

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



YOĞURT STARTER KÜLTÜRÜ KULLANILARAK
ÜRETİLEN FERMENTE BADEM İÇECEĞİNİN BAZI
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS TEZİ

İDİL DİBEK

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi ERCAN SARICA

BOLU, ARALIK 2025

KABUL VE ONAY SAYFASI

İdil DİBEK tarafından hazırlanan “**YOĞURT STARTER KÜLTÜRÜ KULLANILARAK ÜRETİLEN FERMENTE BADEM İÇECEĞİNİN BAZI ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programında Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir.
29/12/2025

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ercan SARICA
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Hayri COŞKUN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. Emine Mine ÇOMAK GÖÇER
Akdeniz Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu ve Şablonuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir
- aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

.....
İDİL DİBEK

ÖZET

**YOĞURT STARTER KÜLTÜRÜ KULLANILARAK ÜRETİLEN
FERMENTE BADEM İÇECEĞİNİN BAZI ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İDİL DİBEK
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ ERCAN SARICA)**

BOLU, ARALIK - 2025

XIV + 79 sayfa

Bu çalışmanın amacı, yoğurt starter kültürü kullanılarak badem bazlı fermente bir içecek üretmek ve üretim koşullarının ürünün bazı kalite özellikleri üzerindeki etkilerini incelemektir. Bu kapsamda, kabukları soyulmuş çiğ bademler, 1:6 (w/w) oranında su ile karıştırılarak öğütülmüş, süzölmüş ve fermente edilmiştir. Badem bazlı fermente içecek üretiminde iki farklı pastörizasyon sıcaklığı (70 °C/60 sn ve 85 °C/60 sn) ve iki farklı inkübasyon sonlandırma pH değeri (pH 4,40 ve 4,60) uygulanmıştır. Üretilen badem bazlı fermente içecek örneklerinin kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik, biyoaktif ve duyusal özellikleri 4 °C’de 21 günlük depolama süresi boyunca belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 85 °C’de pastörize edilen örneklerin kuru madde, yağ ve protein içerikleri ile titrasyon asitliği değerlerinin daha yüksek olduğu; buna karşın kül ve pH değerlerinin 70 °C’de pastörize edilen örneklerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kimyasal özellikler üzerinde inkübasyon sonlandırma pH değeri ve depolama süresinin belirgin bir etkisi saptanmamıştır. Depolama süresi boyunca, 85 °C’de pastörize edilen örneklerde daha yüksek viskozite ve L* değeri ile daha düşük serum ayrılması ve b* değeri gözlemlenmiştir. İnkübasyon sonlandırma pH değerinin fiziksel özellikler üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Mikrobiyal özellikler üzerinde pastörizasyon sıcaklığı ve depolama süresinin etkili olduğu, en yüksek canlı mikroorganizma sayısının 70 °C’de pastörize edilen örneklerde tespit edildiği belirlenmiştir. Biyoaktif bileşikler, pastörizasyon sıcaklığından etkilenirken, inkübasyon sonlandırma pH değerinden etkilenmemiştir. Toplam fenolik madde miktarı ve FRAP değeri 85 °C’de pastörize edilen örneklerde daha yüksek bulunurken, DPPH değeri 70 °C’de pastörize edilen örneklerde daha yüksek çıkmıştır. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, badem bazlı fermente içecek örnekleri genel olarak panelistler tarafından beğenilmiş ve 9 puan üzerinden ortalama 6-8 arasında puan almıştır. Ancak, depolamanın 21. gününde puanlar 6’nın altına düşmüştür. Sonuç olarak, badem bazlı fermente içecek üretiminde hammaddenin 85 °C’de pastörize edilmesi ve ürünün 4 °C’de 14 gün süreyle depolanmasının kalite özellikleri açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Badem sütü, bitkisel süt, süt analogu, ayran, fermente içecek

ABSTRACT

DETERMINATION OF SOME PROPERTIES OF FERMENTED ALMOND BEVERAGE PRODUCED USING YOGHURT STARTER CULTURE

MASTER THESIS

İDİL DİBEK

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. ERCAN SARICA)

BOLU, DECEMBER 2025

XIV + 79 pages

The aim of this study is to produce an almond-based fermented beverage using a yogurt starter culture and to investigate the effects of production conditions on selected quality attributes of the product. For this purpose, blanched raw almonds were blended with water at a ratio of 1:6 (w/w), ground, filtered, and subsequently fermented. In the production of the almond-based fermented beverage, two different pasteurization temperatures (70 °C/60 s and 85 °C/60 s) and two different incubation termination pH values (pH 4.40 and 4.60) were applied. The chemical, physical, microbiological, bioactive, and sensory properties of the produced almond-based fermented beverage samples were evaluated during 21 days of storage at 4 °C. The results showed that samples pasteurized at 85 °C exhibited higher total solids, fat, and protein contents, as well as higher titratable acidity values, whereas ash content and pH values were higher in samples pasteurized at 70 °C. No pronounced effect of incubation termination pH or storage period on chemical properties was observed. Throughout the storage period, samples pasteurized at 85 °C showed higher viscosity and L* values, along with lower serum separation and b* values. The incubation termination pH had no significant effect on physical properties. Regarding microbiological characteristics, pasteurization temperature and storage time were found to be influential, with the highest viable microorganism counts detected in samples pasteurized at 70 °C. Bioactive compounds were affected by pasteurization temperature, whereas incubation termination pH had no effect. Total phenolic content and FRAP values were higher in samples pasteurized at 85 °C, while DPPH radical scavenging activity was higher in samples pasteurized at 70 °C. According to sensory evaluation results, the almond-based fermented beverage samples were generally accepted by the panelists, receiving mean scores between 6 and 8 on a 9-point hedonic scale. However, sensory scores decreased below 6 on the 21st day of storage. In conclusion, pasteurization of the raw material at 85 °C and storage of the product at 4 °C for up to 14 days were determined to be more suitable for the production of almond-based fermented beverages in terms of quality attributes.

KEYWORDS: Almond milk, plant-based milk, milk analogue, ayran, fermented beverage

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	x
FOTOĞRAF LİSTESİ	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Genel Bilgiler.....	1
1.1.1 Bitkisel İçecekler	2
1.1.2 Bitkisel İçeceklerin Tanımı ve Sınıflandırılması.....	5
1.1.3 Bitkisel İçeceklerin Üretilmesi	6
1.1.4 Badem.....	8
1.1.5 Bademin Bileşimi ve Beslenme Açısından Önemi.....	8
1.1.6 Badem Bazlı İçeceklerin Fermantasyonu	11
2. MATERYAL VE YÖNTEM	20
2.1 Materyal.....	20
2.2 Yöntem	20
2.2.1 Badem Bazlı İçecek Üretiminde Kullanılan Ham Maddenin Hazırlanması	20
2.2.2 Badem Bazlı Fermente İçecek Üretimi	21
2.3 Badem Bazlı İçeceklerde Fermantasyon Öncesi ve Sonrası Uygulanan Analizler	22
2.3.1 Kuru Madde Analizi	23
2.3.2 Yağ Analizi	23
2.3.3 Protein Analizi	23
2.3.4 Kül Analizi.....	24
2.3.5 pH Analizi.....	24
2.3.6 Titrasyon Asitliği Analizi	25
2.3.7 Viskozite Analizi	25
2.3.8 Serum Ayrılması Analizi	25
2.3.8.1 Mezür Yöntemiyle Serum Ayrılması Analizi.....	25
2.3.8.2 Santrifüj Yöntemiyle Serum Ayrılması Analizi	26
2.3.9 Renk Analizi	26
2.3.10 Mikrobiyolojik Analizler	26

2.3.10.1 Seri Dilüsyonlarının Hazırlanması	26
2.3.10.2 Streptokok Sayımı	27
2.3.10.3 Laktobasil Sayımı	27
2.3.10.4 Maya-Küf Sayımı	27
2.3.11 Metanol Ekstraktlarının Hazırlanması	27
2.3.12 Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi	28
2.3.13 Antioksidan Aktivitesi Analizi	28
2.3.13.1 DPPH Yöntemiyle Antioksidan Aktivitesi Analizi	28
2.3.13.2 FRAP Yöntemiyle Antioksidan Aktivitesi Analizi	29
2.3.14 Duyusal Analizler	29
2.3.15 İstatistiksel Analizler	30
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
3.1 Çiğ ve Isıl İşlem Görmüş Badem İçeceği Örneklerinin Kimyasal, Fiziksel ve Biyoaktif Özellikleri	31
3.2 Badem Bazlı Fermente İçecek Örneklerinin Kimyasal Özellikleri	34
3.2.1 Kimyasal Kompozisyonu	34
3.2.1.1 Kuru Madde	35
3.2.1.2 Yağ	37
3.2.1.3 Protein	38
3.2.1.4 Kül	38
3.2.2 Asitlik Değerleri	39
3.2.2.1 pH Değeri	41
3.2.2.2 Titrasyon Asitliği Değeri	42
3.3 Fermente Badem Bazlı Fermente İçecek Örneklerinin Fiziksel Özellikleri	44
3.3.1 Viskozite Değeri	45
3.3.2 Serum Ayrılması	46
3.3.2.1 Mezür Yöntemiyle Serum Ayrılması	46
3.3.2.2 Santrifüj Yöntemiyle Serum Ayrılması	47
3.3.3 Renk Özellikleri	49
3.3.3.1 L* Değeri	50
3.3.3.2 a* Değeri	51
3.3.3.3 b* Değeri	52
3.3.3.4 Beyazlık İndeksi Değeri	53
3.4 Badem Bazlı Fermente İçecek Örneklerinin Mikrobiyal Özellikleri	54
3.4.1 <i>S. thermophilus</i> Sayısı	55
3.4.2 <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> Sayısı	56
3.4.3 Maya-küf Sayısı	58
3.5 Badem Bazlı İçecek Örneklerinin Biyoaktif Özellikleri	58
3.5.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı	60
3.5.2 DPPH Değeri	61
3.5.3 FRAP Değeri	62
3.6 Badem Bazlı Fermente İçecek Örneklerinin Duyusal Özellikleri	63
3.6.1 Renk ve Görünüş	64

3.6.2 Kıvam	65
3.6.3 Tat.....	66
3.6.4 Koku	66
3.6.5 Genel Beğeni	67
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	73



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Bitkisel içeceklerin tüketimini etkileyen başlıca faktörler.....	4
Şekil 2.1. Fermente badem içeceklerin üretim akış şeması	22
Şekil 2.2. Badem bazlı fermente içeceklerin duyu analizinde kullanılan form örneği.....	30



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. 100 g bademin besin değeri	9
Tablo 1.2. 100 g badem bazlı içeceğin enerji değeri.....	10
Tablo 3.1. Çiğ ve ısıtılmış badem bazlı içeceklerin bazı özellikleri ..	31
Tablo 3.2. Badem bazlı fermente içecek örneklerinde belirlenen kuru madde, yağ, protein ve kül ortalama değerleri	34
Tablo 3.3. Badem bazlı fermente içecek örneklerinde belirlenen kuru madde, yağ, protein ve kül değerleri üzerine üretim parametrelerinin etkisi	35
Tablo 3.4. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerinde meydana gelen değişimler	40
Tablo 3.5. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerinin ortalamalarına ait istatistiksel sonuçlar	40
Tablo 3.6. Fermente badem bazlı içecek örneklerinde viskozite, serum ayrılması ve değerlerinde meydana gelen değişimler	44
Tablo 3.7. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin viskozite ve serum ayrılması değerlerinin ortalamalarına ait istatistiksel sonuçlar	45
Tablo 3.8. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin renk özelliklerinde meydana gelen değişimler	49
Tablo 3.9. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin renk değerlerinin ortalamalarına ait istatistiksel sonuçlar	49
Tablo 3.10. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin mikrobiyal özelliklerinde meydana gelen değişimler	54
Tablo 3.11. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçlarına ait ortalama istatistiksel sonuçlar	55
Tablo 3.12. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin biyoaktif özelliklerinde meydana gelen değişimler	58
Tablo 3.13. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin biyoaktif özelliklerine ait ortalama istatistiksel sonuçlar	59
Tablo 3.14. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin duyu değerlendirme puanlarında meydana gelen değişimler	63
Tablo 3.15. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin duyu değerlendirme puanlarına ait ortalama istatistiksel sonuçlar	64

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1. Süzme bezi ile süzülen badem bazlı içeceğin genel görüntüsü...	20
Fotoğraf 2.2. Badem bazlı fermente içecek örneklerinde mezür yöntemiyle serum ayrılmasının belirlenmesi	26



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

%	: Yüzde
µL	: Mikrolitre
ANOVA	: Analysis of Variance (Varyans Analizi)
°C	: Santigrat Derece
dk	: Dakika
FAO	: Food and Agriculture Organization
g	: Gram
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
KOB	: Koloni Oluşturan Birim
L	: Litre
mL	: Mililitre
mM	: Milimolar
mPa·s	: Milipaskal Saniye
N	: Normal
nm	: Nanometre
sn	: Saniye
TE	: Troloks Eğrisi
USDA	: United States Department of Agriculture
WI	: Beyazlık İndeksi

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca her türlü desteğini esirgemeyen bilgi ve tecrübelerini paylaşarak bana önderlik eden ve güvenen, her türlü tecrübelerinden yararlandığım kıymetli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ercan Sarıca'ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisi bilgi ve deneyimleri ile bana yalnızca akademik anlamda değil gerek hayata dair tecrübesiyle de yön vermiştir. Tez çalışması kapsamında duyuşal değerdendirmeye katılan BAİBÜ Gıda Mühendisliğı öğretim üyelerine ve lisansüstü öğrencilerine teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteklerini hissettiğim, her türlü sıkıntıma ve mutluluğuma ortak olan annem Gülhan Aydın Dibek, babam Mehmet Dibek ve kardeşlerim Necati Emre Dibek ve Ahmet Eren Dibek'e teşekkür ederim.

Tez projem kapsamında verdiği desteklerden dolayı Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (Proje No: 2025-TYL-017) teşekkür ederim.

Tez çalışması kapsamında laboratuvar imkanlarından faydalandığım BAİBÜ Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme ve Uygulama Merkezi (YENİGİDAM)'a teşekkür ederim.

Ayrıca laboratuvar imkanlarından yararlanmama imkân sağlayan BAİBÜ Bilimsel, Endüstriyel ve Teknolojik Araştırma Merkezi (BETUM)'a teşekkür ederim.



Aileme

1. GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

Beslenme, bireylerin fizyolojik ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla ihtiyaç duydukları enerji ve besin öğelerini yeterli miktarda almasını ve bu besin öğelerinin vücutta metabolik süreçler aracılığıyla etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayan süreçtir (Tamer ve Nalbant, 2021). Doğru beslenme, bireylerin ihtiyaç duydukları makro ve mikro besin öğelerini günlük olarak yeterli miktarlarda alabilmeleriyle mümkündür (Kris-Etherton vd., 2021). Sağlıklı beslenme kavramı, bireylerin mevcut sağlık durumlarını korumayı ve aynı zamanda uzun vadede karşılaşılabilecekleri kronik hastalıkların riskini azaltmayı amaçlayan, planlı ve dengeli bir beslenme biçimini ifade eder (Baysal, 1998). Bireylerin uzun vadede hastalık riskini en aza indirmesi, beslenme alışkanlıklarının sürdürülebilir olmasına bağlıdır (Pekcan, 2019).

Günümüzde, insanların değişen yaşam tarzlarıyla birlikte beslenme alışkanlıklarında da önemli değişimler gözlenmektedir. Çevresel kaygılar ve etik nedenlerin öne çıkması sonucunda bireyler, alternatif beslenme biçimlerine yönelmeye başlamışlardır (Bengü ve Yılmaz-Ersan, 2022). Bu beslenme biçimlerinden biri de vegan beslenmedir. Vegan beslenmeyi tercih eden bireylerin günlük diyetlerinde hayvansal kaynaklı hiçbir gıda yer almaz. Vejetaryen beslenme ise, bireylerin tükettiği hayvansal ürünlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Vejetaryen beslenmenin alt türlerinden biri olan ovo-vejetaryen beslenmede, bireyler yumurta ve süt ürünlerini diyetlerine dahil etmezler; buna karşın lakto-vejetaryen beslenmede bireyler yalnızca süt ve süt ürünlerini tüketmektedir (Altınay ve Şanlı, 2023; Akpınar vd., 2019).

İnek sütü, insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Ancak son yıllarda birçok tüketici inek sütünü kolaylıkla sindiremediği için inek sütü tüketiminde düşüş yaşanmaya başlanmış ve tüketiciler alternatif bir kaynak arayışına yönelmişlerdir (Reyes-Jurado vd., 2023). Avrupa’da yapılan araştırmalarda, tüketicilerin %15’inin inek sütü ve diğer hayvansal kaynaklı sütler yerine bitkisel süt alternatiflerini tercih ettiği belirlenmiştir (Mäkinen vd., 2016; Janssen vd., 2016). Son dönemlerde gıda sektöründe geniş bir tüketici kitlesine hitap eden bitkisel bazlı içecekler, ham madde kompozisyonlarından besin içeriklerine kadar birçok açıdan farklılık göstermektedir (Korkmaz vd., 2023).

Bu içecekler, elde edildikleri hammaddelere göre sınıflandırılmakta olup; tahıl bazlı (yulaf, mısır, pirinç), tahıl benzeri bitki tohumu bazlı (kinoa, teff, amarant), baklagil bazlı (soya, yer fıstığı, nohut), sert kabuklu meyve bazlı (badem, hindistancevizi, fındık) ve tohum bazlı (susam, kenevir, keten tohumu) olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır (Sethi vd., 2016). Bitkisel bazlı içecekler, renk ve kıvam açısından inek sütüne benzerlik göstermelerine rağmen, besleyici değerleri inek sütüne kıyasla daha düşüktür; bu nedenle vitamin, amino asit ve çeşitli katı madde içeriklerinin artırılması amacıyla çalışmalar devam etmektedir. Üretim süreçleri genel olarak benzese de kullanılan hammaddeye bağlı olarak bazı aşamalarda değişiklikler gözlemlenmektedir (Tangyu vd., 2019).

Badem, yağlı tohumlar arasında en çok tüketilen kuru yemişlerden biridir. Sadece önemli bir protein kaynağı olmakla kalmayıp, aynı zamanda doymamış yağ asitleri, diyet lifi ve çeşitli vitamin ile mineralleri içermesi nedeniyle de tercih edilmektedir. Ayrıca, badem tüketimi sağlık açısından çeşitli olumlu etkilere sahiptir; bunlar arasında antioksidan kapasitesinin artması ve kardiyovasküler sağlığın korunması öne çıkmaktadır (Miraliakbari ve Shahidi, 2008). Yapılan çalışmalarda, düzenli badem tüketiminin glisemik indeksi düşürerek tip 2 diyabetin önlenmesine katkı sağlayabileceği belirtilmiştir (Lu vd.,2019). Bu amaçla, bademden bitkisel bazlı fermente bir süt analogu üretilerek fermentasyon işlemi uygulanmış ve tüketicilere fonksiyonel bir ürün sunulması hedeflenmiştir. Böylece, laktoz intoleransı veya süt proteini alerjisi bulunan bireylerin yanı sıra çevresel kaygılar ve etik sebepler nedeniyle hayvansal sütleri tercih etmeyen tüketiciler için de alternatif bir kaynak geliştirilmiştir (Bernat vd.,2015b).

Bu tez çalışması kapsamında çiğ bademlerden bir badem içeceği üretilmiş ve yoğurt starter kültürü ilavesi ile badem bazlı fermente bir içecek elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda, farklı sıcaklıklarda ve farklı inkübasyon sonlandırma pH değerlerinde üretilen badem bazlı fermente içecek örneklerinin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, duyuşsal ve biyoaktif özellikleri kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

1.1.1 Bitkisel İçecekler

Beslenme, bireylerin büyüme, gelişme ve sağlıklarının sürdürülebilmesi için gereksinim duydukları besinlerin alınması ve bu besinlerin vücutta metabolik süreçler aracılığıyla kullanıma uygun hâle getirilmesini ifade eden bir süreçtir

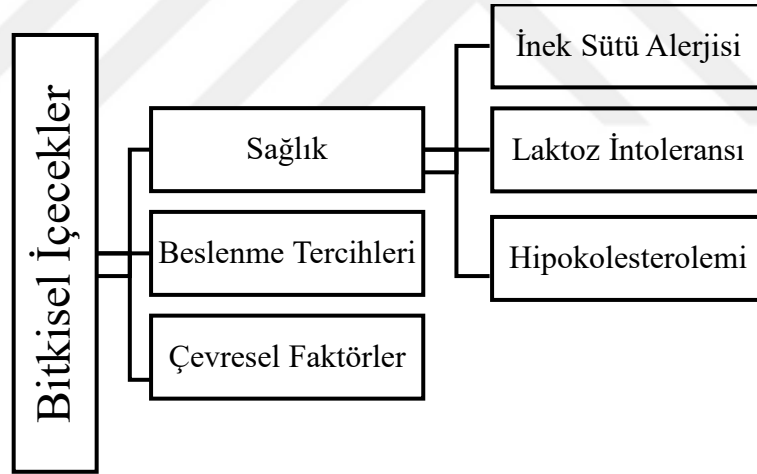
(Tamer ve Nalbant, 2021). İnsan sağlığının korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından, günlük beslenme düzeninde karbonhidratlar, yağlar, proteinler, vitaminler ve mineraller gibi temel besin bileşenlerinin yeterli ve dengeli biçimde alınması büyük önem taşımaktadır (Baba vd., 2024).

Dengeli beslenme, çeşitli besin gruplarının bireyin gereksinimlerine uygun miktar ve oranlarda tüketilmesini ifade eden bir kavramdır. Bu yaklaşım, 20. yüzyılın ortalarından itibaren beslenme biliminin gelişimiyle birlikte giderek daha sistematik bir çerçeveye oturtulmuştur. Bu kapsamda, ilk çalışmalar 1941 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleştirilen Ulusal Beslenme Konferansı ile kamuoyuna duyurulmuştur. Söz konusu süreçte, besin gruplarını sınıflandıran görsel modeller geliştirilmiş ve bu modeller aracılığıyla dengeli beslenme kavramının somutlaştırılması, toplum düzeyinde anlaşılmasının kolaylaştırılması hedeflenmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak, 1943 yılında Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilimler Akademisi tarafından nerilen Diyet Alımı Değerleri (Recommended Dietary Allowances, RDA) modeli geliştirilmiş; bu model, bireylerin yaş, cinsiyet ve fizyolojik durum gibi değişkenleri dikkate alarak beslenme politikalarının şekillendirilmesine önemli katkılar sağlamıştır. RDA'nın oluşturduğu bu model, ilerleyen yıllarda halk sağlığı odaklı beslenme stratejilerinin geliştirilmesine zemin hazırlamış ve beslenme rehberlerinin bilimsel temellerinin güçlendirilmesinde belirleyici bir rol oynamıştır (Casagrande ve Gary-Webb, 2010; Mozaffarian vd., 2018).

