolloids,* vol. 22, no. 5, pp. 807-818, 2008.

[132] M. Marcotte, A. R. T. Hoshahili, and H. Ramaswamy, "Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature," *Food Research International,* vol. 34, no. 8, pp. 695-703, 2001.

[133] A. Koocheki, A. R. Taherian, and A. Bostan, "Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of Lepidium perfoliatum seed gum," *Food Research International,* vol. 50, no. 1, pp. 446-456, 2013.

[134] T. Hijazi, S. Karasu, Z. H. Tekin-Çakmak, and F. Bozkurt, "Extraction of natural gum from cold-pressed chia seed, flaxseed, and rocket seed oil by-product and application in low fat vegan mayonnaise," *Foods,* vol. 11, no. 3, p. 363, 2022.

[135] D. Aime, S. Arntfield, L. Malcolmson, and D. Ryland, "Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products," *Food Research International,* vol. 34, no. 2-3, pp. 237-246, 2001.

[136] H. Zhang *et al.*, "Pectin from citrus canning wastewater as potential fat replacer in ice cream," *Molecules,* vol. 23, no. 4, pp. 925, 2018.

[137] J. I. Cottrell, G. Pass, and G. O. Phillips, "The effect of stabilisers on the viscosity of an ice cream mix," *Journal of the Science of Food and Agriculture,* vol. 31, no. 10, pp. 1066-1070, 1980.

[138] H. Goff, V. Davidson, and E. Cappi, "Viscosity of ice cream mix at pasteurization temperatures," *Journal of Dairy Science,* vol. 77, no. 8, pp. 2207-2213, 1994.

[139] A. Kurt and T. Kahyaoglu, "Purification of glucomannan from salep: Part 1. Detailed rheological characteristics," *Carbohydrate Polymers,* vol. 168, pp. 138-146, 2017.

[140] F. Sun, Q. Huang, and J. Wu, "Rheological behaviors of an exopolysaccharide from fermentation medium of a Cordyceps sinensis fungus (Cs-HK1)," *Carbohydrate Polymers,* vol. 114, pp. 506-513, 2014.

[141] A. Kurt and T. Kahyaoglu, "Rheological properties and structural characterization of salep improved by ethanol treatment," *Carbohydrate Polymers,* vol. 133, pp. 654-661, 2015.

[142] S. Karaman, M. T. Yilmaz, and A. Kayacier, "Mathematical approach for two component modeling of salep–starch mixtures using central composite rotatable design: Part II. Dynamic oscillatory shear properties and applicability of Cox–Merz rule," *Food Hydrocolloids,* vol. 31, no. 2, pp. 277-288, 2013.

[143] S. Karaman, "Dynamic mechanical spectra of salep and casein mixtures," *Journal of Food Science and Technology,* vol. 56, no. 3, pp. 1234-1244, 2019.

[144] B. Abu-Jdayil, "Modelling the time-dependent rheological behavior of semisolid foodstuffs," *Journal of Food engineering,* vol. 57, no. 1, pp. 97-102, 2003.

[145] S. Karasu, "Soğuk pres yağlar kullanilarak üretilen salata soslarinin kalite özelliklerinin belirlenmesi," 2015.

[146] C. Liu *et al.*, "Aggregation kinetics and ζ-potential of soy protein during fractionation," *Food Research International,* vol. 44, no. 5, pp. 1392-1400, 2011.

[147] C. Bengoechea, O. G. Jones, A. Guerrero, and D. J. McClements, "Formation and characterization of lactoferrin/pectin electrostatic complexes: Impact of composition, pH and thermal treatment," *Food Hydrocolloids,* vol. 25, no. 5, pp. 1227-1232, 2011.

[148] F. Garcıa-Ochoa, V. Santos, J. Casas, and E. Gómez, "Xanthan gum: production, recovery, and properties," *Biotechnology Advances,* vol. 18, no. 7, pp. 549-579, 2000.

[149] S. Kongruang, M. Thakonthawat, and R. Promtu, "Growth kinetics of xanthan production from uneconomical agricultural products with Xanthomonas campestris TISTR 1100," in *The 2005 Annual Meeting*, 2005.

[150] M. Sharma, A. K. Singh, and D. N. Yadav, "Rheological properties of reduced fat ice cream mix containing octenyl succinylated pearl millet starch," *Journal of Food Science and Technology,* vol. 54, no. 6, pp. 1638-1645, 2017.

[151] H. D. Goff and R. W. Hartel, "Ice cream structure," *Ice cream,* pp. 313-352, 2013.

[152] M. Dogan, A. Kayacier, Ö. S. Toker, M. T. Yilmaz, and S. Karaman, "Steady, dynamic, creep, and recovery analysis of ice cream mixes added with different concentrations of xanthan gum," *Food and Bioprocess Technology,* vol. 6, no. 6, pp. 1420-1433, 2013.

[153] F. Javidi, S. M. Razavi, F. Behrouzian, and A. Alghooneh, "The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream," *Food Hydrocolloids,* vol. 52, pp. 625-633, 2016.

[154] I. T. Norton, F. Spyropoulos, and P. Cox, *Practical food rheology: an interpretive approach*. John Wiley & Sons, 2010.

[155] R. Marshall and W. Arbuckle, "Ice Cream. New York: Chapman &Hall," ed: International Thomson Publishing, 1996.

[156] C. Clarke, *The science of ice cream*. Royal Society of Chemistry, 2015.

[157] M. C. Milliatti and S. C. d. S. LANNES, "Impact of stabilizers on the rheological properties of ice creams," *Food science and Technology,* vol. 38, pp. 733-739, 2018.

[158] Y.-H. Wang, J.-M. Wang, Z.-L. Wan, X.-Q. Yang, and X.-W. Chen, "Corn protein hydrolysate as a new structural modifier for soybean protein isolate based O/W emulsions," *LWT,* vol. 118, p. 108763, 2020.