İnek sütü, yüksek besin içeriği sayesinde tüketicilerin beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Reyes-Jurado vd., 2023). İnek sütü, küresel üretim hacminin yüksekliği ve geniş coğrafyalarda erişilebilir olmasının bir sonucu olarak, dünya genelinde en yaygın şekilde tercih edilen ve tüketilen süt türü olarak öne çıkmaktadır (Vanga ve Raghavan, 2018). Ancak son yıllarda bazı bireylerin inek sütünü sindirmede güçlük çekmeleri, bu ürünün tüketiminde azalmaya yol açmış ve tüketicilerin alternatif süt kaynaklarına yönelmelerine neden olmuştur (Reyes-Jurado vd., 2023). Bu durumun en yaygın nedeni, bireylerin süt şekeri olan laktozu sindirebilmek için gerekli laktaz enzimini yeterli düzeyde retememeleridir. Bu yetersizlik, laktoz intoleransı olarak tanımlanan sindirim rahatsızlığının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ayrıca bazı bireylerde, inek sütünde bulunan proteinlere karşı bağışıklık sisteminin aşırı duyarlılık geliştirmesi sonucunda süt alerjisi gelişebilmektedir (Silva vd., 2020).

Günümüzde bireylerin yaşam tarzlarında meydana gelen değişimlere paralel olarak beslenme alışkanlıklarında da belirgin farklılıklar gözlenmektedir. Çevresel sorunların artması ve etik değerlere ilişkin duyarlılıkların ön plana çıkması, bireylerin geleneksel beslenme yaklaşımlarının dışına çıkarak alternatif beslenme modellerine yönelmelerine zemin hazırlamıştır (Bengü ve Yılmaz-Ersan, 2022).

Gelişmekte olan ülkelerde süt tüketimi, nüfus artışı, kentleşme sürecinin hızlanması ve ekonomik koşullardaki iyileşmeler doğrultusunda artış eğilimi görülürken; gelişmiş ülkelerde süt tüketiminin zaman içerisinde azaldığı görülmektedir. Nitekim İsviçre’de kişi başına düşen yıllık süt tüketimi 1950 yılında 233 litre iken, bu miktar 2020 yılına gelindiğinde 51 litreye kadar gerilemiştir (Walther vd., 2022). Son dönemlerde özellikle Avrupa, Kuzey Amerika ve Avustralya’da süt ürünleri tüketiminde %12 ile %25 arasında değişen oranlarda bir azalma gözlemlenmektedir. Bu eğilime paralel olarak, tüketicilerin bitkisel bazlı içeceklere (süt analoglarına) yönelme eğilimi artmıştır (Janssen vd., 2016; Sebastiani vd., 2019).



Şekil 1.1. Bitkisel içeceklerin tüketimini etkileyen başlıca faktörler (Yazıcı vd., 2023).

Tüketicilerin bitkisel bazlı içeceklere yöneliminde birçok faktör rol oynamaktadır. Bu faktörler yalnızca bireysel sağlık sorunları (örneğin hiperkolesterolemi, laktoz intoleransı) ile sınırlı kalmamaktadır. Farklı ülkelerdeki dini inançlar, kültürel değerler, etik yaklaşımlar ve çevresel duyarlılık gibi sosyo-kültürel unsurlar da beslenme tercihlerinde etkili olmaktadır. Ayrıca, hayvansal kaynaklı ürünlerin üretim süreçlerinde sera gazı emisyonlarının artması, biyolojik

çeşitliliğin tehlike altına girmesi ve su kaynaklarının aşırı kullanımı gibi çevresel zararlar da bireylerin bitkisel alternatiflere yönelmesini teşvik eden önemli etkenler arasında yer almaktadır (Gökçen vd., 2019).

1.1.2 Bitkisel İçeceklerin Tanımı ve Sınıflandırılması

Bitkisel bazlı içeceklerin tanımlanmasında “süt” teriminin kullanımı günümüzde hâlâ tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Özellikle Hindistan ve Kanada gibi bazı ülkeler, bu ürünlerin “süt” ifadesiyle piyasaya sunulmasını yasal düzenlemelerle sınırlamıştır (Altınay ve Şanlı, 2023).

Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği (2023)’te bitkisel bazlı süt benzeri ürünler için “bitkisel süt” yerine “süt analogları” başlığı altında sınıflandırılmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Hayvansal Gıdalar İçin Özel Hijyen Yönetmeliği (2011)’de çiğ süt, çiftlik hayvanlarından elde edilen, 40 °C’nin üzerinde ısıtılma maruz bırakılmamış süt olarak tanımlanırken; süt ürünleri ise, çiğ sütün farklı işlem basamaklarından geçirilmesiyle veya bu ürünlerin ileri düzeyde işlemlerle dönüştürülmesi sonucunda elde edilen gıda ürünleri şeklinde tanımlanmaktadır. Bu tanımlar, süt analoglarının geleneksel süt ve süt ürünleriyle karıştırılmasını önlemek ve yasal sınıflandırmada açıklık sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Uluslararası bir gıda standardı belirleyicisi olan Kodeks Alimentarius, süt ve süt ürünleri için benzer tanımlar kullanmaktadır. Ancak yalnızca Hindistan cevizi sütü için özel bir standart yayınlanmıştır. Öte yandan, Avrupa Komisyonu (AB) geleneksel gıdalar için bazı özel izinler tanımıştır; bu izinler arasında, İspanya’da üretilen ve yerel dilde “*Leche de almendras*” olarak adlandırılan badem sütü de yer almaktadır. İspanya’daki bu özel durum dışındaki hallerde, Avrupa Birliği ülkeleri hindistan cevizi sütü dışında tüm bitkisel kaynaklı sıvılar için “süt” yerine “içecek” ifadesinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır (Jeske vd., 2018). Türkiye’de de yasal düzenlemeler çerçevesinde, ticari amaçla piyasaya sunulan bitkisel içeceklerin etiketlerinde “süt” ifadesinin kullanılması yasaktır (Türk Gıda Kodeksi, 2011). Benzer şekilde, Amerika Birleşik Devletleri’nde de bitkisel kökenli içeceklerin etiketlenmesine ilişkin yasal düzenlemeler belirli sınırlamalar içermektedir. Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), bitkisel kaynaklı ürünlerin doğrudan “süt” olarak adlandırılmasını yanıltıcı bulmakta ve bu tür ürünlerde “süt” ifadesinin kullanımını uygun görmemektedir. Bunun yerine,

ürün etiketlerinde “badem bazlı içecek”, “soya içeceği” veya “badem bazlı süt analogu” gibi ifadelerin kullanılmasını önermektedir (Yılmaz Tuncel ve Tuncel, 2022).

Son zamanlarda gıda sektöründe geniş bir alana hitap eden bitkisel bazlı süt benzeri ürünlerin ham madde kompozisyonlarından besin içeriklerine kadar pek çok değişken farklılık göstermektedir (Korkmaz vd., 2023). Bitkisel bazlı içecekler (süt analogları); hammaddelerine göre tahıl bazlı (pirinç, yulaf, mısır), tahıl benzeri bitki tohumu bazlı, baklagil bazlı (acı bakla, nohut, soya, börülce, yer fıstığı), sert kabuklu meyve bazlı (Hindistan cevizi, fındık, badem) ve yağlı tohum bazlı (susam, kenevir, keten tohumu) olmak üzere beş ana kategoride sınıflandırılmaktadır (Sethi vd., 2016).

1.1.3 Bitkisel İçeceklerin Üretilmesi

Bitkisel bazlı içeceklerin üretiminde, kullanılan ham maddeye bağlı farklılıklar gözlenirse de genel üretim aşamaları büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Üretim sürecinde ham maddeler, kabuklu veya kabuksuz olmalarına göre sınıflandırılmaktadır. Kabuklu ham maddeler genellikle bir gece önceden suda bekletildikten sonra kabukları soyulurken, kabuksuz ham maddeler doğrudan haşlama işlemine tabi tutulmaktadır. Bu ön işlemlerin tamamlanmasının ardından, bitkisel içeceklerin üretimi standart yöntemler doğrultusunda devam etmektedir (Aydar vd., 2020).

Suda bekletme işleminin ardından ham maddelere haşlama uygulanmakta olup, bu işlem mikrobiyal yükün azaltılması ve enzimlerin inaktivasyonu gibi önemli avantajlar sağlamaktadır (Aydar vd., 2020). Bununla birlikte, haşlama yerine buharda pişirme yöntemi de uygulanabilmekte olup, yapılan çalışmalar bu yöntemin ham maddelerde kuru madde içeriğini artırdığını göstermektedir (Quasem vd., 2009).

Haşlama işleminin ardından ham maddelerdeki fazla su süzülme ve süzme işlemi tamamlandıktan sonra öğütme aşamasına geçilmektedir. Öğütme işlemi, özellikle badem, fındık ve yer fıstığı gibi kabuklu yemişler için uygulanmaktadır (Aydar vd., 2020). Öğütme işlemi sırasında ham maddeye su eklenmekte olup, eklenen su miktarı, öğütme sıcaklığı ve pH gibi faktörler büyük önem taşımaktadır. Özellikle su miktarı, bitkisel içeceklerin yoğunluğu üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir (Seow ve Gwee, 1997).

Öğütme işleminden sonra ham madde içerisinde katı tortu kalabilmekte ve bu fazı, bitkisel içeceklerden ayırmak amacıyla süzme işlemine tabi tutulmaktadır. Süzme aşamasında çift katmanlı peynir bezi, 25 mikronluk muslin bezi ve farklı gözenek boyutlarına sahip filtre kağıtları gibi çeşitli süzme malzemeleri kullanılmaktadır (Aydar vd., 2020a).

Genel olarak bitkisel içeceklerin üretiminde kurutma yöntemi tercih edilmemektedir. Ancak Mäkinen vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada kurularak öğütme işleminin, ıslak öğütme işlemine alternatif olabileceği bir yöntem olabileceği ileri sürülmüştür.

Endüstriyel üretimde, oksidasyonu önlemek ve ürün raf ömrünü uzatmak amacıyla askorbik asit de eklenmektedir (Kohli vd., 2017).

Günlük yaşamda bitkisel içecekleri tercih eden bireyler için, bu ürünlerin protein ve mineral içerikleri büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda endüstride, bitkisel içeceklerin protein içeriğini artırmak ve duysal özelliklerini iyileştirmek amacıyla çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Ayrıca ürünlerin vitamin ve mineral değerlerini yükseltmek için A, B₁, B₂, B₁₂ ve K vitaminleri bitkisel süt analoglarına ilave edilmektedir (Sethi vd., 2016).

Bitkisel içeceklerin raf ömrünü uzatmak ve ürün kalitesini artırmak amacıyla ısıtma işlemi uygulanmaktadır (Khuenpet vd., 2016). Isıtma işlemi, sterilizasyon, pastörizasyon ve ultra yüksek sıcaklık pastörizasyonu olmak üzere üç farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir (Aydar vd., 2020).

Isıtma işleminden sonra homojenizasyon uygulanmaktadır. Homojenizasyonda amaç, son üründe fiziksel dayanıklılığı artırmak ve kalan parçacıkların homojen bir şekilde dağılmasını sağlamaktır (Bernat vd., 2015b). Briviba (2016) yaptığı bir çalışmada ultra yüksek basınç homojenizasyon işleminin badem bazlı içecekler üzerindeki fizikokimyasal ve fizyolojik etkileri incelemiş, ultra yüksek basınç uygulamasının ürün içerisindeki partikül boyutlarını küçülttüğünü bildirmiştir.

Bitkisel ikameli içeceklerde stabiliteyi korumak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla aseptik koşullarda dolum işlemi gerçekleştirilmekte ve 4 °C'de depolanmaktadır (Aydar vd., 2020).

Son dönemde tüketici taleplerindeki artışa paralel olarak, bitkisel içeceklerin ürün kalitesini artırmak amacıyla yeni teknolojilerin kullanımı yaygınlaşmış ve ürün üzerinde sürekli iyileştirmeler yapılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda, bitkisel içeceklerin üretiminde uygulanan yeni teknolojik yöntemler

arasında ultrason, omik ısıtma, yüksek yoğunluklu ultrason ışınlaması, vurgulu elektrik alan ve ultra yüksek ile yüksek basınçlı homojenizasyon işlemleri yer almaktadır (Bernat vd., 2014; Briviba vd., 2016; Codina-Torrella vd., 2017; Sethi vd., 2016; Zaaboul vd., 2019; Kohli vd., 2017; Dhakal vd., 2014; Gul vd., 2018; Lu vd., 2019; Iorio vd., 2019; Maghsoudlou vd., 2016).

1.1.4 Badem

Latince adı *Prunus dulcis* olan badem, Rosaceae familyasının Prunus alt familyasına ait sert çekirdekli bir meyvedir. Literatür incelemelerine göre, badem ilk olarak Orta ve Batı Asya'da yayılmış, daha sonra İran, Pakistan ve Hindistan gibi ülkelerde yetiştirilmeye başlanmıştır. Tarihsel süreç içerisinde, bu bölgelerden Akdeniz ülkelerine kadar yayılarak geniş bir coğrafyada tarımı yapılmaya başlanmıştır (Martínez-Gómez vd., 2007; Mori vd., 2011; Franklin ve Mitchell, 2019). Günümüzde dünya badem üretiminin büyük bir kısmı (%77) Amerika Birleşik Devletleri tarafından gerçekleştirilmektedir (USDA, 2025).

Türkiye, coğrafi konumu ve iklim çeşitliliği sayesinde badem yetiştiriciliğine uygun ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'de badem üretimi ağırlıklı olarak Ege ve Akdeniz bölgelerinde yoğunlaşmakla birlikte, son yıllarda İç Anadolu ve Marmara bölgelerinde de yetiştiricilik faaliyetlerinde artış gözlemlenmiştir. Özellikle yürütülen tarımsal araştırmalar ve destek projeleri sayesinde, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ağırlıklı olmak üzere ülkemizin farklı coğrafi bölgelerinde de badem yetiştiriciliğini yaygınlaştırmaya yönelik çalışmalar sürdürülmekte ve yeni badem bahçeleri kurulmaktadır (Topçuoğlu ve Yılmaz-Ersan, 2020).

FAO 2022 yılı verilerine göre Türkiye, 190 bin tonluk badem üretimi ile dünya genelinde dördüncü sırada yer almaktadır. 2023 yılında ise ülkedeki toplam badem üretimi 170 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de badem üretiminin yoğunlaştığı başlıca iller Adıyaman, Muğla, Mersin, Şanlıurfa, Çanakkale, Antalya, Diyarbakır ve Karaman olup, toplam üretimin yaklaşık %53'ü bu illerden sağlanmaktadır (Ormak, 2024).

1.1.5 Bademin Bileşimi ve Beslenme Açısından Önemi

Badem, içerdiği besin öğelerinin çeşitliliği ve yüksek yoğunluğu nedeniyle, FDA tarafından besin değeri yüksek gıdalar sınıfında değerlendirilmektedir.

Bademin yağ içeriğinin büyük bir kısmı tekli doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. Ayrıca protein, diyet lifi ve şeker açısından da önemli bir besin kaynağıdır. Mineral bileşimi incelendiğinde ise potasyum en yüksek oranda bulunmakta olup, fosfor, magnezyum, kalsiyum ve demir gibi beslenme açısından önemli mineraller de bademde önemli seviyelerde yer almaktadır. Badem, yüksek E vitamini (α -tokoferol) içeriği sayesinde güçlü bir antioksidan kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde, en baskın bileşenin oleik asit olduğu ve bunu önemli oranda linoleik asidin takip ettiği görülmektedir. Bu yağ asidi profili, bademin kalp sağlığı açısından değerli bir gıda olmasına katkı sağlamaktadır (Kalita vd., 2018).

Tablo 1.1. 100 g bademin besin değeri (USDA, 2022a)

Besin Öğeleri	Ortalama Miktar
Su	4,26 g
Nitrojen	4,14 g
Protein	21,4 g
Toplam yağ	51,1 g
Kül	3,16 g
Karbonhidrat	20,0 g
Diyet lif	10,8 g
Yağ Asitleri	
Doymuş Yağ Asitleri	3,78 g
Tekli Doymamış Yağ Asitleri	31,3 g
Çoklu Doymamış Yağ Asitleri	11,2 g
Vitaminler ve Diğer Bileşenler	
Tiamin	0,16 mg
Niasin	3,77 mg
Biotin	57,0 µg
B-6 Vitamini	0,101 mg
Mineraller	
Kalsiyum (Ca)	254 mg
Magnezyum (Mg)	258 mg
Fosfor (P)	503 mg
Potasyum (K)	733 mg
Demir (Fe)	3,74 mg
Çinko (Zn)	2,86 mg
Manganez (Mn)	2,15 mg
Sodyum (Na)	<2,5 mg
Bakır (Cu)	0,91 mg

Son dönemde yapılan bilimsel araştırmalar, badem tüketiminin diyabet, kalp-damar hastalıkları, oksidatif stres ve inflamasyon gibi çeşitli sağlık sorunlarının yönetiminde olumlu etkiler gösterebileceğini ortaya koymuştur.

Düzenli badem tüketimi, kalp sağlığının korunmasında ve ilgili hastalıkların önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu etki, bademin yapısında yüksek oranda bulunan doymamış ve doymuş yağ asitleri, polifenolik bileşikler, potasyum, magnezyum, kalsiyum, fitosteroller, tokoferoller ve diyet lifleri ile ilişkilendirilmektedir (Topçuoğlu ve Yılmaz-Ersan, 2020).

Tablo 1.2. 100 g badem bazlı içeceğin enerji değeri (USDA, 2022b)

Besin Öğeleri	Ortalama Miktar
Su	96,5 g
Enerji	19 kcal
Nitrojen	0,10 g
Protein	0,66 g
Toplam Yağ	1,56 g
Kül	0,60 g
Karbonhidratlar	0,67 g
Diyet lif	<0,75 g
Sakkaroz	0,04 g
Glikoz	<0,25 g
Fruktoz	<0,25 g
Maltoz	<0,25 g
Galaktoz	<0,10 g
Laktoz	<0,25 g
Mineraller	
Kalsiyum	158 mg
Demir	0,12 mg
Magnezyum	8,2 mg
Fosfor	19 mg
Potasyum	49 mg
Sodyum	59 mg
Çinko	0,08 mg
Bakır	0,027 mg
Manganez	0,056 mg
Vitaminler ve Diğer Bileşikler	
Tiamin	0,005 mg
Riboflavin	0,083 mg
Niasin	0,089 mg
Biotin	1,42 µg
B ₆ vitamini	<0,01 mg
Toplam folat	<6 µg
B ₁₂ vitamini	0,45 µg

Lu vd. (2019) yaptıkları çalışmada, badem tüketiminin glisemik kontrolü sağlayarak insülin gereksinimini azalttığını göstermişlerdir. Bademin içerdiği vitaminler, mineraller, diyet lifi ve antioksidan bileşiklerin glisemik indeksi

düşürmede etkili olduğu ve böylece tip 2 diyabetin önlenmesine katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Badem, yüksek yağ içeriği ve düşük karbonhidrat düzeyi ile dikkat çeken zengin besin değerine sahip bir gıdadır. Bademde bulunan karbonhidratların yalnızca küçük bir kısmı sindirilebilir basit şekerler oluşturmaktadır. Avrupa Birliği standartlarına göre, bademin 100 gramında 5 gramdan daha az şeker bulunması nedeniyle, bu besin ‘doğal olarak düşük şekerli’ gıda kategorisinde sınıflandırılmaktadır (Topçuoğlu ve Yılmaz-Ersan, 2020).

Bademde bulunan başlıca serbest şekerler, sindirim sisteminde hızlı bir şekilde emilen monosakkaritlerden olan glikoz ve fruktoz ile bir disakkarit olan sakkarozdur. Tüketilen badem türüne ve olgunluk düzeyine bağlı olarak bu şekerlerin toplam miktarı değişiklik gösterebilmektedir (Yada vd., 2011).

Bademdeki toplam karbonhidrat miktarının önemli bir bölümü, sindirilemeyen karbonhidratlar arasında yer alan diyet lifi tarafından oluşmaktadır ve bu oran yaklaşık %10–14 arasında değişmektedir (Yada vd., 2011). Kalan karbonhidratlar, monosakkarit ve disakkaritlerden oluşmaktadır (Colic vd., 2017).

Bademin bileşiminde az miktarda fruktoz ve glikoz yer almaktadır. Badem bazlı içeceğin kombinasyonuna bağlı olarak soya bazlı içecek ve inek sütü ile karşılaştırıldığında, badem bazlı içeceklerdeki şeker oranı oldukça düşüktür (Bernat vd., 2015a).

Badem bazlı içeceğin *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleriyle fermente edilmesi, probiyotiklerin basit şekerleri birincil enerji kaynağı olarak kullanabilmesi sayesinde gerçekleşmektedir (Al Zahrani vd., 2025).

1.1.6 Badem Bazlı İçeceklerin Fermantasyonu

Bitkisel bazlı içeceklere fermantasyon uygulanmasının amacı, özellikle laktoz intoleransı veya süt proteini alerjisi olan bireyler için inek sütüne alternatif, sağlıklı ve fonksiyonel bir ürün sunmaktır. Fermantasyon sayesinde fermente badem içeceklerinde besin değeri, biyoyararlanımı ve duyu özelliklerinde önemli iyileşmeler meydana gelmektedir. Fermantasyon öncesinde, ürünün fiziksel stabilitesini sağlamak ve faz ayrımını önlemek amacıyla yüksek basınçlı homojenizasyon uygulanmakta ve pastörizasyon işlemi genellikle 85 °C’de 30 dakika süreyle gerçekleştirilerek mikroorganizma yükü azaltılmakta ve fermantasyon için uygun bir ortam oluşturulmaktadır (Bernat vd., 2015b).

Badem ieeği, inek sütüne kıyasla daha az fermente edilebilir şeker içermektedir. Probiyotiklerin yeterli şekilde çoğalabilmeleri için ek besin maddeleri ile desteklenmeleri gerekmektedir. Bu amaçla ortama genellikle inülin, glikoz ve fruktoz gibi bileşenler eklenmektedir. Yapılan araştırmalar, söz konusu takviyelerin laktik asit bakterilerinin canlılığını sağlık açısından önerilen minimum seviyenin ($>10^6$ KOB/mL) zerinde tuttuğunu göstermektedir. Ayrıca, inülin, glikoz ve fruktozun optimize edilmiş kombinasyonlarının kullanılmasıyla probiyotiklerin depolama süresi boyunca yüksek canlılıklarını koruyabildikleri tespit edilmiştir (Muncey ve Hekmat, 2021; Bernat vd., 2015a).

Bitkisel bazlı fermente içeceklerin üretiminde, en önemli aşamalardan biri starter kültürlerin seçimidir. Fermantasyon için genellikle *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus reuteri* gibi yoğurt kültürlerinde yaygın olarak kullanılan probiyotik tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra, *L. plantarum*, *L. rhamnosus* ve *Bifidobacterium* türleri gibi diğer probiyotik bakteriler de tekli veya kombinasyon hlinde kültür olarak kullanılabilir (Bernat vd., 2015c).

İnokülasyon sonrasında badem ieeği, kontrollü koşullar altında inkübasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Fermantasyon genellikle yaklaşık 37 C’de ve pH değerı 4,0–4,97’ye ulaşıncaya kadar yaklaşık 12–24 saat sürmektedir. Laktik asit bakterileri, ortamda bulunan karbonhidratları metabolize ederek laktik asit üretmekte ve buna bağlı olarak pH düşmektedir. Ortamın asitlenmesi, badem proteinlerinin yapısal özelliklerinde değişikliklere yol açarak viskozite değerlerinde artışa ve üründe yoğurt benzeri hafif bir jel yapısının oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, *L. reuteri* gibi suşlar, laktik asit üretimine ek olarak mannitol gibi metabolitler oluşturarak ürünün duyuusal özelliklerini de etkilemektedir (Bernat vd., 2015a).

Fermantasyon sonunda pH değerı istenen seviyeye ulaştığında, süreç hızlı bir şekilde sonlandırılmaktadır. Sıcaklık düşürülerek badem bazlı fermente süt analogu +4–5 C’de depolanmaktadır. Bu ani soğutma, ürünün olgunlaşma ve stabilizasyon sürecini başlatmaktadır. Yapılan araştırmalar, optimize edilmiş badem bazlı fermente içeceklerinin 28 günlük depolama süresi boyunca yüksek probiyotik canlılığını koruyabildiklerini göstermektedir (Bernat vd., 2015b).

Bernat vd. (2015a) tarafından yürütülen bir çalışmada, *L. reuteri* ve *Streptococcus thermophilus* suşları kullanılarak badem bazlı ieeğin fermente edilmesi ve ürünün sindirilebilirlik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Badem bazlı bir ieeğın düşük fermente edilebilir karbonhidrat içeriğini iyileştirmek amacıyla ortama glikoz, fruktoz ve inülin ile zenginleştirme yapılmıştır; 100 mL badem bazlı ieeğ 0,75 g glikoz, 0,75 g fruktoz ve 2 g inülin ilave edilmiştir. Çalışmada, *L. reuteri*'nin ana besin kaynağı olarak glikozu kullandığı ve mannitol gibi metabolitleri sentezlediğı belirlenmiştir. Fermantasyon sonucunda pH değerinin 4,10–4,97 aralığında ölçüldüğü, viskozitenin arttığı ve zayıf bir jel yapısının oluştuğu tespit edilmiştir. Optimize edilen üründe, probiyotik bakterilerin 28 gün boyunca canlılıklarını koruduğu ve depolama süresi boyunca bu bakterilerin canlılıklarının 10⁷ KOB/mL'nin üzerinde kaldığı gözlemlenmiştir. Araştırma sonunda, inülin varlığının probiyotik bakterilerin sindirim sürecindeki canlılığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve ürünün yüksek fonksiyonel değere sahip olduğu ortaya konmuştur.

Bernat vd. (2015c) tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada, *L. rhamnosus*, *B. bifidum* ve *B. longum* gibi farklı probiyotik suşlarla fermente edilen badem bazlı ieeğın in vitro sindirimde Caco-2 hücre modeli üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, fermente edilen badem bazlı ieeğın, fermente edilmemiş badem bazlı ieeğ göre bağırsak hücrelerinin enerji metabolizmasını daha fazla desteklediğini göstermiştir. Özellikle *L. rhamnosus* ile *B. bifidum* veya *B. longum* suşlarının kombinasyonlarının kullanılması, fermantasyon sonucu oluşan ürünlerde Caco-2 hücrelerinin enerji alımını anlamlı düzeyde artırmıştır. Bu bulgular, fermantasyonun badem ieeğının biyoaktif özelliklerini geliştirdiğini ortaya koymaktadır.

zdemir (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada, Mardin ve Diyarbakır illerinin farklı bölgelerinde yetiştirilen bademlerden toplam 22 farklı badem bazlı içecek üretilmiş ve bu ürünlerin fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Araştırmada, elde edilen badem bazlı içeceklerin kuru madde içeriğı %14,51–17,06; kül oranı %0,35–0,55; protein oranı %1,94–4,54; yağ oranı %7,63–10,34 ve toplam karbonhidrat içeriğı %1,46–4,24 aralığında belirlenmiştir. Renk değerleri incelendiğinde L*, a* ve b* parametrelerinin sırasıyla 81,30–87,22, –0,85 – (–0,36) ve 6,62–10,48 aralıklarında değiştiğı rapor edilmiştir. Fonksiyonel zellikler açısından rnlerin ABTS yöntemiyle elde edilen antioksidan aktivite değerleri 0,305–0,396 mg TE/mL arasında, toplam fenolik madde miktarı ise 0,148–0,254 mg GAE/mL arasında llmştir.

Ceylan (2013) tarafından badem bazlı içeceklerin üretim parametrelerinin optimizasyonuna yönelik gerçekleştirilen çalışmada, farklı sulandırma oranları (3–7 kat) ve sulandırma sıcaklıkları (25–85 °C) değerlendirilmiştir. Üretilen badem bazlı içeceklerin ortalama kimyasal bileşimi; kuru madde %12,77, kül %0,43, protein %3,21, yağ %6,85 ve karbonhidrat %2,44 olarak tespit edilmiştir. Ürünlerin ortalama pH değeri 6,62, oleik asit cinsinden titre edilebilir asitlik değeri ise %5,43 olarak belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarları 0,102–0,540 mg GAE/mL aralığında değişmiş olup ortalama değer 0,34 mg GAE/mL olarak bildirilmiştir.

Elsabie ve Aboel Einen (2016) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, badem bazlı içekte dahil olmak üzere farklı bitkisel bazlı içecekler (süt analogları) ile inek sütünün kimyasal ve fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, badem bazlı içeceklerin yüksek yağ içeriği dikkat çekmiş ve bazı formülasyonlarda yağ oranının %7,6 düzeyine ulaştığı rapor edilmiştir. Protein içeriği, inek sütü ve soya bazlı içeceklere kıyasla daha düşük bulunmasına karşın, potasyum içeriğinin inek sütünden daha yüksek olduğu belirlenmiş; bu durum badem bazlı içeceklerin mineral açısından zengin bir alternatif olduğunu göstermiştir. Kimyasal açıdan en dikkat çekici bulgunun, doymamış yağ asitleri oranının bazı örneklerde %91,66 gibi oldukça yüksek seviyelerde bulunması olduğu belirtilmiştir. Bu yüksek oranın temel bileşenini oleik asit oluşturmuştur.

Sezgin (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, farklı bitkisel içeceklerin mikrobiyal ve duyu özellikleri kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Araştırmada badem, ceviz, fındık ve Hindistan cevizi temelli dört farklı bitkisel içecekleri, inek sütüyle karşılaştırılmıştır. İnek sütünün L* değeri (81,38) bitkisel içeceklere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu değere en yakın sonuçlar fındık (80,69) ve badem (75,70) bazlı içeceklerde saptanmıştır. Suda çözünür kuru madde oranı en yüksek değer inek sütünde (%10,02) tespit edilmiştir. Bitkisel bazlı içeceklerde belirlenen suda çözünür kuru madde oranı en yüksek değer sırasıyla fındık (%3,43), badem (%2,46), Hindistan cevizi (%0,94) ve ceviz (%0,13) bazlı içeceklerde tespit edilmiştir.

Devnani vd. (2020) tarafından yürütülen çalışmada, badem örnekleri 1:4 oranında su ile karıştırılarak badem bazlı bir içecek üretilmiştir. Üretilen ürünün kimyasal bileşimi incelendiğinde, kuru madde miktarı %15,0; yağ içeriği %9,5 ve protein içeriği %3,5 olarak belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca badem bazlı içeceğin 45–95 °C arasında 30 dakika süreyle ısıtılması sırasında proteinlerin ısısal

davranışları değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, badem proteinlerinde 55 °C'nin üzerinde denatürasyon başlamaktadır. Isıl işlem sıcaklığı 65–75 °C aralığına ulaştığında proteinlerin agregasyona uğrayarak dallanmış fraktal yapılar oluşturduğu; 85–95 °C'de ise daha geniş, ağ benzeri bir yapı meydana getirerek zayıf fakat yüksek su tutma kapasitesine sahip jeller oluşturdukları tespit edilmiştir. Elde edilen bu jellerin dayanıklılığının geleneksel süt jellerine benzer düzeyde olması, badem proteinlerinin potansiyel bir vegan jel oluşturucu olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Çalışmada ayrıca bademde doğal olarak bulunan yağın jel dayanıklılığını artırdığı, ancak mikro yapıda belirli bir düzensizliğe yol açtığı; bu düzensizliğin ise homojenizasyon işlemiyle giderilebildiği rapor edilmiştir.

Hasan (2012), yürüttüğü çalışmada badem bazlı içeceğin kalite özelliklerini ve raf ömrü stabilitesini incelemiştir. Araştırmada, hammaddeye %0,03 oranında lesitin ilavesi ile pastörizasyon (90 °C, 15 s) ve iki kademeli homojenizasyon (180 MPa ve 40 MPa) uygulamalarının ürün üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada %4 badem kullanılarak üretilen badem bazlı içeceğin kuru madde içeriği %3,51; yağ içeriği %1,82; protein içeriği %0,90 ve kül miktarı %0,11 olarak belirlenmiştir. Mikrobiyolojik açıdan, pastörizasyon ve homojenizasyon işlemlerinin ürünün mikrobiyal güvenliğini sağlamada oldukça etkili olduğu vurgulanmıştır. İşlemler sonucunda toplam bakteri sayısı 2,21 log birim, *Micrococcaceae* sınıfına ait mikroorganizmalar ise 3,64 log birim azaltılmıştır. Ayrıca pastörize edilen örneklerde patojen veya bozulmaya neden olabilecek *Enterobacteriaceae*, maya ve küf türlerine rastlanmamıştır.

Kavas vd. (2022), yumurta beyazı protein tozu ve farklı disakkaritler ile zenginleştirilen badem bazlı içeceklerden yoğurt analogları üretmişlerdir. Araştırmada, badem bazlı içeceğe %1,0 (w/v) oranında sakkaroz ve maltoz eklenmiş, ardından sakkaroz ve maltoz içeren örnekler 85 °C'de 20 dakika pastörize edilerek soğutulmuştur. Soğutma sonrası yumurta akı protein tozu ilave edilen örnekler belirli koşullarda depolanmıştır. Depolama süresince yoğurt analogu örneklerinin pH değerlerinde azalma, laktik asit yüzdelerinde ise artış gözlemlenmiştir. Birinci ve 28. günler arasında sakkaroz ve maltoz ilaveli örneklerde gözlenen asitlik artışının, yalnızca badem içeceğinden üretilen yoğurt analoguna kıyasla daha belirgin seyrettiği belirtilmiştir. Depolama boyunca tüm bitkisel yoğurt analoglarında yağ içeriğinde azalma meydana gelmiş; en fazla yağ

kaybının yalnızca badem içeceğinden üretilen örnekte gerçekleştiği ve bunun serum ayrılması ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrucki* subsp. *bulgaricus* kültürlerinde maltoz ve sakkaroz ilaveli örneklerde gelişimin arttığı belirlenmiş; depolama boyunca maltoz ilaveli örneklerde mikroorganizma sayısı daha yüksek bulunmuştur. Starter kültür sayısı, maltoz ilaveli örnekte en yüksek, yalnızca badem bazlı içecekten elde edilen örnekte ise en düşük düzeyde belirlenmiştir. Duyusal değerlendirmelerde maltoz ve sakkaroz ilaveli örneklerin tekstürel açıdan daha çok beğenildiği; maltoz ilaveli yoğurt analogunun ise inek sütü yoğurduna en yakın özellikler gösterdiği ifade edilmiştir.

Zhao vd. (2021), yaptıkları bir çalışmada badem bazlı içeceklerde protein, yağ ve şeker düzeylerinin asidik jel oluşumu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada protein, yağ ve şeker oranlarının sırasıyla %2-6, %0,8-7, %0,6-7 aralığında değiştiği; *Lactobacillus delbrucki* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* suşları kullanılarak jel yapısının oluşturulduğu rapor edilmiştir. Protein ve yağ oranındaki artışın badem bazlı yoğurt analogunun viskozitesini yükselttiği; şeker oranının artması ise ürünün pH değerini düşürdüğü tespit edilmiştir.

Koptagel (2022), badem, ceviz, fındık, fıstık ve kaju gibi farklı yağlı tohumlar ve inek sütünü kullanarak bitkisel kökenli kefir analogları üretmiş; bu ürünlerin 30 günlük depolama sürecindeki fizikokimyasal yapılarını, duysal değerlendirmelerini ve mikrobiyal özelliklerini incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek kül ve kuru madde değerleri badem bazlı kefir analogunda tespit edilmiştir. En yüksek protein ve karbonhidrat değerleri ise inek sütünden üretilen kefirde olduğu belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca tüm örneklerin pH değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Titrasyon asitliği değerlerinde ilk 15 günde bir azalma kaydedilmiş, 15–30. günler arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir değişim tespit edilmemiştir. Bitkisel kaynaklı kefir analoglarında en yüksek miktarda saptanan uçucu bileşiğin etanol olduğu bildirilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde, örnekler arasında en yüksek ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri, asetik asit bakteri, laktobasil ve laktokok sayısı ve en düşük ortalama maya sayısı inek sütünden üretilen kefirde tespit edilmiştir. Örneklerin tamamında depolama boyunca toplam aerobik mezofilik bakteri, asetik asit bakteri, laktobasil ve laktokok

sayısı 7 log'un altına düşmemiştir. En yüksek L* değeri inek sütünden üretilen kefir örneğinde tespit edilmiştir.

Vashisht vd. (2024), yulaf, badem ve soya bazlı içeceklerin çeşitli özelliklerini karşılaştırmışlardır. Analizler, badem içeceğinin diğer bitkisel bazlı içeceklere göre protein ve yağ içeriğinin daha düşük olduğunu ve kolesterol içermediğini göstermiştir. Badem içeceğinde sıcaklık artışı ile stabilitenin bozulduğu saptanmıştır. Duyusal analizlerde ise badem içeceğinin renginin inek sütüne en çok benzeyen içecek olduğu, ancak gelişen fındık aroması sebebiyle tüketiciler tarafından beğenilmemiştir.

Manzoor vd. (2019), darbeli elektrik alan (PEF) uygulamasının badem bazlı içeceklerin fizikokimyasal, reolojik ve yapısal özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, çiğ badem bazlı içeceklerin viskozitesini 3,86 mPa.s olarak belirlemiştir.

Wansutha vd. (2018) yaptıkları bir çalışmada badem bazlı içeceklerin fermentasyonu sonrası laktik asit bakterilerinin antioksidan özelliklerini incelemiştir. Fermente örneklerde antioksidan kapasitenin ve fenolik bileşik içeriğinin, fermente edilmemiş örneklere kıyasla daha yüksek olduğu; badem bazlı fermente süt analoglarının kardiyovasküler hastalıklar ve kanser gibi kronik hastalıkların önlenmesinde potansiyel bir fonksiyonel besin kaynağı olabileceği ifade edilmiştir.

Al Zahrani vd. (2023) yaptıkları bir çalışmada, soya ve badem bazlı içecekleri ayrı ayrı ve bunların farklı oranlarda karışımlarını *Lactobacillus* türleriyle fermente etmiştir. Depolamanın 0. 7., 14., ve 21. günlerinde toplam fenolik madde, flavonoid içeriği ve antioksidan kapasite belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, soya ve badem bazlı içeceklerin karışımlarından elde edilen fermente içeceklerin, antioksidan aktiviteye sahip probiyotik mikroorganizmaların canlılıklarını sürdürebilecekleri uygun bir ortam sağladığı belirlenmiştir. Fermente örneklerde mikroorganizma canlılık seviyeleri depolama boyunca 6–7 log KOB/mL aralığında değiştiği rapor edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactiplantibacillus pentosus* probiyotik suşları ve bu suşların kombinasyonu kullanılarak badem bazlı içecekleri fermente edilmiş ve bazı kalite özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, badem bazlı fermente içeceklerin kuru madde oranları %6,55 ile %7,98; kül değerleri %0,20 ile %0,27; protein içerikleri %3,27 ile %5,12 ve yağ içerikleri

%3,05 ile %3,91 aralığında değiştiği belirlenmiştir. İki probiyotik suşun birlikte kullanıldığı orneğin en yuıksek toplam fenolik madde iğeriğine (758,8 mg GAE/L) sahip olduğu; yalnızca *L. pentosus* suşu ile fermente edilen orneğin ise en yuıksek antioksidan aktiviteyi gosterdiği saptanmıştır. Tüm fermente içeceklerde probiyotik canlılık düzeyi 14 gün boyunca 8 log KOB/mL'nin üzerinde seyretmiştir. Duyusal açıdan en yuıksek beğeni, iki suşun kombinasyonu ile üretilen ornekte elde edilmiştir (Bekiroğlu vd., 2025).

şahin (2024), ęię bademden üretilen iğeği bitkisel kökenli bir kefir starter kültürü ile fermente ederek kefir analoğu üretmiş ve formülasyona farklı oranlarda (%1, %3, %5) toz badem iç kabuğu eklemiştir. Depolama süresince kabuk oranındaki artışın kuru madde ve kl iğeriklerini yükselttiği, pH değerlerinde artış eğilimi oluşturduğu saptanmıştır. Badem iç kabuğu ilavesi toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteyi artırmış; su tutma kapasitesini yükseltmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde kabuk oranı arttıkęa toplam aerobik mezofilik bakteri ve probiyotik bakteri sayılarının arttığı belirlenmiştir. Ancak duyusal kabul edilebilirlik, kabuk oranının artmasıyla azalmıştır.

Erol (2020), geręekleřtirdięi bir ęalıřmada badem bazlı iğeğe farklı oranlarda muz ve bal ilave etmiş ve kefir starter kültürüyle fermente etmiştir. Üretilen kefir analoglarının 14 günlük depolama süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal değişimleri incelenmiştir. Depolama süresince orneklerin pH değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Örnekler arasında en yuıksek kuru madde iğeriği depolamanın 1. gününde %60 badem bazlı içecek + %25 inek sütü + %10 muz + %5 bal içeren ornekte tespit edilmiştir. En düşük kuru madde miktarı ise %100 badem bazlı iğeeekten üretilen kefir analoğunda belirlenmiştir. Viskozite değerleri tüm orneklerde depolama boyunca azalmıştır. Serum ayrılması en yuıksek düzeyde %95 badem bazlı içecek + %5 bal içeren ornekte geręekleřmiřtir. Mikrobiyolojik analizlerde en yuıksek *Lactobacillus* sayısı %70 badem bazlı içecek içeren ornekte kaydedilmiştir. Duyusal açıdan en yuıksek beğeni düzeyi ise %60 badem bazlı iğeği içeren ornekte elde edilmiştir.

Kundu vd. (2018) yapmış olduğu bir araştırmada, soya ve badem bazlı içecekler ile bunların üç farklı oranda karışımının (%60-40; %50-50; %40-60 soya ve badem bazlı içecek) fizikokimyasal ve duyusal özellikleri inek sütü ile kıyaslanmıştır. Elde edilen verilere göre soya bazlı iğeğin daha yuıksek nem, pH ve protein değerine sahipken; badem bazlı iğeğin kuru madde, titrasyon asitliği,

kül, yağ, demir ve kalsiyum gibi mikro ve makro bileşenleri daha fazla içerdiği rapor edilmiştir. Duyusal analiz sonucunda, %40 soya bazlı içecek-%60 badem bazlı içeceği içeren karışımın en yüksek genel beğeni puanına sahip olduğu ifade edilmiştir.

Bernat vd. (2015b), badem ve fındık bazlı içeceklerin fizikokimyasal ve yapısal kararlılığını yüksek basınçlı homojenizasyon (62, 103 ve 172 MPa) ve ısıtma işlemi (85 °C, 30 dk; 121 °C, 15 dk) uygulanarak incelenmiştir. Yüksek basınçlı homojenizasyon, polidispers yapıyı monodispers hale getirerek partikül boyutunu küçültmüştür; ısıtma işlemi, protein denatürasyonuna, viskozite artışına ve yağ globüllerinin büyümesine neden olmuştur. En yüksek fiziksel kararlılık 172 MPa homojenizasyon ile 85 °C’de 30 dakika ısıtma işleminin birlikte uygulanmasıyla elde edilmiştir. Ayrıca badem bazlı içeceğin (%93,4 nem; %1,37 protein; %6,64 kuru madde), fındık bazlı içeceğe kıyasla (%94,1 nem; %0,65 protein; %5,3 kuru madde) daha zengin bir besinsel profile sahip olduğu belirtilmiştir.

2. MATERİYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Badem bazlı fermente ieeğın üretiminde kullanılan çiğ bademler, Avustralya menşeli olup, Makbul adlı perakende market zincirinin Bolu ilindeki şubesinden satın alınmıştır. Fermantasyon sürecinde, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşlarını içeren, Centro Sperimentale del Latte (CSL, İtalya) kaynaklı liyofilize kültür preparatı toz formda kullanılmıştır.

2.2 Yöntem

2.2.1 Badem Bazlı İçecek retiminde Kullanılan Ham Maddenin Hazırlanması

Bu çalışmada her bir tekerrürde 2250 g olmak üzere toplam 4500 g çiğ badem içi kullanılmıştır. Çiğ badem ileri, su ile 1:3 (ağırlık/hacim) oranında karıştırılarak oda sıcaklığında 16 saat boyunca bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda bademler szlmş, ardından kabukları uzaklaştırılmıştır. Kabuğu soyulan bademler 200 g olacak şekilde tartılmıştır. Tartılan badem örnekleri, daha iyi bir ekstraksiyon elde etmek amacıyla karıştırıcıda (blender) metal bıçak yardımıyla 10 saniyelik  periyot halinde, toplamda 30 sn süre boyunca öğütülmüştür. Bu ilk öğütme işleminin ardından, karışım 500 mL saf su ilave edilmiş ve tekrar 30 sn blender çalıştırılmıştır. Daha sonra, bu karışım 1200 mL olacak şekilde (1:6 oranında) su ilave edilmiştir ve karıştırıcı bu kez 2 dk boyunca aralıksız çalıştırılmıştır. Elde edilen karışım, pamuklu bez (standart Amerikan pamuklu bez) yardımıyla szlmş; sznt badem bazlı içecek olarak kullanılmıştır (Fotoğraf 2.1).



Fotoğraf 2.1. Süzme bezi ile süzülen badem bazlı içecek enel görüntüsü

2.2.2 Badem Bazlı Fermente İçecek Üretimi

Üretilen badem bazlı içecekler iki gruba ayrılmış ve bu gruplar çift cidarlı açık kazan tip bir pastörizatörde sırasıyla 70 °C ve 85 °C’de 60 saniye süreyle pastörize edilmiştir. Pastörizasyon sonrası her bir ana grup, farklı sonlandırma pH değerlerine sahip olacak şekilde kendi içerisinde iki alt gruba ayrılmıştır.