[159] S. Razmkhah, S. M. A. Razavi, and M. A. Mohammadifar, "Purification of cress seed (Lepidium sativum) gum: A comprehensive rheological study," *Food Hydrocolloids,* vol. 61, pp. 358-368, 2016.

[160] B. Ürkek, "Effect of using chia seed powder on physicochemical, rheological, thermal, and texture properties of ice cream," *Journal of Food Processing and Preservation,* vol. 45, no. 5, p. e15418, 2021.

[161] H. Goktas, H. Dikmen, H. Bekiroglu, N. Cebi, E. Dertli, and O. Sagdic, "Characteristics of functional ice cream produced with probiotic Saccharomyces boulardii in combination with Lactobacillus rhamnosus GG," *LWT,* vol. 153, p. 112489, 2022.

[162] M. L. Herrera, J. I. M'Cann, C. Ferrero, T. Hagiwara, N. E. Zaritzky, and R. W. Hartel, "Thermal, mechanical, and molecular relaxation properties of frozen sucrose and fructose solutions containing hydrocolloids," *Food Biophysics,* vol. 2, no. 1, pp. 20-28, 2007.

[163] Y. Durmaz, M. Kilicli, O. S. Toker, N. Konar, I. Palabiyik, and F. Tamtürk, "Using spray-dried microalgae in ice cream formulation as a natural colorant: Effect on physicochemical and functional properties," *Algal Research,* vol. 47, p. 101811, 2020.

[164] N. Fuangpaiboon and K. Kijroongrojana, "Sensorial and physical properties of coconut-milk ice cream modified with fat replacers," *Maejo International Journal of Science and Technology,* vol. 11, no. 2, p. 133, 2017.

[165] A. Pintor-Jardines, J. L. Arjona-Román, A. Totosaus-Sánchez, P. Severiano-Pérez, L. R. González-González, and H. B. Escalona-Buendia, "The influence of agave fructans on thermal properties of low-fat, and low-fat and sugar ice cream," *LWT,* vol. 93, pp. 679-685, 2018.

[166] M. Al, F. Ersöz, T. Özaktaş, A. Türkanoğlu-Özçelik, and A. Küçükçetin, "Comparison of the effects of adding microbial transglutaminase to milk and ice cream mixture on the properties of ice cream," *International Journal of Dairy Technology,* vol. 73, no. 3, pp. 578-584, 2020.

[167] R. W. Hartel, "Crystallization in foods," in *Handbook of industrial crystallization*: Elsevier, 2002, pp. 287-304.

[168] A. Arslaner and M. A. Salik, "Probiotic ice cream with Malus floribunda fruit sauce: Quality properties, mineral, and volatile composition," *Journal of Food Processing and Preservation,* p. e16566, 2022.

[169] R. Sacchi *et al.*, "Sensory profile, biophenolic and volatile compounds of an artisanal ice cream ('gelato') functionalised using extra virgin olive oil," *International Journal of Gastronomy and Food Science,* vol. 18, p. 100173, 2019.

[170] T. A. Onoğur, *Gıdalarda duyusal değerlendirme*. Sidas Yayıncılık, 2011.

[171] C. Soukoulis, I. Chandrinos, and C. Tzia, "Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream," *LWT-Food Science and Technology,* vol. 41, no. 10, pp. 1816-1827, 2008.

[172] A. P. Ghandehari Yazdi, M. Barzegar, H. Ahmadi Gavlighi, M. A. Sahari, and A. H. Mohammadian, "Physicochemical properties and organoleptic aspects of ice cream enriched with microencapsulated pistachio peel extract," *International Journal of Dairy Technology,* vol. 73, no. 3, pp. 570-577, 2020.

[173] D. Cais-Sokolińska, Ł. K. Kaczyński, P. Bierzuńska, E. Skotarczak, and A. Dobek, "Consumer acceptance in context: Texture, melting, and sensory properties of fried ripened curd cheese," *International Journal of Dairy Technology,* vol. 74, no. 1, pp. 225-234, 2021.

[174] P. R. Los, D. R. S. Simões, L. Benvenutti, A. A. F. Zielinski, A. Alberti, and A. Nogueira, "Combining chemical analysis, sensory profile, CATA, preference mapping and chemometrics to establish the consumer quality standard of Camembert-type cheeses," *International Journal of Dairy Technology,* vol. 74, no. 2, pp. 371-382, 2021.

A

DUYUSAL ANALİZ FORMU

Tablo A1. Duyusal analiz formu

Dondurma Kodu	Duyusal Parametreler									
	Aroma	Ağızda Bıraktığı Tat	Kremsi Yapı	Sakızımsı Yapı	Buzlu Yapı	Pürüzlülük	Yabancı Tat	Renk	Ağızda Erime	Genel Kabul
DS1										
DS2										
DS3										
DS4										
DS5										
DS6										
DS7										
DS8										
DS9										
DS10										
DS11										
DS12										

1=Çok kötü, 2=Kötü, 3=Orta, 4=İyi, 5=Çok iyi

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. A. Arslan, Z. H. Tekın-Cakmak, S. Karasu, O. Sagdıc, "The effect of the use of salep powder obtained from different wild orchid species in Turkey on the rheological properties of ice cream" 5th Internatıonal Aegean Symposium on Natural & Medical Sciences, 25-26 February 2022, İzmir, Turkey.

Makaleler

1. A. Arslan, O. Sagdıc, S. Karasu, Z. H. Tekın-Cakmak, "The effect of the use of salep powder obtained from different wild orchid species in Turkey on the rheological, thermal, and sensory properties of ice cream," *Food Science and Technology*, vol. 43, 2023.