Pastörizasyon işlemi tamamlandıktan sonra badem bazlı içeceklerin sıcaklığı hızlı bir şekilde 42 °C’ye soğutulmuştur. Soğutma işleminin ardından her bir örneğe 0,1 g/L olacak şekilde starter kültür eklenmiştir. İnokülasyondan sonra örnekler inkübatörde 42 °C’de pH 4,6 ve 4,4’e gelinceye kadar inkübe edilmiştir. Bu süreçte fermentasyon, pH 4,6’ya ayarlanan grupta yaklaşık 3 saat, pH 4,4’e ayarlanan grupta ise yaklaşık 4 saat içerisinde tamamlanmıştır. Fermentasyon işlemi bittikten sonra örnekler %0,75 oranında tuz ilave edilip karıştırıldıktan sonra cam numune kaplarına bölünmüştür. Üretilen ayran analogları +4 °C’de 21 gün süresince depolanmıştır.

Genel olarak badem bazlı fermente içeceklerin üretim akış şeması Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

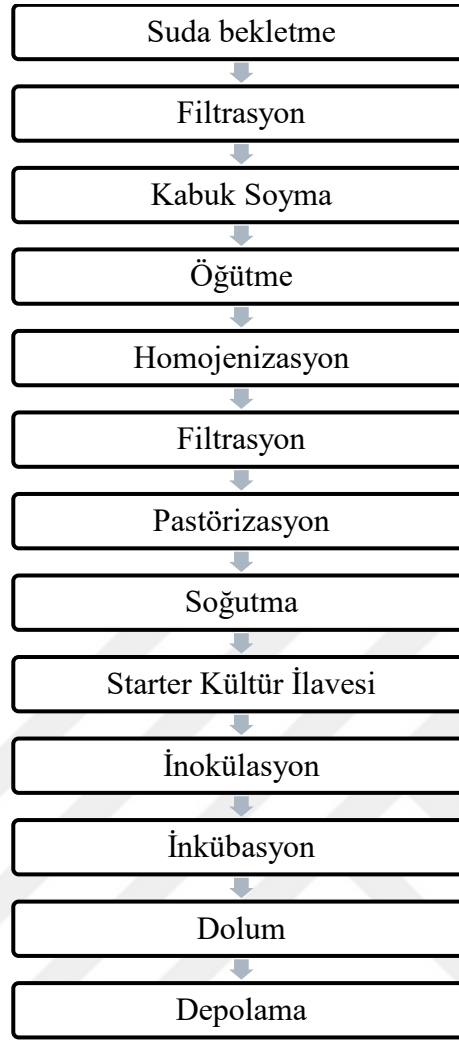
Üretim yöntemlerine bağlı olarak, farklı pastörizasyon sıcaklıkları ve farklı sonlandırma pH değerlerine sahip badem bazlı ayran analogu örnekleri aşağıdaki gibi kodlanmıştır;

70 °C’de pastörize edilip, pH 4,4 değerinde fermentasyonu sonlandırılan örnek A (7044),

70 °C’de pastörize edilip, pH 4,6 değerinde fermentasyonu sonlandırılan örnek B (7046),

85 °C’de pastörize edilip, pH 4,4 değerinde fermentasyonu sonlandırılan örnek C (8544),

85 °C’de pastörize edilip, pH 4,6 değerinde fermentasyonu sonlandırılan örnek D (8546).



Şekil 2.1. Fermente badem içeceklerin üretim akış şeması

2.3 Badem Bazlı İçeceklerde Fermantasyon Öncesi ve Sonrası Uygulanan Analizler

Çiğ ve pastörize edilmiş badem bazlı içecek örneklerinde, fizikokimyasal ve biyoaktif özelliklerin belirlenmesi amacıyla kuru madde, kül, yağ ve protein içerikleri ile pH, titrasyon asitliği, viskozite ve renk parametreleri incelenmiştir. Ayrıca toplam fenolik bileşenler ile antioksidan aktivite düzeyleri de belirlenmiştir.

Badem bazlı fermente içeceklerde kuru madde, yağ, protein ve kül içerikleri depolamanın 1. ve 21. günlerinde analiz edilmiştir. Depolama süreci boyunca örneklerin asitlik, viskozite, serum ayrılması, renk, mikrobiyal canlılık, duyuusal özellikler ve biyoaktif bileşen profillerindeki değişimler ise depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde belirlenmiştir.

2.3.1 Kuru Madde Analizi

Kuru madde analizinde kullanılacak olan metal krezeler etüvde 105 °C’de ön kurutma işlemi uygulanmış, ardından desikatöre koyularak oda sıcaklığına gelene kadar soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan kuru madde kaplarının darası alınmıştır. Her bir kuru madde kabına önceden homojenize edilmiş badem bazlı içecek veya fermente içecek örneğinden yaklaşık 2 g olacak şekilde tartılmıştır. Örnekler etüve alınarak 105±2 °C’de 6 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından örnekler desikatöre alınarak yarım saat boyunca soğuması beklenmiştir. Ardından tekrar tartım işlemi uygulanmıştır (AOAC, 2000).

$$\% \text{ Kuru Madde} = \frac{A_2 - A_1}{m} \times 100$$

A_1 : Boş metal krozenin darası (g)

A_2 : Kurutmadan sonra örnekle birlikte metal krozenin toplam ağırlığı

m : Örnek miktarı (g)

2.3.2 Yağ Analizi

Van Gulik bütirometre kullanılarak, Gerber yöntemiyle yağ analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, bütirometreye öncelikle yoğunluğu 1,82 g/cm³ olan 10 mL sülfürik asit eklenmiş, ardından 11 mL badem bazlı içecek veya fermente içecek örneği ilave edilmiştir. Karışıma 1 mL amil alkol eklendikten sonra, bütirometrelerin ağızları tıpa ile kapatılmış ve homojen bir karışım elde etmek amacıyla bütirometreler dikkatli bir şekilde ters yüz edilerek karıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler önceden ısıtılan santrifüj cihazında 1200 rpm ayarında 5 dk süreyle çalıştırılarak santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi tamamlandıktan sonra bütirometre üzerinde bulunan skala yardımıyla yağ değerleri yüzde cinsinden okunup kaydedilmiştir (AOAC, 2000).

2.3.3 Protein Analizi

Darası alınan Kjeldahl tüplerinin her birine yaklaşık 2,5 g badem bazlı içecek veya fermente içecek örneği tartılıp kaydedilmiştir. Her tüpe, bir adet Kjeldahl tableti eklenmiş ardından 13 mL H₂SO₄ ilave edilerek karıştırılmıştır. Tüpler, yakma ünitesine yerleştirilmiş ve sıcaklık sırasıyla 100 °C’de 10 dk, 200 °C’de 10 dk, 300 °C’de 10 dk ve 400 °C’de 120 dk kalacak şekilde kademeli olarak artırılmıştır. Örnekler toplamda yaklaşık 4 saat yakma işlemine tabi

tutulmuştur. Yakma işleminin tamamlanmasının ardından tüpler oda sıcaklığına soğutulmuş ve teker teker distilasyon ünitesine alınmıştır. Distilasyon işlemi için erlene %4'lük 25 mL borik asit çözeltisi konulmuş ve üzerine beşer damla metil red ve brom kresol indikatörü eklenmiştir. Distilasyon cihazı, Kjeldahl tüpünün içerisine 50 mL saf su ve 50 mL %40'luk NaOH çözeltisi pompalayacak şekilde programlama ayarları yapıldıktan sonra başlatılmıştır. Erlen içerisinde toplanan distilat, 0,1 N HCl kullanılarak pembe-kırmızı renk oluşana kadar titrasyon yapılmıştır. Titrasyonda harcanan asit miktarı kaydedilmiş ve aşağıdaki formül yardımıyla % azot değeri hesaplanmıştır (AOAC, 2000). Bulunan azot miktarını 5,18 kat sayısı ile çarpılarak badem bazlı içecek ve fermente içecek örneklerinde % protein değeri saptanmıştır (Mariotti vd., 2008).

$$\% \text{ Azot} = \frac{A \times 0,1 \times F \times 0,014}{m} \times 100$$

A: Titrasyonda harcanan HCl miktarı (mL)

m: Örnek ağırlığı (g)

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ Azot} \times 5,18$$

2.3.4 Kül Analizi

Kullanılacak olan porselen krozelerin darası alınıp kaydedilmiştir. Her bir porselen kroze yaklaşık 2 g badem bazlı içecek veya fermente içecek örneğinden koyulmuştur. Örnekler önce 100 °C'de 1 saat, sonra 200 °C'de 1 saat ve ardından 550±2 °C'de 6 saat boyunca beyaz veya gri kül rengi oluşuncaya kadar yakılmıştır. Kül fırınından alınan krozeler desikatöre alınıp oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuştur. Oda sıcaklığına gelen porselen krozeler hassas terazide tekrar tartılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir (AOAC, 2000).

$$\% \text{ Kül} = \frac{A_2 - A_1}{m} \times 100$$

A₁: Boş porselen krozenin darası (g)

A₂: Kurutmadan sonra örnekle birlikte porselen krozenin toplam ağırlığı (g)

m: Örnek miktarı (g)

2.3.5 pH Analizi

pH tayini, AOAC (2000) yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm aşamasına geçilmeden önce pH metre cihazı, pH 4,00 ve pH 7,00

değerlerindeki tampon çözeltiler kullanılarak iki noktada kalibrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Kalibrasyonun ardından, badem bazlı içecek ve badem bazlı fermente içecek örnekleri uygun kaplarda hafifçe karıştırılmıştır. Kalibre edilmiş pH metre probu örnek içerisine daldırılmış ve ölçüm değeri sabitlenene kadar beklenmiştir. Sabitlenen değer, örneğin pH değeri olarak kaydedilmiştir.

2.3.6 Titrasyon Asitliği Analizi

Toplam asitlik tayini, AOAC (2000) yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, badem bazlı içecek veya badem bazlı fermente içecek örnekleri cam bir baget yardımıyla karıştırılıp homojen bir hale getirilmiştir. Erlen içerisine yaklaşık 10 g tartılarak kaydedilmiştir. Örneklerin üzerine %1'lik fenolftalein çözeltisinden 3–5 damla eklenmiştir. Ardından, örnekler 0,1 N NaOH çözeltisi ile kalıcı açık pembe renk oluşana kadar titre edilmiştir. Titrasyon sonucunda harcanan NaOH hacmi kaydedilmiştir. Örneklerin toplam asitlik değerleri aşağıdaki formül yardımıyla % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Laktik asit} = \frac{V \times 0,1 \times F \times 0,09}{m} \times 100$$

V = Titrasyonda harcanan NaOH miktarı (mL)

m : Örnek miktarı (g)

2.3.7 Viskozite Analizi

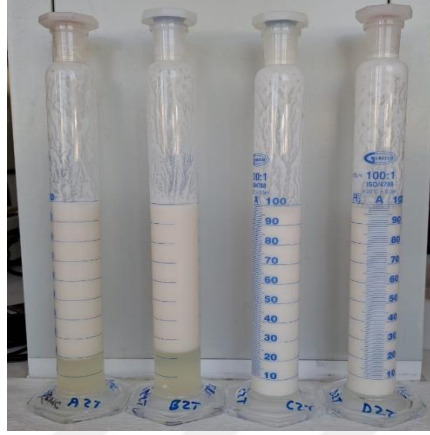
Badem bazlı içecek veya badem bazlı fermente içecek örneklerinin viskozite ölçümleri viskozimetre cihazı (AND vibro viscometer SV-10, Japonya) kullanılarak, 10 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Her bir örnek için 2 dakikalık ölçüm süresi boyunca 15 saniyelik aralıklarla veri alınmış ve toplamda dokuz ölçüm kaydedilmiştir. Elde edilen bu dokuz viskozite değerinin aritmetik ortalaması, ilgili örneğin viskozite değeri olarak kabul edilmiştir. Ölçüm sonuçları, mPa·s biriminde ifade edilmiştir.

2.3.8 Serum Ayrılması Analizi

2.3.8.1 Mezür Yöntemiyle Serum Ayrılması Analizi

Badem bazlı fermente içecek örneklerinin mezür yöntemiyle serum ayrılması değeri, Köksoy (2003) tarafından bildirilen yönteme göre yapılmıştır. Bu yönteme göre ayran analogu örnekleri 100 mL'lik dereceli silindire aktarılmış ve

+4 °C’de 21 gün boyunca depolanmıştır. Mezürlerin üst kısmında oluşan serum miktarına göre örneklerdeki serum ayrılması oranı belirlenmiştir. Ölçümler 3 tekrarlı olarak kaydedilmiştir.



Fotoğraf 2.2. Badem bazlı fermente içecek örneklerinde mezür yöntemiyle serum ayrılmasının belirlenmesi

2.3.8.2 Santrifüj Yöntemiyle Serum Ayrılması Analizi

Badem bazlı fermente içecek örneklerinden 15 g falkon tüplerine tartılmış ve 4 °C’de 3000 g’de 10 dakika boyunca (Sigma 3-16K) santrifüjlenmiştir. Daha sonra ayrılan serum kısım tartılarak yüzde olarak hesaplanmıştır (Soumya vd., 2024).

2.3.9 Renk Analizi

Renk değerleri (L*, a*, b*) Hunter Associates Laboratory Inc (Reston, VA, ABD) HunterLab Color Flex EZ spektrofotometresi kullanılarak ölçülmüştür. Beyazlık indeksi ise aşağıdaki formülü kullanılarak hesaplanılmıştır.

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

2.3.10 Mikrobiyolojik Analizler

2.3.10.1 Seri Dilüsyonlarının Hazırlanması

Mikrobiyolojik analizlerde, inokülasyon aşamasından önce ¼ konsantrasyonda Ringer çözeltisi kullanılarak seri seyreltme işlemleri uygulanmıştır.

2.3.10.2 Streptokok Sayımı

Streptococcus thermophilus sayımı için M17 agar besiyeri tercih edilmiştir. Besiyeri, üretici firmanın önerdiği hazırlama prosedürüne uygun olarak hazırlanmıştır. Numunelerin ekimi dökme plak tekniği uygulanarak yapılmış, petri kapları mikroaerofilik ortamda 37 °C’de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda koloni sayımları gerçekleştirilmiştir (Erkaya vd., 2015).

2.3.10.3 Laktobasil Sayımı

Laktobasil sayılarının belirlenmesinde MRS agar tercih edilmiştir. Besiyeri, üretici firmanın önerdiği hazırlama adımlarına uygun biçimde hazırlanmıştır. Numunelerin inokülasyonu dökme plak tekniği uygulanarak yapılmış, petri kapları 37 °C’de mikroaerofilik ortamda 72 saatte inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından koloni sayımları gerçekleştirilmiştir (Erkaya vd., 2015).

2.3.10.4 Maya-Küf Sayımı

Maya ve küf sayısının belirlenmesinde Yeast Extract Glucose Chloramphenicol (YGC) agar besiyeri tercih edilmiştir. Besiyeri, üretici firmanın önerdiği hazırlama prosedürüne uygun olarak hazırlanmıştır. Numunelerin ekimi yayma plak tekniği kullanılarak yapılmış, petri kapları aerobik koşullarda 25 °C’de beş gün süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda koloni sayımları gerçekleştirilmiştir (Witthuhn vd., 2005).

2.3.11 Metanol Ekstraktlarının Hazırlanması

Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitenin belirlenmesi amacıyla badem bazlı içecek ve badem bazlı fermente içecek örneklerinden metanol ekstraktları hazırlanmıştır. Bu amaçla, her bir örnekten 10 g tartılmış ve üzerine 10 mL metanol ilave edilmiştir. Elde edilen karışım, homojen bir ekstraksiyon sağlamak üzere vorteks cihazında 5 dakika boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra bu karışım buzdolabı koşullarında (+4 °C) 2 saat bekletilmiş ve ardından 4 °C’de, 8600 g kuvvetinde 30 dk santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrası elde edilen süpernatant, Whatman No: 42 filtre kâğıdından süzölmüştür. Elde edilen ekstraktlar, analizler yapılncaya kadar -18 °C’de muhafaza edilmiştir (Akan vd., 2021).

2.3.12 Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi

Örneklerin toplam fenolik bileşik içerikleri, Akan vd. (2021)'in önerdiği ve Folin–Ciocalteu esasına dayanan modifiye yönteme göre tayin edilmiştir. Bu amaçla, metanol ekstraktından 1 mL alınmış ve üzerine 10 kat seyreltilmiş Folin–Ciocalteu reaktifinden 5 mL ilave edilmiştir. Karışım, vorteks ile homojen şekilde karıştırılmış ve oda sıcaklığında 5 dakika bekletilmiştir. Ardından, karışımın üzerine %7,5'lik Na₂CO₃  zeltisinden 4 mL eklenmiş ve oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiştir. Reaksiyonun ardından absorbans değerleri, UV-Görünür spektrofotometre (Shimadzu UV-1700, Japonya) 760 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Standart gallik asit kurvesi 5, 10, 20, 40, 60, 80 ve 100 ppm olmak üzere farklı konsantrasyonlarda hazırlanan  zeltilerin absorbans değerlerine göre çizilmiştir. Kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş olup regresyon katsayısı R²=0,9983 olarak hesaplanmıştır. Analiz sonucunda ölçülen absorbans değerleri, oluşturulan kalibrasyon denklemine uygulanarak toplam fenolik madde düzeyleri hesaplanmış; sonuçlar mg GAE/100 mL örnek olarak raporlanmıştır.

2.3.13 Antioksidan Aktivitesi Analizi

Badem bazlı içecek ve badem bazlı fermente içecek örneklerinin antioksidan kapasiteleri, serbest radikal giderme ve indirgeme potansiyellerini değerlendirmek amacıyla DPPH ve FRAP olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Tüm analizlerde metanol ekstraktları kullanılmış; elde edilen sonuçlar Troloks standart eğrisi yardımıyla hesaplanarak mg Troloks eşdeğeri (TE)/100 mL örnek olarak ifade edilmiştir.

2.3.13.1 DPPH Yöntemiyle Antioksidan Aktivitesi Analizi

Örneklerin DPPH radikal süpürme aktivitesi, Uruç (2022) tarafından bildirilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, metanolde hazırlanan 0,2 mM DPPH  zeltisinden 4 mL ile örnek ekstraktından 4 mL karıştırılmış; karışımlar karanlık koşullarda 30 dakika bekletildikten sonra absorbans değerleri 517 nm'de UV-Görünür spektrofotometre (Shimadzu UV-1700, Japonya) ile ölçülmüştür. Standart troloks kurvesi 10-75  M arasında farklı konsantrasyonlarda hazırlanan  zeltilerin absorbans değerlerine göre çizilmiştir. Kalibrasyon eğrisinin regresyon katsayısı R²=0,9992 ıkmıştır. Analiz sonucunda elde edilen absorbans değerleri, grafikten elde edilen denklemde kalibrasyon eğrisinden elde edilen

denklem aracılığıyla değerlendirilmiş ve örneklerin DPPH radikal giderme kapasitesinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

2.3.13.2 FRAP Yöntemiyle Antioksidan Aktivitesi Analizi

Numunelerin ferrik indirgeme aktivitesi, Benzie ve Devaki (2018) tarafından tanımlanan FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) yöntemine göre belirlenmiştir. Analiz öncesinde FRAP reaktifi, kullanım için 1:1 oranında distile su ile seyreltilmiştir. Sonrasında, her bir mikrolaka kuyucuğuna 20 µL örnek veya standart çözelti eklenmiş ve üzerine 200 µL FRAP reaktifi ilave edilmiştir. Absorbans değerleri 593 nm’de mikrolaka okuyucu (Thermo Scientific Multiskan Go, ABD) ile ölçülmüş; örneklerin antioksidan kapasiteleri standart kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmıştır. Standart troloks kurvesi 0,03-0,5 mM arasında farklı konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltilerin absorbans değerlerine göre çizilmiştir. Oluşturulan kalibrasyon eğrisine ait regresyon katsayısı $R^2=0,9999$ olarak hesaplanmıştır. Analiz kapsamında ölçülen absorbans değerleri, kalibrasyon denkleminde yararlanılarak değerlendirilmiş ve örneklerin FRAP değerlerinin hesaplanmasında esas alınmıştır.

2.3.14 Duyusal Analizler

Örneklerin duyusal değerlendirilmesinde, Drake (2009) tarafından tanımlanan modern duyusal analiz yaklaşımlarından yararlanılmış; hedonik skala yöntemi çalışmanın amacına uygun biçimde uyarlanarak uygulanmıştır. Değerlendirme, renk ve görünüş, yapı ve kıvam, tat ve koku ile genel beğeni olmak üzere dört kategoride, 9 puanlık hedonik skala kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Duyusal analiz, yarı eğitilmiş 13 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistler, üç lisansüstü öğrenci ve Gıda Mühendisliği Bölümünde görev yapan on akademisyenden oluşmaktadır. Katılımcıların sekizi kadın, beşi erkektir. Panelistlerin yaşları 25–53 arasında değişmekte olup, çoğunluğu 35 yaş altındadır.

Bu ürün badem ieeğinin yoğurt starter kültürü ile mayalanmasıyla elde edilen fermente bir ieektir. Bu ürünü hayvansal kaynaklı aıranı düşünerek değerlendirmeyiniz. Her bir ürünü bağımsız olarak 1-9 puan arasında değerlendiriniz.

Panelist:

Tarih:

9: Çok iyi 8-7: İyi 6-5-4: Orta 3-2: Kötü 1: Çok kötü

Örnek no:				
Renk ve Görünüş				
Kıvam				
Tat				
Koku				
Genel Beğeni				

Ürünler hakkında görüşler:

Şekil 2.2. Badem bazlı fermente ieeklerin duyusal analizinde kullanılan form örneğı

2.3.15 İstatistiksel Analizler

Araştırma iki tekerrürlü olarak yürütölmüş olup tüm analizler paralel şekilde gerçekleştirilmiştir. Badem bazlı fermente ieek örneklerinde, depolamanın başlangıç ve bitiş günlerinde yapılan kuru madde, yağ, protein ve kül analizleri arasındaki farklar bağımsız örneklem t-testi ile değerlendirilmiştir. Badem bazlı fermente ieeklerin depolama sürecinde elde edilen diğeri analizlere ait ortalama değerler, örnekler arasındaki farkların ve zamana bağıli değışimlerin ortaya konulabilmesi amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca çiğ ve ısıli işlem görmüş badem bazlı ieeklerin kimyasal, fiziksel ve biyoaktif özelliklerinin karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. ANOVA sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bulunan farklılıklar, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile incelenmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır. İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 25.0 yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Çiğ ve Isıl İşlem Görmüş Badem İçeceği Örneklerinin

Kimyasal, Fiziksel ve Biyoaktif Özellikleri

Badem içeceklerinin üretiminde kullanılan çiğ ile 70 °C ve 85 °C’de pastörize edilen badem bazlı içecek örneklerine ait kimyasal, fiziksel ve biyoaktif analiz sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Çiğ ve ısıtılmış işlem görmüş badem bazlı içeceklerin bazı özellikleri

Analizler	Badem Bazlı Çiğ İçecek	Badem Bazlı Pastörize İçecek (70 °C)	Badem Bazlı Pastörize İçecek (85 °C)
Kuru madde (%)	7,35±0,014 ^b	7,44±0,021 ^b	7,96±0,120 ^a
Yağ (%)	3,48±0,035 ^c	4,08±0,035 ^b	4,45±0,000 ^a
Protein (%)	1,98±0,007 ^a	1,97±0,035 ^a	2,07±0,050 ^a
Kül (%)	0,24±0,000 ^a	0,25±0,001 ^a	0,22±0,018 ^a
pH	6,27±0,028 ^a	6,00±0,000 ^b	6,17±0,078 ^a
Titrasyon asitliği (% LA)	0,11±0,007 ^b	0,14±0,000 ^{ab}	0,16±0,021 ^a
Viskozite (mPa.s)	2,20±0,078 ^b	2,41±0,028 ^b	4,66±0,113 ^a
Renk L*	91,38±0,163 ^a	87,78±0,431 ^c	89,76±0,516 ^b
Renk a*	-0,050±0,028 ^b	0,175±0,078 ^a	-0,660±0,028 ^c
Renk b*	10,05±0,127 ^b	11,75±0,170 ^a	11,63±0,057 ^a
Beyazlık indeksi	86,76±0,198 ^a	83,05±0,431 ^c	84,49±0,290 ^b
Toplam fenolik tayini (mg GAE/100 mL)	5,06±0,339 ^c	6,87±0,184 ^a	5,89±0,212 ^b
DPPH (mg TE/100 mL)	3,45±0,042 ^a	1,07±0,495 ^b	1,83±0,099 ^b
FRAP (mg TE/100 mL)	8,69±2,588 ^a	4,79±0,014 ^a	5,99±0,184 ^a

$\bar{x}$: İki tekekrür ortalaması, SD: Standart sapma, n: Analiz edilen örnek sayısı
^{abc}; Badem bazlı süt analogları arasında fark olup olmadığını gösterir, *: Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0,05$), aynı harf taşıyanlar farksızdır ($p > 0,05$).

Elde edilen sonuçlara göre en düşük kuru madde içeriği (%7,35) çiğ badem bazlı içecek örneğinde saptanırken, en yüksek kuru madde değeri (%7,96) 85 °C’de pastörize edilen badem bazlı içecek örneğinde tespit edilmiştir. Ham maddeye uygulanan ısıtılmış işlem, kuru madde içeriğinde bir artışa neden olmuştur. Bu artışın, çift cidarlı açık kazan tip pastörizatörde gerçekleştirilen ısıtılmış işlem sırasında meydana gelen buharlaşmaya bağlı oransal bir yükselmeden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Özellikle 85 °C’de ısıtılan numunelerin kuru madde içeriğindeki artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Yağ oranı açısından da benzer bir eğilim gözlemlenmiş; en düşük yağ içeriği (%3,48) çiğ badem bazlı içecekte belirlenirken, en yüksek yağ oranı (%4,45) 85

°C’de pastörize edilen örnekte ölçülmüştür. Isıl işleme bağlı olarak badem içeceklerinin yağ değerlerindeki değişim istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Badem içeceklerinin protein içerikleri %1,97 ile %2,07 arasında değişim göstermiştir. Protein içeriği bakımından en yüksek değer, 85 °C’de pastörize edilen örnekte belirlenmiştir. Bununla birlikte, örnekler arasındaki protein değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p > 0,05$) tespit edilmemiştir.

Örneklerin kül değerleri %0,22-0,25 aralığında değişmekte olup, 70 °C’de pastörize edilen badem bazlı içekte daha yüksek oranda bulunmuştur. Örneklerin kül değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0,05$).

Isıl işlem koşullarının, kuru madde ve yağ oranlarında gözlenen değişimlere paralel olarak protein ve kül oranlarında da artışa neden olması beklenmesine rağmen, çalışmada böyle bir artış tespit edilmemiştir. Bu durumun, ısıl işlem sürecinde gerçekleşen agregasyon ile ilişki olduğu ve bileşenler arası kompleks oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir (Nicolai vd., 2011; Tang, 2019). Isıl işlem sırasında bazı proteinlerin kısmi denatürasyona uğrayarak mineraller ve ısıya duyarlı karbonhidratlarla kompleks oluşturduğu düşünülmekte olup; bu komplekslerin ise homojen faz dışında kalarak pastörizatörün tabanında çöktüğü görülmüştür. Bu fraksiyonların pastörize edilmiş örneklere aktarılmamış olması, özellikle protein ve kül içeriklerinde beklenen artışın gözlenmemesine neden olmuştur.

Badem içeceklerinin bileşim değerleri, Bernat vd. (2015d) ile Vanga ve Raghavan (2018) tarafından bildirilen değerlerden daha yüksek, ancak Ceylan (2013), Özdemir (2022) ve Koptagel (2022) tarafından bildirilen değerlerden daha düşüktür. Bu farklılığın, badem çekirdeği-su oranı, öğütmede kullanılan suyun sıcaklığı, bekletme süresi, filtre gözenek boyutu, öğütme süresi ve öğütme yöntemi gibi ekstraksiyon parametrelerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Örneklerin pH değerleri 6,00 ile 6,27 arasında değişmekte olup, en düşük pH değeri 70 °C’de pastörize edilen örnekte kaydedilmiştir ($p < 0,05$). Literatürde badem bazlı içeceklerin pH değerlerinin 6,11–6,98 aralığında değiştiği bildirilmektedir (Ceylan, 2013; Manzoor vd., 2019; Koptagel, 2022; Özdemir, 2022). Bu çalışma kapsamında elde edilen değerlerin literatür aralığı ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Laktik asit cinsinden ifade edilen titrasyon asitliği değerleri %0,11 ile %0,16 arasında değişmiş olup pastörizasyon sıcaklığındaki artışa paralel bir yükseliş göstermiştir. Çiğ örnek ile 85 °C’de pastörize edilen örnek arasındaki titrasyon asitliği farkı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Elde edilen bu bulgular, literatürde bildirilen sonuçlarla uyumludur (Ceylan, 2013; Manzoor vd., 2019; Özdemir, 2022).

Isıl işlem uygulanmasıyla birlikte viskozitede belirgin bir artış gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Viskozite, çiğ örnekte 2,20 mPa·s iken 85 °C’de pastörize edilen örnekte 4,66 mPa·s değerine ulaşmıştır. Bu artışın, kısmi protein denatürasyonuna, daha yüksek yağ içeriğine ve polisakkarit-protein etkileşimlerinin yol açtığı yapısal yoğunlaşmaya bağlı olduğu değerlendirilmektedir (Silva vd., 2020). Manzoor vd. (2019), badem bazlı çiğ içeceğinin viskozite değerini 3,86 mPa·s olarak bildirmişlerdir. Jeske vd. (2016) ise %2,11 protein, %4,40 yağ, %0,35 kül ve %0,06 nişasta içeren ticari bir badem içeceğinin viskozite değerini 4,63 mPa·s olarak rapor etmişlerdir.

Tablo 3.1’de görüleceği üzere, ısıl işlemin renk parametreleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). En yüksek L* (açıklık) ve beyazlık indeksi değerleri badem bazlı çiğ içekte belirlenmiştir. Çiğ örneklerle karşılaştırıldığında, 70 °C’de pastörize edilen örneklerin daha kırmızı bir tona kaydığı, 85 °C’de pastörize edilenlerin ise daha yeşil bir görünüm sergilediği görülmüştür. Isıl işlem uygulanmış örneklerin b* değerleri çiğ badem içeceğine göre daha yüksek çıkmıştır. Bu farkın ısıl işlem kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada badem bazlı içeceklerde elde edilen renk parametreleri Jeske vd. (2016), Manzoor vd. (2019), Özdemir (2022) ve Koptagel (2022) tarafından bildirilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Literatürdeki bu farklılıkların, kullanılan badem çekirdeği-su oranı, öğütmede kullanılan suyun sıcaklığı, filtre gözenek çapı, öğütme süresi ve öğütme yöntemindeki değişikliklerle pastörizasyon normundan kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri 5,06–6,87 mg GAE/100 mL aralığında bulunmuş olup, ısıl işlemin toplam fenolik madde miktarı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Fenolik bileşiklerin ısıl işlem sırasında geçici olarak serbest hale geçebildiği, ancak sıcaklık ve işlem süresine bağlı olarak parçalanabildiği bildirilmektedir. Ceylan (2013) ve Özdemir (2022),

badem bazlı içeceklerin toplam fenolik madde miktarlarını sırasıyla 0,10–0,54 mg/mL ve 0,15–0,25 mg/mL aralıklarında rapor etmişlerdir.

Wansutha vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, badem bazlı içeceklerin fenolik madde içeriği 222,86 µg GAE/g olarak belirlendiği rapor edilmiştir. Topçuoğlu (2019), %3,37 oranında kuru madde içeriğine sahip ticari olarak satılan badem bazlı içeceğin toplam fenolik madde miktarını 21,52 mg GAE/L olarak tespit etmiştir.

Antioksidan kapasite DPPH ve FRAP yöntemleri ile belirlenmiştir. En yüksek antioksidan kapasite çiğ örneklerde, en düşük değerler ise 70 °C’de pastörize edilen örneklerde tespit edilmiştir. Isıl işlemin antioksidan kapasite üzerindeki etkisi DPPH yönteminde istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ($p < 0,05$), FRAP yönteminde anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p > 0,05$).

3.2 Badem Bazlı Fermente İçecek Örneklerinin Kimyasal Özellikleri

3.2.1 Kimyasal Kompozisyonu

Badem bazlı fermente içeceklerde depolamanın 1. ve 21. günlerinde belirlenen kuru madde, yağ, protein ve kül değerlerindeki değişimler ve bu değişimlerin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2. Badem bazlı fermente içecek örneklerinde belirlenen kuru madde, yağ, protein ve kül ortalama değerleri

Fermente İçecek Çeşidi	Depolama Zamanı (Gün)	Kimyasal Özellikler ($\bar{x} \pm SD$) (n=2)			
		Kuru madde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
A (7044)	1	7,49±0,000 ^{aB}	4,08±0,071 ^{aB}	1,80±0,042 ^{aB}	0,25±0,000 ^{aA}
	21	7,44±0,014 ^{aB}	4,10±0,000 ^{aB}	1,67±0,050 ^{aB}	0,24±0,003 ^{aA}
Genel Ortalama (n=4)		7,47±0,030^B	4,09±0,042^B	1,73±0,87^B	0,25±0,005^A
B (7046)	1	7,48±0,007 ^{aB}	4,14±0,014 ^{aB}	1,84±0,021 ^{aB}	0,25±0,000 ^{aA}
	21	7,44±0,014 ^{aB}	4,05±0,071 ^{aB}	1,70±0,113 ^{aB}	0,24±0,000 ^{aA}
Genel Ortalama (n=4)		7,46±0,022^B	4,10±0,067^B	1,77±0,102^B	0,25 ±0,004^A
C (8544)	1	7,99±0,127 ^{aA}	4,55±0,071 ^{aA}	2,09±0,057 ^{aA}	0,23±0,013 ^{aA}
	21	7,94±0,149 ^{aA}	4,57±0,021 ^{aA}	2,00±0,007 ^{aA}	0,23±0,010 ^{aA}
Genel Ortalama (n=4)		7,96±0,117^A	4,56±0,044^A	2,04±0,064^A	0,23±0,010^B

Tablo 3.2. Badem bazlı fermente içecek örneklerinde belirlenen kuru madde, yağ, protein ve kül ortalama değerleri (devam)

Fermente İçecek Çeşidi	Depolama Zamanı (Gün)	Kimyasal Özellikler ($\bar{x} \pm SD$) (n=2)			
		Kuru madde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
D (8546)	1	7,98 $\pm$ 0,141 ^{aA}	4,62 $\pm$ 0,050 ^{aA}	2,09 $\pm$ 0,064 ^{aA}	0,23 $\pm$ 0,013 ^{aA}
	21	7,95 $\pm$ 0,134 ^{aA}	4,54 $\pm$ 0,057 ^{aA}	2,05 $\pm$ 0,035 ^{aA}	0,23 $\pm$ 0,011 ^{aA}
Genel Ortalama (n=4)		7,96$\pm$0,114^A	4,58$\pm$0,061^A	2,07$\pm$0,048^A	0,23$\pm$0,010^B

$\bar{x}$: İki tekerrür ortalaması, SD: Standart sapma, n: Analiz edilen örnek sayısı, ^{A,B}: Badem bazlı süt analogundan üretilen ayran analogu çeşitleri arasında fark olup olmadığını gösterir, ^{a,b}: Depolama boyunca her bir özellik için elde edilen değerler arasında fark olup olmadığını gösterir, *: Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı (p < 0,05), aynı harf taşıyanlar farksızdır (p > 0,05).

Tablo 3.3'te, badem bazlı fermente içecek örneklerinde belirlenen kuru madde, yağ, protein ve külün genel ortalama değerleri ile istatistiksel analiz sonuçları, pastörizasyon sıcaklığı, inkübasyon sonlandırma pH değeri ve depolama süresi faktörleri dikkate alarak sunulmuştur.

Tablo 3.3. Badem bazlı fermente içecek örneklerinde belirlenen kuru madde, yağ, protein ve kül değerleri üzerine üretim parametrelerinin etkisi

	Kuru madde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
Pastörizasyon Sıcaklığı (n=8)				
70 °C 60 sn	7,46 $\pm$ 0,025 ^b	4,09 $\pm$ 0,052 ^b	1,75 $\pm$ 0,090 ^b	0,25 $\pm$ 0,004 ^a
85 °C 60 sn	7,96 $\pm$ 0,107 ^a	4,57 $\pm$ 0,050 ^a	2,05 $\pm$ 0,054 ^a	0,23 $\pm$ 0,009 ^b
İnkübasyon Sonlandırma pH Değeri (n=8)				
pH 4,4	7,71 $\pm$ 0,278 ^a	4,32 $\pm$ 0,253 ^a	1,89 $\pm$ 0,180 ^a	0,24 $\pm$ 0,012 ^a
pH 4,6	7,71 $\pm$ 0,281 ^a	4,34 $\pm$ 0,265 ^a	1,92 $\pm$ 0,175 ^a	0,24 $\pm$ 0,013 ^a
Depolama Zamanı (n=8)				
1. Gün	7,73 $\pm$ 0,278 ^a	4,35 $\pm$ 0,258 ^a	1,95 $\pm$ 0,150 ^a	0,24 $\pm$ 0,013 ^a
21. Gün	7,69 $\pm$ 0,278 ^a	4,31 $\pm$ 0,259 ^a	1,85 $\pm$ 0,188 ^a	0,23 $\pm$ 0,011 ^a

^{a,b}: Üretim yöntemi ve depolama günlerinin genel ortalama değerleri arasında fark olup olmadığını gösterir. Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı (p < 0,05), aynı harf taşıyanlar farksızdır (p > 0,05).

3.2.1.1 Kuru Madde

Tablo 3.2 incelendiğinde, örneklerin ortalama toplam kuru madde değerleri %7,44 ile %7,99 arasında değiştiği görülmektedir. C ve D örneklerinin kuru madde değerleri, A ve B örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin kuru madde genel ortalama değerleri karşılaştırıldığında örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu (p < 0,05) belirlenmiştir. Örneklerin kuru madde değerleri, depolamanın 1. gününe kıyasla 21.

günde hafif bir düşüş göstermiştir; ancak bu azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Depolama süresinden bağımsız olarak, 70 °C’de pastörize edilen badem bazlı içecek örneklerinin ortalama kuru madde değeri %7,46 olarak belirlenmiştir. Buna karşın, 85 °C’de pastörize edilen örneklerde kuru madde değeri %7,96’ya ulaşmış ve 70 °C’de pastörize edilen örneklerle kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Tablo 3.3). Badem bazlı fermente içeceklerin kuru madde değerleri üzerine üretimde kullanılan pastörizasyon sıcaklığının istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Fermente içeceklerde gözlenen kuru madde artışının, üretimde kullanılan badem bazlı içeceklerin ısıtma işlem sürecinde buharlaşmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu durum, pastörize edilmiş badem içeceklerin başlangıç bileşiminin fermente edilen badem içeceklerinin nihai kuru madde düzeylerini doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır. Buna karşılık, inkübasyonun sonlandırıldığı pH değeri ile depolama süresinin kuru madde değerleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$).

Literatür incelendiğinde, Bekiroğlu vd. (2025), farklı kültürlerle fermente ettikleri badem bazlı içeceklerin kuru madde değerlerini %7,26 ile %7,98 arasında tespit etmişlerdir. Bu bulgular, çalışmamızda elde ettiğimiz değerlerle uyum göstermektedir. Badem bazlı kefir analoglarının kuru madde değerleri Koptagel (2022) tarafından %10,62, Şahin (2022) tarafından ise %20,16–24,27 aralığında rapor edilmiştir. Söz konusu araştırmacılar tarafından bildirilen bu kuru madde değerleri, mevcut çalışmada elde edilen değerlerden daha yüksektir. Bu durumun, kefir analogu üretiminde sırasıyla 1:5 ve 1:2 oranında çiğ badem içi:su oranı tercih edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada ise ayran analogu üretimi hedeflendiğinden, daha düşük kuru madde içeriğine sahip bir ürün elde etmek amacıyla çiğ badem içi:su oranı 1:6 olarak belirlenmiştir.

Öte yandan, Erol (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada, ticari badem bazlı içecekten kefir analogu üretilmiş ve bu kefir analogunun 14 günlük depolama süresince kuru madde değerlerinin %6,21’den %3,76’ya düştüğü rapor edilmiştir. Gençgönül (2022) tarafından yapılan bir çalışmada ise 1:5 oranında suyla karıştırılarak elde edilen badem bazlı içecekten üretilen su kefirinde kuru madde değeri %6,94 olarak saptanmıştır. Topçuoğlu (2019) tarafından yapılan çalışmada yoğurt starter kültürü ile fermente edilmiş badem bazlı fermente ürünün kuru madde

değeri %3,29 olarak belirlenmiştir. Bu değerler, mevcut çalışmada elde edilen bulgulardan daha düşüktür. Kuru madde değerini etkileyen faktörler sadece badem-su oranı ile sınırlı olmayıp, süzme yöntemi, öğütme süresi ve yöntemi, pastörizasyon yöntemi ve normu gibi parametrelerin de bu değeri önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir.

3.2.1.2 Yağ

Tablo 3.2’de sunulan verilere göre badem bazlı fermente içecek örneklerinin yağ içerikleri %4,05-4,62 aralığında değişmektedir. Yağ miktarları değerlendirildiğinde, C ve D örneklerinin diğer örneklere kıyasla daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Örnekler arasındaki bu farklılıkların istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Depolama sürecinin etkisine bakıldığında, 1. ve 21. gün sonuçları arasındaki değişimin oldukça sınırlı olduğu, gözlenen küçük farklılıkların da istatistiksel olarak anlamlı düzeye ulaşmadığı görülmektedir ($p > 0,05$).

Pastörizasyon sıcaklığı yağ içeriği üzerinde belirleyici bir faktör olarak ortaya çıkmıştır. 70 °C’de pastörize edilen örneklerin ortalama yağ miktarı %4,09 olarak tespit edilirken, 85 °C’de işlem gören örneklerde bu değer %4,57 seviyesine yükseldiği görülmüştür (Tablo 3.3). Bu bulgu, çalışmada kullanılan badem bazlı fermente içeceklerin bileşimsel farklılıklarıyla uyum göstermektedir. Üretimde kullanılan pastörizasyon sıcaklığının badem bazlı fermente içecek örneklerinin yağ içeriği üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Buna karşın, fermantasyonun sonlandırıldığı pH değerinin ve depolama süresinin yağ içeriğinde kayda değer bir değişime neden olmadığı, bu iki faktörün etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı bulunmadığı görülmüştür ($p > 0,05$).

Koptagel (2022) tarafından yapılan çalışmada badem bazlı kefir analogunun yağ değeri %6,03 olarak bildirilmiştir. Şahin (2022) tarafından yapılan çalışmada ise badem bazlı kefir analoglarının yağ değerleri %6,85–8,35 aralığında olduğu rapor edilmiştir; bu değerler mevcut çalışmadan yüksektir. Bekiroğlu vd. (2025) tarafından yapılan çalışmada yağ değerinin %3,05–3,91 aralığında olduğu bildirilmiş olup, bu değerler mevcut çalışmadan düşüktür. Bitkisel kaynaklı fermente ürünlerin yağ oranlarını, kuru madde de olduğu gibi badem-su oranı,

süzme yöntemi, öğütme süresi ve yöntemi ile pastörizasyon yöntemi ve normu gibi parametreler etkilemektedir.

3.2.1.3 Protein

Tablo 3.2 incelendiğinde, badem bazlı fermente içecek örneklerinin protein içeriklerinin %1,67-%2,09 aralığında değiştiği görülmektedir. C ve D örneklerinin protein oranları diğer örneklerle kıyasla daha yüksek çıkmıştır ($p < 0,05$). Örneklerin 21 günlük depolama süresi boyunca protein içeriğinde bir azalma gözlemlenmiş olmakla birlikte, bu değişimin istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$).

Tablo 3.3'te sunulan bulgular, badem bazlı fermente içeceklerin protein içerikleri üzerinde pastörizasyon sıcaklığının etkili olduğunu göstermektedir. Nitekim 85 °C ve 70 °C'de pastörize edilen örneklerin protein ortalaması sırasıyla %2,05 ve %1,75 olarak belirlenmiş olup, bu iki değer arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Buna karşın, inkübasyon sonlandırma pH değerinin ve depolama süresinin protein içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Mevcut çalışmada elde edilen protein değerleri, Koptagel (2022), Şahin (2022) ve Bekiroğlu vd. (2025) tarafından yapılan çalışmalarda bildirilen değerlerden daha düşüktür. Bu farklılık, badem-su oranı, süzme yöntemi, öğütme süresi ve yöntemi gibi parametrelerin yanı sıra pastörizasyon yöntemi ve normu etkilemektedir. Yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen pastörizasyon işlemi sırasında badem proteinlerinin bir kısmının agregasyonu (kümeleşmesi) çiğ örneğe göre protein oranının azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca Kjeldahl yöntemiyle elde edilen azot oranının proteine dönüştürme katsayısı da sonuçlar arasındaki farklılıklara sebep olmuştur. Bu çalışmada, örneklerde belirlenen azot oranı 5,18 kat sayısı ile çarpılmıştır (Mariotti vd., 2008).

3.2.1.4 Kül

Badem bazlı fermente içeceklerin genel ortalama kül değerleri Tablo 3.2 incelendiğinde, örnek çeşitleri arasında anlamlı farklılıkların bulunduğu görülmektedir ($p < 0,05$). A (7044) ve B (7046) örneklerinin kül içeriği %0,25 olarak belirlenirken, C (8544) ve D (8546) örneklerinde bu değer %0,23'tür. Ancak,

örneklerin kül değerleri depolamanın 1. ve 21. günler için karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli bir fark çıkmamıştır ($p > 0,05$).

Tablo 3.3'te sunulan verilere göre badem bazlı fermente içeceklerin kül (%) içeriği yalnızca pastörizasyon sıcaklığı faktöründen istatistiksel olarak anlamlı biçimde etkilenmiştir ($p < 0,05$). Buna karşın, inkübasyon sonlandırma pH değeri ile depolama süresi faktörlerinin kül içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Literatürde badem bazlı içecekler üzerine yapılan çalışmalar, bu içeceğin potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi mineraller açısından zengin olduğunu göstermektedir (Elsabie ve Aboel Einen, 2016). Ancak bu çalışmada uygulanan 85 °C'lik yüksek pastörizasyon sıcaklığının, badem bazlı içeceklerde mineral yapının stabilitesini olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Isıl işlem sırasında minerallerin çözünürlüklerinin azalması ve bitkisel proteinlerin denatüre olarak minerallerle kompleks yapılar oluşturması, minerallerin sıvı fazdan ayrılmasına yol açabilmektedir. Bu durum, bitkisel içeceklerde analiz edilen toplam kül miktarının daha düşük seviyelerde belirlenmesine neden olabilmektedir (Nicolai vd., 2011; Tang, 2019)

Koptagel (2022) tarafından yapılan çalışmada badem bazlı kefir analogunun kül değeri %0,40 olarak bildirilmiştir. Şahin (2022) tarafından yapılan çalışmada ise badem bazlı kefir analogunun kül değerleri %0,32–0,69 aralığında olduğu rapor edilmiştir. Bu değerler mevcut çalışmada elde edilen değerlerden daha yüksektir. Öte yandan, Bekiroğlu vd. (2025) tarafından yapılan çalışmada badem bazlı fermente içecek örneklerinin kül değerleri %0,20–0,27 aralığında tespit edilmiş olup, bu değerler mevcut çalışmada elde edilen kül değerleri ile benzerlik göstermektedir.

3.2.2 Asitlik Değerleri

Tablo 3.4'te, badem bazlı fermente içecek örneklerinin 21 günlük depolama süresi boyunca pH ve titrasyon asitliği değerlerinde meydana gelen değişimler ile bu değişimlerin istatistiksel değerlendirme sonuçları sunulmuştur.

Tablo 3.4. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerinde meydana gelen değişimler

Fermente İçecek Çeşidi	Depolama Zamanı (Gün)	Kimyasal Özellikler ($\bar{x} \pm SD$) (n=2)	
		pH	Titrasyon Asitliği
A (7044)	1	4,275 $\pm$ 0,021 ^{aA}	0,400 $\pm$ 0,000 ^{aB}
	7	4,280 $\pm$ 0,028 ^{aAB}	0,395 $\pm$ 0,007 ^{aB}
	14	4,315 $\pm$ 0,021 ^{aAB}	0,400 $\pm$ 0,000 ^{aA}
	21	4,335 $\pm$ 0,021 ^{aA}	0,390 $\pm$ 0,000 ^{aB}
Genel Ortalama (n=8)		4,301$\pm$0,032^A	0,396$\pm$0,005^B
B (7046)	1	4,280 $\pm$ 0,028 ^{bA}	0,405 $\pm$ 0,021 ^{aAB}
	7	4,335 $\pm$ 0,007 ^{abA}	0,375 $\pm$ 0,007 ^{aB}
	14	4,345 $\pm$ 0,021 ^{abA}	0,390 $\pm$ 0,014 ^{aA}
	21	4,365 $\pm$ 0,035 ^{aA}	0,390 $\pm$ 0,014 ^{aB}
Genel Ortalama (n=8)		4,331$\pm$0,039^A	0,390$\pm$0,016^B
C (8544)	1	4,180 $\pm$ 0,014 ^{aB}	0,445 $\pm$ 0,007 ^{aA}
	7	4,185 $\pm$ 0,02 ^{aC}	0,445 $\pm$ 0,007 ^{aA}
	14	4,215 $\pm$ 0,021 ^{aC}	0,445 $\pm$ 0,007 ^{aA}
	21	4,225 $\pm$ 0,035 ^{aB}	0,455 $\pm$ 0,007 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		4,201$\pm$0,028^C	0,448$\pm$0,007^A
D (8546)	1	4,215 $\pm$ 0,035 ^{aAB}	0,435 $\pm$ 0,021 ^{aAB}
	7	4,220 $\pm$ 0,028 ^{aBC}	0,440 $\pm$ 0,028 ^{aA}
	14	4,245 $\pm$ 0,035 ^{aBC}	0,435 $\pm$ 0,035 ^{aA}
	21	4,275 $\pm$ 0,035 ^{aAB}	0,430 $\pm$ 0,014 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		4,201$\pm$0,028^C	4,239$\pm$0,036^B

$\bar{x}$: İki tekerrür ortalaması, SD: Standart sapma, n: Analiz edilen örnek sayısı, ^{A,B,C}: Badem bazlı süt analogundan üretilen ayran analogu çeşitleri arasında fark olup olmadığını gösterir, ^{a,b}: Depolama boyunca her bir özellik için elde edilen değerler arasında fark olup olmadığını gösterir, *: Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0,05$), aynı harf taşıyanlar farksızdır ($p > 0,05$).

Tablo 3.5’te, badem bazlı fermente içecek örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerinin genel ortalama sonuçları ile istatistiksel analiz bulguları, pastörizasyon sıcaklığı, inkübasyon sonlandırma pH değeri ve depolama süresi faktörleri dikkate alınarak sunulmuştur.

Tablo 3.5. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerinin ortalamalarına ait istatistiksel sonuçlar

	pH	Titrasyon Asitliği
Pastörizasyon Sıcaklığı (n=16)		
70 °C 60 saniye	4,316 $\pm$ 0,038 ^a	0,393 $\pm$ 0,012 ^b
85 °C 60 saniye	4,220 $\pm$ 0,037 ^b	0,441 $\pm$ 0,016 ^a

Tablo 3.5. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerinin ortalamalarına ait istatistiksel sonuçlar (devam)

	pH	Titrasyon Asitliği
İnkübasyon Sonlandırma pH Değeri (n=16)		
pH 4,4	4,251±0,059 ^a	0,422±0,027 ^a
pH 4,6	4,285±0,060 ^a	0,413±0,029 ^a
Depolama Zamanı (n=8)		
1. Gün	4,238±0,049 ^a	0,421±0,024 ^a
7. Gün	4,255±0,064 ^a	0,414±0,034 ^a
14. Gün	4,280±0,059 ^a	0,418±0,029 ^a
21. Gün	4,300±0,063 ^a	0,416±0,031 ^a

^{a,b}: Üretim yöntemi ve depolama günlerinin genel ortalama değerleri arasında fark olup olmadığını gösterir. Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0,05$), aynı harf taşıyanlar farksızdır ($p > 0,05$).

3.2.2.1 pH Değeri

Tablo 3.4'te sunulan veriler incelendiğinde, badem bazlı fermente içecek örneklerinin genel ortalama pH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmektedir ($p < 0,05$). En düşük pH değeri 4,201 ile C örneğinde, en yüksek pH değeri 4,331 ile B örneğinde saptanmıştır. Örneklerin pH değeri depolamanın 1. gününde en düşük seviyede tespit edilmiş ve depolama süresince hafif bir artış göstermiştir. Bu artış, B örneğinde önemli bulunurken ($p < 0,05$), diğer örneklerde önemli çıkmamıştır ($p > 0,05$).

Tablo 3.5 incelendiğinde, badem bazlı fermente içeceklerin pH değerlerinin pastörizasyon sıcaklığından istatistiksel olarak etkilendiği görülmektedir ($p < 0,05$). Nitekim, 85 °C'de pastörize edilen örneklerin ortalama pH değeri 70 °C'de pastörize edilen örneklerin ortalama pH değerine göre daha düşüktür. Bu durum, 85 °C'deki örneklerin daha yüksek kuru madde, yağ ve protein içeriğine sahip olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, pastörizasyon işlemin badem proteinin tamponlama kapasitesini düşürdüğü bildirilmiştir (Shin vd., 2021). Bu çalışmada, inkübasyon işlemi iki farklı sonlandırma pH değerinde gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, inkübasyon sonlandırma pH değerinin badem bazlı fermente içeceklerin ortalama pH değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0,05$). Nitekim, pH 4,4'te sonlandırılan örneklerin ortalama pH değeri 4,251 iken, pH 4,6'da sonlandırılan örneklerin ortalama pH değeri 4,285 olarak belirlenmiştir. Bu durum, fermente badem bazlı içeceklerde bulunan protein

miktarının düşük olması ve sahip olduğu proteinin düşük tamponlama kapasitesine bağlı olabilir.

Bekiroğlu vd. (2025) tarafından yapılan çalışmada, 14 günlük depolama süresi boyunca badem bazlı fermente içecek örneklerinin pH değerleri 4,22'den 3,60'a düştüğü ve bu düşüşün önemli olduğu bildirilmiştir. Wansutha vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, badem bazlı içeceklerin üç farklı laktik asit bakterisi ile fermentasyonu sonucunda 24. saatte belirlenen pH değerlerinin 4,7 ile 5,6 arasında değiştiği bildirilmiştir. Bernat vd. (2015a) tarafından yapılan bir çalışmada, glikoz, fruktoz ve inülin ile zenginleştirilmiş badem bazlı içecekleri *L. reuteri* ve *S. thermophilus* içeren kültürle fermente edilmiştir. Üretilen badem bazlı fermente içecek örneğinin 28 günlük depolama süresi boyunca ortalama pH değerleri 4,63-4,66 aralığında değişmiştir. Depolama boyunca pH değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur (Bernat vd., 2015a). Badem bazlı kefir analoglarında belirlenen pH değerleri; Koptagel (2022) tarafından yapılan çalışmada 4,80–4,89 aralığında, Erol (2020) tarafından yapılan çalışmada 4,50-4,65 aralığında, Şahin (2022) tarafından yapılan çalışmada 4,22–4,53 aralığında bulunmuştur. Mevcut çalışmada elde edilen pH değerleri, literatürdeki bu bulgularla genel olarak uyum göstermektedir.

3.2.2.2 Titrasyon Asitliği Değeri

Badem bazlı fermente örneklerin titrasyon asitliği değerleri Tablo 3.4'te sunulmuştur. Badem bazlı içeceklerin titrasyon asitliği değerine (%0,14–0,16) kıyasla, badem bazlı fermente içecek örneklerinde belirgin bir asitlik artışı gözlenmektedir. Asitlikteki bu artış, fermentasyon sırasında ilave edilen laktik asit bakterilerinin ortamda bulunan monosakkaritleri ve disakkaritleri metabolize etmesiyle ilişkilendirilebilir. Genel ortalama titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde, C ve D örnekleri A ve B örneklerine göre daha yüksek değerler göstermektedir ve bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Öte yandan, A (%0,396) ve B (%0,390) ile C (%0,448) ve D (%0,435) örnekleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca örneklerin titrasyon asitliği değerlerinde önemli bir değişim görülmemiştir.

Örneklerin titrasyon asitliği değerleri ile pH değerleri arasında ters orantı gözlenmektedir. Tablo 3.5 incelendiğinde, pastörizasyon sıcaklığının artması

titrasyon asitliği değerlerinde anlamlı bir yükselişe neden olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). İnkübasyon pH 4,4'te sonlandırılan örneklerin titrasyon asitliği değeri pH 4,6'da sonlandırılan örneklerle göre daha yüksek bulunmuştur. Ancak, 3.2.5'teki pH başlığında belirtildiği gibi, inkübasyon sonlandırma pH değerinin titrasyon asitliği üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi gözlenmemiştir ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca titrasyon asitliği değerlerinde belirgin bir değişim gözlenmemiştir; 1. günde %0,421 olan değer, 21. günde 0,416'ya gerilemiş, ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Badem bazlı fermente içeceklerin pH ve titrasyon asitliği değerlerinde gözlenen değişimler, ürünün sahip olduğu düşük tamponlama kapasitesi ile yakından ilişkilidir. Bitkisel bazlı içecekler, inek sütüne kıyasla daha düşük protein içeriğine sahip olduklarından, fermentasyon sırasında oluşan organik asitlere karşı sınırlı bir tamponlama etkisi göstermektedir. Süt ürünlerinde tamponlama kapasitesi büyük ölçüde kazeinler, fosfatlar ve sitratlar tarafından sağlanırken, badem bazlı içeceklerde bu bileşenlerin düşük seviyelerde bulunması, pH değerinin daha hızlı düşmesine neden olmaktadır. Laktik asit bakterileri tarafından fermentasyon süresince üretilen laktik asit miktarındaki düşük değişimler dahi, badem bazlı içeceklerde belirgin pH düşüşlerine yol açabilmektedir. Bu durum, pH değerleri ile titrasyon asitliği arasındaki ilişkinin süt bazlı ürünlere kıyasla daha keskin olmasına neden olmaktadır. Literatürde, badem, soya ve yulaf bazlı fermente içeceklerde pH değerinin hızlı düşmesine karşın titrasyon asitliği artışının sınırlı kaldığı; bunun temel nedeninin bitkisel matrislerin düşük tamponlama kapasitesi olduğu bildirilmektedir (Bernat vd., 2015a; Tangyu vd., 2019; Jeske vd., 2018).

Bekiroğlu vd. (2025) tarafından yapılan çalışmada, 14 günlük depolama süresi boyunca badem bazlı fermente içecek örneklerinin laktik asit cinsinden titrasyona asitliği değerleri %0,34 ile %0,74 aralığında değişmiştir. Bernat vd. (2015a) tarafından yapılan bir çalışmada, üretilen badem bazlı fermente içecek örneğinin laktik asit cinsinden titrasyon asitliği değerleri depolamanın 1. gününde %1,90, 7. gününde %2,23, 14. gününde %2,23, 21. gününde %2,19 ve 28. gününde %2,26 olarak bildirilmiştir. Badem bazlı kefir analoglarında belirlenen titrasyon asitliği değerleri; Koptagel (2022) tarafından yapılan çalışmada malik asit cinsinden %0,34–0,36, Şahin (2022) tarafından yapılan çalışmada laktik asit cinsinden %0,80–0,99 aralığında bulunmuştur.

3.3 Fermente Badem Bazlı Fermente İçecek Örneklerinin Fiziksel Özellikleri

Tablo 3.6’da badem bazlı fermente içeceklerin depolama süresi boyunca viskozite ve serum ayrılması değerlerinde meydana gelen değişimler ile bu değişimlerin istatistiksel değerlendirme sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.6. Fermente badem bazlı içecek örneklerinde viskozite, serum ayrılması ve değerlerinde meydana gelen değişimler

Fermente İçecek Çeşidi	Depolama Zamanı (Gün)	Fiziksel Özellikler ($\bar{x} \pm SD$) (n=2)		
		Viskozite (mPa·s)	Serum Ayrılması (x mL/100 mL)	Serum Ayrılması (%)
A (7044)	1	2,84±0,042 ^{aB}	18,09±4,122 ^{bA}	73,22±0,431 ^{aA}
	7	2,96±0,028 ^{aC}	20,67±2,828 ^{abA}	72,31±2,270 ^{aA}
	14	2,90±0,240 ^{aC}	23,00±1,881 ^{abA}	71,49±0,085 ^{aA}
	21	3,01±0,028 ^{aC}	27,00±1,881 ^{aA}	67,57±3,415 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		2,93±0,116^C	22,19±4,105^B	71,14±2,781^A
B (7046)	1	2,97±0,035 ^{aB}	21,67±6,131 ^{aA}	74,47±0,276 ^{aA}
	7	2,79±0,127 ^{aC}	24,50±6,364 ^{aA}	74,02±0,347 ^{aA}
	14	2,75±0,078 ^{aC}	28,00±6,604 ^{aA}	72,98±1,124 ^{aA}
	21	2,86±0,127 ^{aC}	33,00±6,604 ^{aA}	71,31±2,482 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		2,84±0,116^C	26,79±6,638^A	73,19±1,666^A
C (8544)	1	6,24±0,050 ^{aA}	3,50±0,707 ^{aB}	34,17 ±1,068 ^{cC}
	7	5,34±0,205 ^{cB}	4,75±1,301 ^{aB}	51,37±0,976 ^{aB}
	14	5,37±0,021 ^{cB}	5,67±0,941 ^{aB}	48,58±0,827 ^{aB}
	21	5,73±0,035 ^{bB}	6,50±1,655 ^{aB}	42,83±1,492 ^{bB}
Genel Ortalama (n=8)		5,67±0,397^B	5,10±1,500^C	44,23±7,084^B
D (8546)	1	6,30±0,078 ^{aA}	3,34 ±1,888 ^{aB}	43,06±0,601 ^{bB}
	7	6,11±0,085 ^{abA}	3,75±1,768 ^{aB}	53,54±1,782 ^{aB}
	14	6,14±0,170 ^{abA}	4,42±0,827 ^{aB}	49,96±2,411 ^{aB}
	21	5,98±0,035 ^{bA}	6,57±2,588 ^{aB}	44,29±0,686 ^{bB}
Genel Ortalama (n=8)		6,13±0,145^A	4,50±1,925^C	47,71±4,701^B

$\bar{x}$: İki tekerrür ortalaması, SD: Standart sapma, n: Analiz edilen örnek sayısı, ^{A,B,C}: Badem bazlı süt analogundan üretilen ayran analogu çeşitleri arasında fark olup olmadığını gösterir, ^{a,b}: Depolama boyunca her bir özellik için elde edilen değerler arasında fark olup olmadığını gösterir, *: Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı (p < 0,05), aynı harf taşıyanlar farksızdır (p > 0,05).

Tablo 3.7’de, badem bazlı fermente içeceklerin viskozite ve serum ayrılması değerlerinin genel ortalama sonuçları ile istatistiksel analiz bulguları, pastörizasyon sıcaklığı, inkübasyon sonlandırma pH değeri ve depolama süresi faktörleri dikkate alınarak sunulmuştur.

Tablo 3.7. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin viskozite ve serum ayrılması değerlerinin ortalamalarına ait istatistiksel sonuçlar

	Viskozite (mPa·s)	Serum Ayrılması (x mL/100 mL)	Serum Ayrılması (%)
Pastörizasyon Sıcaklığı (n=16)			
70 °C 60 saniye	2,88±0,121 ^b	24,49±5,837 ^a	72,17±2,454 ^a
85 °C 60 saniye	5,90±0,375 ^a	4,80±1,696 ^b	45,97±6,079 ^b
İnkübasyon Sonlandırma pH Değeri (n=16)			
pH 4,4	4,30±1,442 ^a	13,65±9,314 ^a	57,69±14,837 ^a
pH 4,6	4,49±1,704 ^a	15,65±12,442 ^a	60,45±13,592 ^a
Depolama Zamanı (n=8)			
1. Gün	4,58±1,799 ^a	11,65±9,359 ^a	56,23±19,141 ^a
7. Gün	4,30±1,554 ^a	13,42±10,291 ^a	62,81±11,177 ^a
14. Gün	4,29±1,599 ^a	15,27±11,418 ^a	60,75±12,346 ^a
21. Gün	4,39±1,555 ^a	18,25±13,078 ^a	56,50±14,021 ^a

^{a,b}: Üretim yöntemi ve depolama günlerinin genel ortalama değerleri arasında fark olup olmadığını gösterir. Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0,05$), aynı harf taşıyanlar farksızdır ($p > 0,05$).

3.3.1 Viskozite Değeri

Çalışma kapsamında üretilen fermente içeceklerin depolama boyunca ve genel ortalama viskozite değerleri Tablo 3.6’da verilmiştir. A, B, C ve D örneklerinin genel ortalama viskozite değerleri sırasıyla 2,93 mPa·s, 2,84 mPa·s, 5,67 mPa·s ve 6,13 mPa·s olarak ölçülmüştür. Viskozite bakımında benzerlik yalnızca A ve B örneklerinde görülmüş ($p > 0,05$); bunun dışında tüm örnekler arasında belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır ($p < 0,05$). Depolama süreci boyunca A ve B örneklerinin viskozite değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim belirlenmemiştir ($p > 0,05$). Buna karşılık, C ve D örneklerinde depolama süresince gözlenen viskozite değerindeki azalış anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Pastörizasyon sıcaklığı, badem bazlı fermente içecek örneklerinin viskozite değerlerini istatistiksel olarak anlamlı biçimde etkilemiştir ($p < 0,05$) (Tablo 3.7). İncelemeler, yüksek sıcaklıkta pastörize edilen örneklerin daha yüksek viskozite değerlerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu durumun, ısı işlem sırasında denatüre olan bitkisel proteinlerin fermantasyon sürecinde asidik ortamın etkisiyle jel benzeri bir yapı oluşturması ve buna bağlı olarak viskozitenin artmasıyla ilişkilendirilmektedir. Oluşan bu yapı, su tutma kapasitesini artırmakta ve serum ayrılmasını azaltarak viskozite değerlerinin yükselmesine katkı sağlamaktadır. Devnani vd. (2020), badem proteinlerinin 85 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda bitkisel içeceklerde ağ benzeri yapılar oluşturduğunu ve bu yapıların viskozite değerinde

artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, yüksek sıcaklık uygulamasıyla birlikte ortamdaki kuru madde, protein ve yağ içeriğinin oransal olarak artması viskozitede artış meydana gelmesine neden olmaktadır. Nitekim Zhao vd. (2021) de protein ve yağ oranındaki artışın badem bazlı fermente ürünlerde jel yapısını güçlendirdiğini ve buna bağlı olarak viskozitenin yükseldiğini rapor etmişlerdir. Buna karşılık, inkübasyon sonlandırma pH değerinin viskozite üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca viskozite değerlerinde hafif dalgalanmalar gözlenmekle birlikte, bu değişim istatistiksel açıdan önemli değildir ($p > 0,05$).

Erol (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, badem bazlı kefir analoğu örneğinin viskozite değerleri 2,04–2,95 mPa·s aralığında değişmiş olup, 70 °C’de pastörize edilen örneklerin viskozite değerleri ile benzerdir. Kavas vd. (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada, yumurta beyazı protein tozu, sakkaroz ve maltoz ilavesi yapılan badem bazlı yoğurt analoglarının viskozite değerlerinin (915-1856 cP ve 1159-2841 cP) depolama süresi boyunca arttığı; yumurta beyazı protein tozu içeren kontrol örneğinde ise viskozitenin (648-609 cP) azaldığı tespit edilmiştir. Şahin (2022) çalışmasında, badem iç kabuğu oranının artmasıyla kefir analoğu örneklerinin viskozite değerlerinde artış gözlemlendiği rapor edilmiştir. Yapılan bir başka badem bazlı kefir analoğu çalışmasında 30 günlük depolama sırasında örneğin görünür viskozite değeri 95 mPa·s’den 76 mPa·s’ye düşmüştür (Koptagel, 2022). Literatürdeki örneklerin viskozite değerleri arasındaki farklılık, pastörizasyon normu yanı sıra kuru madde içeriği ve kullanılan starter kültür çeşitliliğiyle de ilişkili olduğu düşünülmektedir. Łopusiewicz (2024) ise yaptığı çalışmada, fermentasyon süreciyle birlikte örneklerin viskozite değerlerinde 2–3 kat artış meydana geldiğini kaydetmiştir. Bu çalışmada da badem bazlı içeceklerin fermentasyonu ile viskozite değerlerinde artış olmuştur.

3.3.2 Serum Ayrılması

3.3.2.1 Mezür Yöntemiyle Serum Ayrılması

Badem bazlı fermente içecek örneklerinin mezür yöntemiyle belirlenen serum ayrılması değerleri Tablo 3.6’da sunulmuştur. Depolama sırasında A örneğinde 18,1-27,0 mL, B örneğinde 21,6-33,0 mL, C örneğinde 3,5-6,5 mL ve D örneğinde 3,3-6,6 mL arasında serum ayrılması gözlemlenmiştir. Örneklerin mezür

yöntemiyle elde edilen genel ortalama serum ayrılması değerleri incelendiğinde, C ve D örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$); ancak, A, B ve C örnekleri ile A, B ve D örnekleri arasında belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Tüm örneklerde depolama süresi boyunca serum ayrılmasında artış meydana gelmiştir; bu artış yalnızca A örneğinde 1. ve 21. günler arasında istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

Tablo 3.7’de görüleceği üzere, pastörizasyon sıcaklığının artması serum ayrılmasını önemli ölçüde azaltmıştır ($p < 0,05$). Nitekim, 85 °C’de pastörize edilen örneklerin ortalama serum ayrılması değeri 4,80 mL iken, 70 °C’de pastörize edilen örneklerin ortalama serum ayrılması değeri 24,5 mL olarak belirlenmiştir. Daha yüksek protein ve kuru madde içeriğine sahip örneklerde serum ayrılmasının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, serum ayrılması ile viskozite arasında ters orantı bulunmaktadır. İnkübasyon sonlandırma pH değeri, serum ayrılması üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermemiştir ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca serum ayrılmasında kademeli bir artış gözlemlenmiş olmasına rağmen, bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$).

Koptagel (2022), depolama süresi boyunca badem bazlı kefir analoğu örneklerinde (50 mL) 5 ile 7 mL arasında serum ayrılması olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada 85 °C’de pastörize edilen örneklerin ortalama serum ayrılması değerleriyle Koptagel (2022) tarafından rapor edilen değerlerle uyumludur.

3.3.2.2 Santrifüj Yöntemiyle Serum Ayrılması

Badem bazlı fermente içecek örneklerinin depolama süresince santrifüj yöntemi ile belirlenen serum ayrılması değerleri ile genel ortalama sonuçlar Tablo 3.6’da sunulmuştur. Örneklerin genel ortalama serum ayrılması değerleri incelendiğinde, A (%71,14) ve B (%73,19) örneklerinin birbirine benzer olduğu; aynı şekilde C (%44,23) ve D (%47,71) örneklerinin de benzerlik gösterdiği belirlenmiştir ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca A ve B örneklerinde anlamlı bir değişim gözlenmezken ($p > 0,05$), C ve D örneklerinde depolamaya bağlı olarak istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir ($p < 0,05$).

Tablo 3.7’de badem bazlı fermente içecek örneklerine ait ortalama istatistiksel sonuçlar değerlendirildiğinde, pastörizasyon sıcaklığının serum ayrılması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Pastörizasyon sıcaklığının artması, fermente içeceklerin serum ayrılması

değerlerini önemli ölçüde azaltmış; 85 °C’de pastörize edilen örneklerde serum ayrılması değeri %45,97 iken, 70 °C’de pastörize edilen örneklerde bu değer %72,17 olarak tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Çalışmada, 85 °C’de pastörize edilen örneklerde daha düşük serum ayrılması gözlemlenmesi, yüksek sıcaklığın badem proteinlerinde daha fazla denatürasyona yol açması ile ilişkilendirilmiştir. Yapılan bir çalışmada denatüre olan proteinlerin fermentasyon sürecinde daha yüksek su tutma kapasitesine sahip, daha dayanıklı bir jel ağı oluşturduğu bildirilmiştir (Lu vd., 2019). Bernat (2015a), bitkisel bazlı fermente ürünlerde proteinlerin su molekülleriyle etkileşimi sonucu oluşan protein ağ yapısının önemli bir parametre olduğunu ve viskozitenin artmasıyla birlikte faz ayrılmasının azaldığını bildirmiştir; bu doğrultuda, yüksek sıcaklıkta uygulanan ısıl işlemin viskoziteyi artırarak badem bazlı fermente içeceğin serum ayrılması değerlerinde azalmaya neden olduğu söylenebilir. Örneklerin inkübasyon sonlandırma pH değerleri incelendiğinde, pH 4,4’te serum ayrılması ortalama %57,69, pH 4,6’da ise %60,45 olarak belirlenmiştir. Ancak inkübasyon sonlandırma pH değerinin ve depolama süresinin örneklerin genel ortalama serum ayrılması değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$).

Bernat vd. (2015a) tarafından yürütülen bir çalışmada badem bazlı fermente içeceklerin serum ayrılması değerleri 28 günlük depolama süresi boyunca %39–48 arasında değiştiği bildirilmiştir. Bekiroğlu vd. (2025) tarafından üretilen badem bazlı fermente içeceklerin santrifüj yöntemiyle serum ayrılması değerleri %8,57-15,43 arasında değişmiştir. Erol (2020) tarafından yapılan çalışmada kefir analogu örneğinin 14 günlük depolama süresince serum ayrılması değeri filtrasyon yöntemiyle 16-34 mL/50 g arasında belirlenmiştir. Örneklerin serum ayrılması değeri depolamanın 7. gününe kadar azaldığı, depolanın 14. gününde ise arttığı belirlenmiştir. Topçuoğlu (2019) tarafından yapılan çalışmada ise serum ayrılması değeri filtrasyon yöntemiyle 18,83-20,33 mL/25 g arasında tespit edilmiş olup, en yüksek değer badem bazlı içecekten üretilen yoğurt analogu örneğinde görüldüğü rapor edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen değerler, literatürdeki serum ayrılması değerleriyle uyumludur.

3.3.3 Renk Özellikleri

Tablo 3.8’de badem bazlı fermente içeceklerin depolama süresi boyunca renk değerlerinde meydana gelen değişimler ile bu değişimlerin istatistiksel değerlendirme sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.8. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin renk özelliklerinde meydana gelen değişimler

Fermente İçecek Çeşidi	Depolama Zamanı (Gün)	Renk Özellikleri ($\bar{x} \pm SD$) (n=2)			
		L*	a*	b*	BI*
A (7044)	1	87,92 $\pm$ 0,149 ^{bB}	-0,62 $\pm$ 0,050 ^{aA}	13,73 $\pm$ 0,156 ^{aA}	81,70 $\pm$ 0,212 ^{aB}
	7	88,71 $\pm$ 0,092 ^{aB}	-0,62 $\pm$ 0,035 ^{aA}	13,35 $\pm$ 0,389 ^{aA}	82,50 $\pm$ 0,354 ^{aB}
	14	88,26 $\pm$ 0,283 ^{abB}	-0,72 $\pm$ 0,078 ^{aA}	13,58 $\pm$ 0,290 ^{aA}	82,04 $\pm$ 0,410 ^{aB}
	21	88,43 $\pm$ 0,198 ^{abB}	-0,71 $\pm$ 0,064 ^{aB}	13,29 $\pm$ 0,262 ^{aA}	82,37 $\pm$ 0,332 ^{aB}
Genel Ortalama (n=8)		88,33$\pm$0,339^C	-0,66$\pm$0,068^A	13,48$\pm$0,289^A	82,15$\pm$0,417^B
B (7046)	1	87,87 $\pm$ 0,509 ^{aB}	-0,76 $\pm$ 0,078 ^{aA}	13,51 $\pm$ 0,417 ^{aA}	81,83 $\pm$ 0,651 ^{aB}
	7	88,41 $\pm$ 0,347 ^{aB}	-0,63 $\pm$ 0,028 ^{aA}	13,37 $\pm$ 0,021 ^{aA}	82,30 $\pm$ 0,248 ^{aB}
	14	88,02 $\pm$ 0,262 ^{aB}	-0,76 $\pm$ 0,042 ^{aA}	13,75 $\pm$ 0,071 ^{aA}	81,74 $\pm$ 0,226 ^{aB}
	21	88,12 $\pm$ 0,191 ^{aB}	-0,72 $\pm$ 0,007 ^{aB}	13,49 $\pm$ 0,120 ^{aA}	82,01 $\pm$ 0,219 ^{aB}
Genel Ortalama (n=8)		88,10$\pm$0,336^C	-0,72$\pm$0,066^A	13,53$\pm$0,224^A	81,97$\pm$0,367^B
C (8544)	1	89,46 $\pm$ 0,021 ^{aA}	-0,84 $\pm$ 0,156 ^{aA}	12,19 $\pm$ 0,481 ^{aB}	83,86 $\pm$ 0,382 ^{aA}
	7	89,98 $\pm$ 0,332 ^{aA}	-0,66 $\pm$ 0,021 ^{aA}	11,67 $\pm$ 0,205 ^{abB}	84,56 $\pm$ 0,311 ^{aA}
	14	89,49 $\pm$ 0,594 ^{aA}	-0,71 $\pm$ 0,368 ^{aA}	11,68 $\pm$ 0,050 ^{abB}	84,61 $\pm$ 0,375 ^{aA}
	21	89,83 $\pm$ 0,410 ^{aA}	-0,67 $\pm$ 0,004 ^{aAB}	11,40 $\pm$ 0,106 ^{bB}	84,71 $\pm$ 0,354 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		89,69$\pm$0,383^B	-0,72$\pm$0,171^A	11,73$\pm$0,368^B	84,36$\pm$0,448^A
D (8546)	1	89,91 $\pm$ 0,170 ^{aA}	-0,83 $\pm$ 0,078 ^{bA}	12,04 $\pm$ 0,057 ^{aB}	84,27 $\pm$ 0,156 ^{bA}
	7	90,30 $\pm$ 0,064 ^{aA}	-0,65 $\pm$ 0,028 ^{abA}	11,44 $\pm$ 0,071 ^{bB}	84,99 $\pm$ 0,092 ^{aA}
	14	90,05 $\pm$ 0,269 ^{aA}	-0,72 $\pm$ 0,0127 ^{abA}	11,66 $\pm$ 0,141 ^{abB}	84,66 $\pm$ 0,290 ^{abA}
	21	90,10 $\pm$ 0,149 ^{aA}	-0,56 $\pm$ 0,035 ^{aA}	11,30 $\pm$ 0,269 ^{bB}	84,97 $\pm$ 0,297 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		90,09$\pm$0,200^A	-0,69$\pm$0,121^A	11,61$\pm$0,322^B	84,72$\pm$0,355^A

$\bar{x}$: İki tekerrür ortalaması, SD: Standart sapma, n: Analiz edilen örnek sayısı, ^{A,B,C}: Badem bazlı süt analogundan üretilen ayran analogu çeşitleri arasında fark olup olmadığını gösterir, ^{a,b}: Depolama boyunca her bir özellik için elde edilen değerler arasında fark olup olmadığını gösterir, *: Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı (p < 0,05), aynı harf taşıyanlar farksızdır (p > 0,05).

Tablo 3.9’da badem bazlı fermente içecek örneklerinin renk değerlerinin genel ortalama sonuçları ile istatistiksel analiz bulguları, pastörizasyon sıcaklığı, inkübasyon sonlandırma pH değeri ve depolama süresi faktörleri dikkate alınarak sunulmuştur.

Tablo 3.9. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin ortalamlarına ait istatistiksel sonuçlar

	L*	a*	b*	BI*
Pastörizasyon Sıcaklığı (n=16)				
70°C 60 saniye	88,21 $\pm$ 0,347 ^b	-0,68 $\pm$ 0,070 ^a	13,51 $\pm$ 0,251 ^a	82,06 $\pm$ 0,391 ^b
85°C 60 saniye	89,89 $\pm$ 0,360 ^a	-0,70 $\pm$ 0,144 ^a	11,67 $\pm$ 0,340 ^b	84,54 $\pm$ 0,429 ^a

Tablo 3.9. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin renk değerlerinin ortalamalarına ait istatistiksel sonuçlar (devam)

	L*	a*	b*	BI*
İnkübasyon Sonlandırma pH Değeri (n=16)				
pH 4,4	89,01±0,784 ^a	-0,69±0,129 ^a	12,61±0,960 ^a	83,26±1,215 ^a
pH 4,6	89,09±1,060 ^a	-0,70±0,095 ^a	12,57±1,025 ^a	83,34±1,464 ^a
Depolama Zamanı (n=8)				
1. Gün	88,79±0,995 ^a	-0,76±0,121 ^b	12,87±0,847 ^a	82,92±1,276 ^a
7. Gün	89,35±0,881 ^a	-0,64±0,028 ^a	12,45±0,982 ^a	83,60±1,310 ^a
14. Gün	88,95±0,947 ^a	-0,73±0,152 ^{ab}	12,67±1,076 ^a	83,18±1,409 ^a
21. Gün	89,12±0,937 ^a	-0,66±0,075 ^{ab}	12,37±1,103 ^a	83,51±1,448 ^a

^{a,b}: Üretim yöntemi ve depolama günlerinin genel ortalama değerleri arasında fark olup olmadığını gösterir. Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0,05$), aynı harf taşıyanlar farksızdır ($p > 0,05$).

3.3.3.1 L* Değeri

Tablo 3.8’de fermente içeceklerin renk değerleri incelendiğinde, örneklerin L* değerlerinin 87,87–90,30 aralığında değiştiği görülmektedir. Örneklerin genel ortalama L* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). En yüksek L* değeri D örneğinde belirlenmiş, bunu C örneği takip etmiştir. A ve B örneklerinin L* değerlerinin ise birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Tüm örneklerde depolamanın birinci gününde L* değerinin en düşük seviyede olduğu görülmüştür. Depolama süresi boyunca L* değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir değişim yalnızca A örneğinde belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Tablo 3.9’da pastörizasyon sıcaklığının badem bazlı fermente içeceklerin renk özellikleri üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, 70 °C’de pastörize edilen örneklerin L* değerinin 88,21; 85 °C’de pastörize edilen örneklerin ise 89,89 olduğu belirlenmiştir. Örnekler arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu sonuçlar, pastörizasyon sıcaklığının artmasıyla L* değerinin yükseldiğini ve ürünlerin daha açık renkli bir görünüm kazandığını göstermektedir. Buna karşılık, inkübasyonun sonlandırıldığı pH düzeyine ilişkin farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca örneklerde bazı dalgalanmalar görülmüş olsa da, bu değişimler istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Bekiroğlu vd. (2025) tarafından üretilen badem bazlı fermente içeceklerin L* değerleri 65,69 ile 76,54 arasında değişmiştir. Öte yandan, Bernat vd. (2015a)

tarafından yürütülen çalışmada, depolama sırasında badem bazlı fermente içeceklerin L^* değerleri 90,43 ile 90,51 arasında değişmiş olup, bu değerler bu çalışmada saptanan L^* değerleriyle uyumludur. Koptagel (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, badem bazlı kefir analogun L^* değeri 77,25-82,03 aralığında belirlenmiş olup, depolama süresi boyunca L^* değerinde artış olduğu rapor edilmiştir. Bir başka badem bazlı kefir analogu çalışmasında örneklerin L^* değerleri 55,75–79,00 aralığında değiştiği ve ilave edilen öğütülmüş iç kabuk oranının artmasıyla L^* değerlerinin azaldığı bildirilmiştir. Kontrol örneğinin ortalama L^* değeri 78,62 olarak belirlenmiştir (Şahin, 2022).

3.3.3.2 a* Değeri

Badem bazlı fermente içeceklerinin örneklerinin depolama süresi boyunca elde edilen ve genel ortalamaya ait a^* değerleri Tablo 3.8’de sunulmuştur. A, B, C ve D örneklerinin genel ortalama a^* değerleri sırasıyla -0,66, -0,72, -0,72 ve -0,69 olarak belirlenmiştir. Örneklerin genel ortalama değerleri arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca A, B ve C örneklerinde a^* değerlerinde anlamlı bir değişim gözlenmezken ($p > 0,05$), D örneğinde depolamanın 1. ve 21. günleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Örneklerin a^* değerlerinde yeşil-kırmızı ekseninde belirgin bir değişim gözlenmemesi, badem bazlı içeceklerin klorofil veya antosiyanin gibi güçlü kırmızı-yeşil pigmentler içermemesiyle ilişkilendirilmektedir. Benzer şekilde Jeske vd. (2018), badem ve pirinç bazlı içeceklerde a^* değerlerinin genellikle sıfıra yakın seyrettiğini ve üretim parametrelerinden sınırlı düzeyde etkilendiğini bildirmiştir.

Tablo 3.9 incelendiğinde, pastörizasyon sıcaklığının ve inkübasyonun sonlandırıldığı pH değerinin a^* parametresi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı görülmektedir ($p > 0,05$). Buna karşılık, depolama süresi önemli bir etki göstermiştir. Depolama süresi boyunca örneklerin genel ortalama a^* değerleri değerlendirildiğinde, 1. gün ile 7. gün arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Bekiroğlu vd. (2025) tarafından üretilen badem bazlı fermente içeceklerin a^* değerleri -0,56 ile 0,91 arasında değişmiştir. Elde ettiğimiz değerler, bu değerlerle benzerlik göstermektedir. Koptagel (2022) tarafından yapılan çalışmada, badem bazlı kefir analogun a^* değeri 0,55 ile -0,76 aralığında belirlenmiş olup,

depolama sırasında örneğin rengi yeşilimsi yönde artmıştır. Bir başka badem bazlı kefir analoğu çalışmasında örneğin a^* değeri ortalama 0,10 olarak bulunmuştur (Şahin, 2022). Bir diğer badem bazlı kefir analoğu örneğinin ortalama a^* değeri -0,64 olarak saptanmıştır (Ustaoglu Gençgönül, 2022). Bu çalışmada elde edilen a^* değerleri, literatürde bildirilen verilerle tutarlılık göstermektedir.

3.3.3.3 b^* Değeri

Badem bazlı fermente içeceklerin depolama süresi boyunca belirlenen b^* değerleri ve genel ortalama sonuçlar Tablo 3.8’de sunulmuştur. Örneklerin genel ortalama b^* değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Genel ortalama b^* değerleri incelendiğinde, A (13,48) ve B (13,53) örneklerinin birbirine benzer olduğu; aynı şekilde C (11,73) ve D (11,61) örneklerinin de benzerlik gösterdiği belirlenmiştir ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca tüm örneklerde b^* değerlerinde bir azalma gözlemlenmiştir. Bu azalma A ve B örneklerinde istatistiksel olarak önemsiz bulunurken ($p > 0,05$), C ve D örneklerinde anlamlı seviyede gerçekleşmiştir ($p < 0,05$).

Tablo 3.9 incelendiğinde, 70 °C’de pastörize edilen fermente badem içeceği örneklerinin b^* değerinin 13,51 olduğu görülmektedir. Pastörizasyon sıcaklığının 85 °C’ye yükselmesiyle b^* değerinde azalma meydana gelmiş ve bu değer 11,67’ye düşmüştür. Sıcaklığa bağlı bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Bu durum, 70 °C’de pastörize edilen örneklerde serum ayrılmasının daha yüksek olmasıyla ilişkili görünmektedir. Ayrıca Fotoğraf 2.2’de de görüldüğü üzere, 70 °C’de pastörize edilen örneklerde oluşan serumun rengi yeşilimsi-sarı tonlarında iken, 85 °C’de pastörize edilen örneklerde oluşan serumun rengi şeffaf–renksizdir. Bu durum, yüksek sıcaklıkta uygulanan ısıl işlemin bademde doğal olarak bulunan karotenoidler ve fenolik bileşikler üzerinde kısmi degradasyona neden olmasıyla açıklanabilir. Benzer sonuçlar, badem ve fındık bazlı içecekler üzerine yapılan çalışmalarda da rapor edilmiştir (Vanga ve Raghavan, 2018; Khuenpet vd., 2016). Araştırmacılar, yüksek sıcaklıkların sarımsı pigmentlerin parçalanmasına yol açarak b^* değerlerinde düşüşe neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Örneklerin inkübasyon sonlandırma pH değerinin ve depolama süresinin b^* değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$).

Bekiroğlu vd. (2025) tarafından üretilen badem bazlı fermente içeceklerin a^* değerleri 5,31 ile 8,46 arasında değişmiştir. Elde ettiğimiz değerler, bu değerlerle benzerlik göstermektedir. Koptagel (2022) tarafından yapılan çalışmada, badem bazlı kefir analogun b^* değeri 6,38-6,70 aralığında belirlenmiş olup, depolama sırasında örneğin sarılık rengi artmıştır. Bir başka badem bazlı kefir analogu çalışmasında örneğin b^* değeri ortalama 7,33 olarak bulunmuştur (Şahin, 2022). Bir diğer badem bazlı kefir analogu örneğinin ortalama b^* değeri 5,47 olarak saptanmıştır (Ustaoglu Gençgönül, 2022). Bu çalışmada belirlenen b^* değerleri, literatürdeki çalışmalarda bildirilen değerlerin üzerinde bulunmuştur.

3.3.3.4 Beyazlık İndeksi Değeri

Badem bazlı fermente içecek örneklerinin beyazlık indeksi değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 3.8’de sunulmuştur. A, B, C ve D örneklerinin genel ortalama beyazlık indeksi değerleri sırasıyla 82,15, 81,97, 84,36 ve 84,72 olarak belirlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, A ve B örnekleri kendi aralarında benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$). Benzer şekilde C ve D örnekleri de birbirine yakın değerlere sahip olup ($p > 0,05$), bu iki örnek A ve B örneklerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılaşmıştır ($p < 0,05$). Depolama süresi boyunca beyazlık indeksi değerlerinde yalnızca D örneğinde istatistiksel açıdan anlamlı bir değişim meydana gelmiştir ($p < 0,05$).

Tablo 3.9’deki veriler değerlendirildiğinde, 70 °C’de pastörize edilerek üretilen badem bazlı fermente içeceklerin beyazlık indeksi değeri 82,06 iken; 85 °C’de pastörize edilerek üretilen örneklerde bu değer 84,54’e yükseldiği görülmektedir. Pastörizasyon sıcaklığındaki artışa bağlı olarak beyazlık indeksi değerlerinde anlamlı bir yükselme meydana gelmiş ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Örneklerin beyazlık indeksi üzerinde inkübasyon sonlandırma pH değerinin ve depolama süresinin istatistiksel açıdan anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$).

Koptagel (2022) tarafından yapılan çalışmada, badem bazlı süt analogundan üretilen kefir analoglarının depolama süresi boyunca beyazlık indeksi değerleri 76,37–80,79 aralığında belirlenmiştir. Bu değerler mevcut çalışma bulgularıyla karşılaştırıldığında, bu çalışmadaki beyazlık indeksi değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

3.4 Badem Bazlı Fermente İçecek Örneklerinin Mikrobiyal Özellikleri

Tablo 3.10’da badem bazlı fermente içeceklerin depolama boyunca canlı hücre sayılarında meydana gelen değişimler ile bu değişimlerin istatistiksel değerlendirme sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.10. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin mikrobiyal özelliklerinde meydana gelen değişimler

Fermente İçecek Çeşidi	Depolama Zamanı (Gün)	Mikrobiyal Özellikler ($\bar{x} \pm SD$) (n=2)		
		<i>Streptococcus thermophilus</i> (log KOB/g)	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> (log KOB/g)	Maya-Küf Sayısı (log KOB/g)
A (7044)	1	8,12 $\pm$ 0,134 ^{aA}	7,75 $\pm$ 0,028 ^{aA}	0,00 $\pm$ 0,000 ^{aA}
	7	8,03 $\pm$ 0,092 ^{aA}	7,81 $\pm$ 0,177 ^{aA}	0,00 $\pm$ 0,000 ^{aA}
	14	7,98 $\pm$ 0,141 ^{aA}	7,35 $\pm$ 0,042 ^{bA}	0,00 $\pm$ 0,000 ^{aA}
	21	7,93 $\pm$ 0,028 ^{aA}	6,17 $\pm$ 0,127 ^{cA}	1,18 $\pm$ 1,662 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		8,01$\pm$0,110^A	7,27$\pm$0,709^A	0,97$\pm$1,962^A
B (7046)	1	8,09 $\pm$ 10,170 ^{aA}	7,81 $\pm$ 0,106 ^{aA}	0,00 $\pm$ 0,000 ^{aA}
	7	8,10 $\pm$ 0,042 ^{aA}	7,96 $\pm$ 0,163 ^{aA}	0,00 $\pm$ 0,000 ^{aA}
	14	7,81 $\pm$ 0,050 ^{aA}	7,33 $\pm$ 0,085 ^{abA}	0,00 $\pm$ 0,000 ^{aA}
	21	7,97 $\pm$ 0,255 ^{aA}	6,87 $\pm$ 0,573 ^{bA}	1,13 $\pm$ 1,591 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		7,99$\pm$0,174^A	7,49$\pm$0,512^A	0,90$\pm$1,805^A
C (8544)	1	8,13 $\pm$ 0,042 ^{aA}	7,60 $\pm$ 0,113 ^{aA}	0,00 $\pm$ 0,000 ^{aA}
	7	7,91 $\pm$ 0,170 ^{aA}	7,09 $\pm$ 0,085 ^{abB}	2,11 $\pm$ 2,986 ^{aA}
	14	7,75 $\pm$ 0,057 ^{aA}	6,52 $\pm$ 0,573 ^{bA}	2,67 $\pm$ 3,775 ^{aA}
	21	7,36 $\pm$ 0,552 ^{aA}	4,83 $\pm$ 0,431 ^{cB}	4,75 $\pm$ 3,343 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		7,79$\pm$0,372^A	6,51$\pm$1,150^A	2,38$\pm$2,860^A
D (8546)	1	8,29 $\pm$ 0,021 ^{aA}	7,66 $\pm$ 0,050 ^{aA}	0,00 $\pm$ 0,000 ^{aA}
	7	7,84 $\pm$ 0,240 ^{abA}	7,37 $\pm$ 0,339 ^{aAB}	2,11 $\pm$ 2,982 ^{aA}
	14	7,65 $\pm$ 0,431 ^{abA}	6,57 $\pm$ 0,849 ^{aA}	2,52 $\pm$ 3,561 ^{aA}
	21	7,41 $\pm$ 0,099 ^{bA}	4,97 $\pm$ 0,078 ^{bB}	3,02 $\pm$ 4,264 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		7,80$\pm$0,0393^A	6,64$\pm$1,171^A	1,91$\pm$2,681^A

$\bar{x}$: İki tekrerrüt ortalaması, SD: Standart sapma, n: Analiz edilen örnek sayısı, ^{A,B}: Badem bazlı süt analogundan üretilen ayran analogu çeşitleri arasında fark olup olmadığını gösterir, ^{a,b}: Depolama boyunca her bir özellik için elde edilen değerler arasında fark olup olmadığını gösterir, *: Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0,05$), aynı harf taşıyanlar farksızdır ($p > 0,05$).

Tablo 3.11’de fermente içeceklerin canlı hücre sayılarının genel ortalama sonuçları ile istatistiksel analiz bulguları, pastörizasyon sıcaklığı, inkübasyon sonlandırma pH değeri ve depolama süresi faktörleri dikkate alınarak sunulmuştur.

Tablo 3.11. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçlarına ait ortalama istatistiksel sonuçlar

	<i>S. thermophilus</i> (log KOB/g)	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> (log KOB/g)	Maya-Küf Sayısı (log KOB/g)
Pastörizasyon Sıcaklığı (n=16)			
70 °C 60 saniye	8,00±0,141 ^a	7,38±0,608 ^a	0,93±1,821 ^a
85 °C 60 saniye	7,79±0,370 ^b	6,57±1,123 ^b	2,15±2,689 ^a
İnkübasyon Sonlandırma pH Değeri (n=16)			
pH 4,4	7,90±0,290 ^a	6,89±1,003 ^a	1,67±2,479 ^a
pH 4,6	7,89±0,310 ^a	7,06±0,977 ^a	1,40±2,269 ^a
Depolama Zamanı (n=8)			
1. Gün	8,16±0,117 ^a	7,70±0,106 ^a	0,00±0,000 ^b
7. Gün	7,97±0,159 ^{ab}	7,56±0,401 ^a	1,06±1,954 ^{ab}
14. Gün	7,80±0,217 ^{bc}	6,94±0,577 ^b	2,58±2,765 ^a
21. Gün	7,67±0,382 ^c	5,71±0,949 ^c	2,52±2,742 ^a

^{a,b}: Üretim yöntemi ve depolama günlerinin genel ortalama değerleri arasında fark olup olmadığını gösterir. Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0,05$), aynı harf taşıyanlar farksızdır ($p > 0,05$).

3.4.1 *S. thermophilus* Sayısı

Tablo 3.10 incelendiğinde, badem bazlı fermente içecek örneklerinde *S. thermophilus* sayılarının 7,36–8,29 log KOB/g aralığında değiştiği görülmektedir. En yüksek *S. thermophilus* canlılığı depolamanın 1. gününde D örneğinde belirlenmiştir. Örneklerin genel ortalama *S. thermophilus* sayıları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca tüm örneklerde en yüksek *S. thermophilus* sayısı depolamanın 1. gününde ölçülmüş ve takip eden günlerde bakteriyel yükte genel bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Bu azalış A, B ve C örneklerinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$). Ancak D örneğinde depolamanın ilk ve son günleri arasında yaklaşık 0,9 log düzeyinde bir düşüş gerçekleşmiş olup, bu azalma mikrobiyal açıdan önemli kabul edilmektedir ($p < 0,05$).

Tablo 3.11’de yer alan ortalama istatistiksel sonuçlar incelendiğinde, pastörizasyon sıcaklığının artmasına bağlı olarak *S. thermophilus* sayısında bir azalma meydana geldiği ve bu azalmanın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). İnkübasyon sonlandırma pH değerlerindeki değişim *S. thermophilus* sayısını etkilememiştir ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca ortalama *S. thermophilus* sayılarında genel bir azalma gerçekleşmiş ve bu azalmanın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Kavas ve Kavas (2022) tarafından yapılan çalışmada, sadece yumurta tozu proteini ilave edilen badem bazlı yoğurt analoglarında *S. thermophilus* sayısı yaklaşık 5 log azalmış ve 28 günlük depolama sonunda yaklaşık 1,5 log KOB/mL bulunmuştur. Yumurta tozu proteine ilave olarak sakkaroz veya maltoz eklenen örneklerin *S. thermophilus* sayısı yaklaşık 5 log'un üzerinde kalmıştır. Topçuoğlu (2019) tarafından yapılan çalışmada badem bazlı yoğurt analogunda *S. thermophilus* sayısı 8,00-8,80 log KOB/g aralığında değiştiği bulunmuştur. Bernat vd. (2015a) tarafından yürütülen çalışmada ise *S. thermophilus* suşunun depolama boyunca canlılık düzeyi 6,57-7,54 log KOB/mL arasında belirlenmiş ve depolama sırasında canlılıkta bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Bernat vd. (2015b) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise 28 günlük depolama süresi boyunca *S. thermophilus* sayısında azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Depolamanın ilk günlerinde 7,5–8 log KOB/mL düzeylerinde olan *S. thermophilus* sayısının, depolamanın son günlerinde 7 log KOB/mL'nin altına düştüğü rapor edilmiştir. Mevcut çalışma ile literatür bulguları karşılaştırıldığında, bu çalışmada belirlenen *S. thermophilus* sayılarının literatürde bildirilen değerlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

3.4.2 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* Sayısı

Badem bazlı fermente içeceklerin depolama süresi boyunca *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısındaki değişim ve genel ortalama değerleri Tablo 3.10'da verilmiştir. Örneklerin genel ortalama laktobasil sayıları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). Depolama süresince laktobasil sayısı A örneğinde 6,17-7,81 log KOB/g, B örneğinde 6,87-7,96 log KOB/g, C örneğinde 4,83-7,60 log KOB/g ve D örneğinde 4,97-7,66 log KOB/g aralığında değişim göstermiştir. Tüm örneklerde depolama boyunca laktobasil sayısında bir azalma eğilimi gözlemlenmiş ve bu azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Azalışın en düşük düzeyde B örneğinde, en yüksek düzeyde ise C örneğinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Badem bazlı fermente içecek örneklerinin *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayılarına ait ortalama istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.11'de verilmiştir. Pastörizasyon sıcaklığının artmasıyla birlikte örneklerde laktobasil sayılarında azalma gözlemlenmiş ve bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Asitlik değerinin 85 °C'de pastörize edilen örneklerde daha yüksek olması

L. delbrueckii subsp. *bulgaricus* sayısı üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. İnkübasyon sonlandırma pH değeri yüksek olan örneklerin ortalama laktobasil sayıları daha yüksek bulunmuş, ancak bu fark istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır ($p > 0,05$). Laktobasil sayısı depolamanın ilk gününde en yüksek seviyede ölçülmüş olup, depolama ilerledikçe azalma göstermiştir; özellikle 7. günden sonra bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Depolama süresince, örneklerin *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayıları *S. thermophilus*'a kıyasla daha belirgin bir düşüş eğilimi sergilediği gözlemlenmiştir. Bu durum, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un asitliğe karşı daha dirençli olmasına rağmen, besin öğelerinin azalmasıyla birlikte depolama stresinden daha fazla etkilenmesiyle açıklanabilir. Bernat vd. (2015a), badem içeceğinin tamponlama kapasitesinin düşük olması nedeniyle fermantasyon sonrası oluşan asiditenin, *Lactobacillus* türleri üzerinde baskı oluşturabileceğini bildirmiştir.

Lactiplantibacillus plantarum, *Lactiplantibacillus pentosus* ve bu iki suşun karışımı ile fermente edilen badem bazlı içeceğin canlılık sayısı depolamanın 1. gününde sırasıyla 9,11, 9,12 ve 8,87 log KOB/mL olarak belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca örneklerin ikisinde canlılık sayısında azalma gözlemlenmiştir; ancak, bir örnekte bu azalma gerçekleşmemiştir (Bekiroğlu vd., 2025). Al Zahrani vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada, dört farklı *Lactobacillus* suşunun tek kültür olarak kullanıldığı badem bazlı fermente içeceklerin yaklaşık 6 log düzeyinde canlılık gösterdiği ve depolama süresi boyunca bakterilerin canlılıklarını korudukları bildirilmiştir. Kavas ve Kavas (2022) tarafından yapılan çalışmada, sadece yumurta tozu proteini ilave edilen badem bazlı yoğurt analoglarında laktobasil sayısı yaklaşık 4 log azalmıştır. Yumurta tozu proteine ilave olarak sakkaroz veya maltoz eklenen örneklerin laktobasil sayısında önemli bir azalma gerçekleşmemiştir. Topçuoğlu (2019) tarafından yapılan çalışmada badem bazlı yoğurt analogunda laktobasil sayısını ortalama 8,40 log KOB/g olarak bulmuştur. Şahin (2022) tarafından yapılan çalışmada, badem bazlı kefir analoglarında *Lactobacillus* spp. sayıları 7,65–8,69 log KOB/mL aralığında tespit edilmiştir. Bernat vd. (2015a) tarafından yürütülen çalışmada ise *Lactobacillus reuteri* suşunun depolama boyunca canlılık düzeyi 7,59-7,00 log KOB/mL arasında belirlenmiş ve depolama sırasında canlılıkta bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Bir başka kefir analogu çalışmasında ise *Lactobacillus* spp. sayısı 7,56-8,57 log KOB/mL aralığında olduğu rapor edilmiştir (Ustaoğlu Gençgönül, 2022).

3.4.3 Maya-küf Sayısı

Fermente badem bazlı fermente içecek örneklerinin toplam maya ve küf sayısında meydana gelen değişimler Tablo 3.10'da gösterilmiştir. Toplam maya ve küf kolonisi, A ve B örneklerinde depolamanın 14. gününe kadar tespit edilmezken, C ve D örneklerinde depolamanın yalnızca 1. gününde tespit edilmemiştir. Maya ve küf sayısı, A ve B örneklerinde 1,2 log KOB/g'ın altında kalırken; C örneğinde 4,75 log KOB/g'a, D örneğinde ise 3,02 log KOB/g'a ulaşmıştır. Buna karşın, örneklerin genel ortalama maya-küf sayıları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca örneklerde meydana gelen değişimler de istatistiksel açıdan anlamlı farklılık göstermemiştir ($p > 0,05$).

Tablo 3.11'de yer alan veriler incelendiğinde, 70 °C'de pastörize edilerek üretilen badem bazlı fermente içecek örneklerinde maya-küf sayısı 0,93 log KOB/g olarak belirlenirken, 85 °C'de pastörize edilerek üretilen badem bazlı fermente içecek örneklerinde bu değerin 2,15 log KOB/g olduğu tespit edilmiştir. Ancak, pastörizasyon sıcaklığındaki artışa bağlı olarak gözlenen bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Badem bazlı fermente içecek örneklerinde inkübasyon pH sonlandırma değeri, maya-küf sayısında önemli bir fark oluşturmamıştır ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca badem bazlı fermente içecek örneklerinde maya ve küf sayısında genel anlamda bir artış görülmekle birlikte, bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

3.5 Badem Bazlı İçecek Örneklerinin Biyoaktif Özellikleri

Tablo 3.12'de badem bazlı fermente içecek örneklerinin depolama süresi boyunca biyoaktif özelliklerinde meydana gelen değişimler ile bu değişimlerin istatistiksel değerlendirme sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.12. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin biyoaktif özelliklerinde meydana gelen değişimler

Fermente İçecek Çeşidi	Depolama Zamanı (Gün)	Biyoaktif Özellikler ($\bar{x} \pm SD$) (n=2)		
		Fenolik tayini (mg GAE/100 mL)	DPPH (mg TE/100 mL)	FRAP (mg TE/100 mL)
A (7044)	1	8,18 $\pm$ 0,099 ^{aA}	1,61 $\pm$ 0,396 ^{aB}	14,47 $\pm$ 0,530 ^{aA}
	7	8,02 $\pm$ 0,205 ^{aA}	1,18 $\pm$ 0,318 ^{aB}	14,54 $\pm$ 1,368 ^{aA}
	14	8,77 $\pm$ 0,665 ^{aA}	1,38 $\pm$ 0,028 ^{aB}	14,60 $\pm$ 2,884 ^{aA}
	21	8,31 $\pm$ 0,177 ^{aA}	1,57 $\pm$ 0,502 ^{aC}	12,86 $\pm$ 3,031 ^{aA}
Genel Ortalama (n=8)		8,32 $\pm$ 0,406 ^A	1,43 $\pm$ 0,327 ^B	14,10 $\pm$ 2,188 ^A

Tablo 3.12. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin biyoaktif özelliklerinde meydana gelen değişimler (devam)

Fermente İçecek Çeşidi	Depolama Zamanı (Gün)	Biyoaktif Özellikler ($\bar{x} \pm SD$) (n=2)		
		Fenolik tayini (mg GAE/100 mL)	DPPH (mg TE/100 mL)	FRAP (mg TE/100 mL)
B (7046)	1	8,33±0,141 ^{aA}	1,31±0,269 ^{aB}	13,53±0,664 ^{aA}
	7	8,42±0,99 ^{aA}	1,07±0,537 ^{aB}	12,05±1,439 ^{abA}
	14	8,67±0,127 ^{aA}	1,28±0,297 ^{aB}	10,75±0,973 ^{bcB}
	21	8,65±0,106 ^{aA}	1,75±0,325 ^{aBC}	9,45±1,121 ^{cA}
Genel Ortalama (n=8)		8,52±0,180^A	1,35±0,386^B	11,44±1,842^B
C (8544)	1	6,62±0,339 ^{aB}	3,03±0,092 ^{aA}	12,74 ±1,124 ^{aA}
	7	6,84±0,127 ^{aB}	2,53±0,149 ^{bA}	13,06±2,890 ^{aA}
	14	6,63±0,460 ^{aB}	2,52±0,156 ^{bA}	10,19±0,861 ^{bB}
	21	6,82±0,318 ^{aB}	2,55±0,120 ^{bAB}	9,42±0,716 ^{bB}
Genel Ortalama (n=8)		6,73±0,275^B	2,65±0,250^A	11,35±2,195^B
D (8546)	1	6,79±0,170 ^{aB}	3,11 ±0,035 ^{aA}	13,38±1,915 ^{aA}
	7	6,84±0,502 ^{aB}	2,64±0,156 ^{bA}	12,05±1,078 ^{aA}
	14	6,67±0,177 ^{aB}	2,55±0,007 ^{bA}	10,95±1,185 ^{aB}
	21	6,60±0,481 ^{aB}	2,68±0,156 ^{bA}	10,89±1,804 ^{aAB}
Genel Ortalama (n=8)		6,72±0,296^B	2,74±0,245^A	11,86±1,787^B

$\bar{x}$: İki tekerrür ortalaması, SD: Standart sapma, n: Analiz edilen örnek sayısı, ^{A,B}: Badem bazlı süt analogundan üretilen ayran analogu çeşitleri arasında fark olup olmadığını gösterir, ^{a,b}: Depolama boyunca her bir özellik için elde edilen değerler arasında fark olup olmadığını gösterir, *: Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı (p < 0,05), aynı harf taşıyanlar farksızdır (p > 0,05).

Tablo 3.13'te badem bazlı fermente içeceklerin biyoaktif özelliklerinin genel ortalaması ile istatistiksel analiz bulguları, pastörizasyon sıcaklığı, inkübasyon sonlandırma pH değeri ve depolama süresi faktörleri dikkate alınarak sunulmuştur.

Tablo 3.13. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin biyoaktif özelliklerine ait ortalama istatistiksel sonuçlar

	Fenolik tayini (mg GAE/100 mL)	DPPH (mg TE/100 mL)	FRAP (mg TE/100 mL)
Pastörizasyon Sıcaklığı (n=16)			
70 °C 60 saniye	8,42±0,320 ^a	1,39±0,348 ^b	12,73±2,398 ^a
85 °C 60 saniye	6,72±0,276 ^b	2,70±0,243 ^a	11,59±1,998 ^b
İnkübasyon Sonlandırma pH Değeri (n=16)			
pH 4,4	7,52±0,888 ^a	2,04±0,690 ^a	12,68±2,567 ^a
pH 4,6	7,62±0,956 ^a	2,05±0,783 ^a	11,64±1,789 ^a

Tablo 3.13. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin biyoaktif özelliklerine ait ortalama istatistiksel sonuçlar (devam)

Depolama Zamanı (n=8)			
1. Gün	7,48±0,848 ^a	2,26±0,885 ^a	13,47±1,250 ^a
7. Gün	7,53±0,783 ^a	1,85±0,821 ^a	12,98±1,983 ^{ab}
14. Gün	7,68±1,154 ^a	1,93±0,656 ^a	11,67±2,405 ^{bc}
21. Gün	7,59±0,985 ^a	2,14±0,570 ^a	10,65±2,226 ^c

^{a,b}: Üretim yöntemi ve depolama günlerinin genel ortalama değerleri arasında fark olup olmadığını gösterir. Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0,05$), aynı harf taşıyanlar farksızdır ($p > 0,05$).

3.5.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı

Çalışmada üretilen badem bazlı fermente içeceklerin depolama süresince toplam fenolik madde miktarı belirlenmiş olup, sonuçlar Tablo 3.12’de sunulmuştur. Toplam fenolik madde genel ortalama değerleri A örneğinde 8,32 mg GAE/100 mL, B örneğinde 8,52 mg GAE/100 mL, C örneğinde 6,73 mg GAE/100mL ve D örneğinde 6,72 mg GAE/100 mL olarak belirlenmiştir. A ve B örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Benzer şekilde C ve D örneklerinin değerleri de birbirine benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$). Buna karşılık, A ve B örnekleri, C ve D örneklerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık göstermiştir ($p < 0,05$). Depolama süresi boyunca fenolik madde içeriğinde tüm örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p > 0,05$).

Pastörizasyon sıcaklık değerinin badem bazlı fermente içecek örneklerinin toplam fenolik madde içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$) (Tablo 3.13). Pastörizasyon sıcaklığının artması, örneklerin fenolik madde miktarında azalmaya neden olmuştur. Buna karşılık, inkübasyon sonlandırma pH değerinin ve depolama süresinin örneğin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Yoğurt starter kültürleriyle fermantasyon işlemi, Tablo 3.1’de verilen badem bazlı pastörize içeceklerin toplam fenolik madde miktarlarına kıyasla artışa neden olmuştur. Benzer sonuç Wansutha vd. (2018) ve La Torre vd. (2025) tarafından da elde edilmiştir. Wansutha vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, badem bazlı fermente içeceklerin toplam fenolik madde miktarı 235,33–270,59 µg GAE/g aralığında olduğu rapor edilmiştir. Topçuoğlu (2019) tarafından

yürütülen çalışmada, sadece badem bazlı içecekten üretilen probiyotik yoğurt analogunun toplam fenolik madde miktarı 28,95 mg GAE/L olduğu bulunmuştur. La Torre vd. (2025) tarafından yapılan bir çalışmada, badem bazlı kefir analogunun toplam fenolik madde miktarı 365,81 µg GAE/mL olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler, Topçuoğlu (2019) tarafından bildirilen değerlerden daha yüksek, Wansutha vd. (2018) ve La Torre vd. (2025) tarafından elde edilen değerlerden ise daha düşüktür.

3.5.2 DPPH Değeri

Badem bazlı fermente içeceklerin DPPH değerleri Tablo 3.12’de verilmiştir. Depolama süresi boyunca DPPH miktarları, A örneğinde 1,18–1,61 mg TE/100 mL, B örneğinde 1,07–1,75 mg TE/100 mL, C örneğinde 2,52–3,03 mg TE/100 mL ve D örneğinde 2,55–3,11 mg TE/100 mL aralığında değişmiştir. Fermente içecek örneklerinin DPPH genel ortalama değerleri karşılaştırıldığında örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir.

Depolama süresi boyunca DPPH miktarlarında A ve B örneklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p > 0,05$). C ve D örneklerinde ise depolamanın 7. günündeki düşüş önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Tablo 3.13 incelendiğinde, pastörizasyon sıcaklık değerinin artışı badem bazlı fermente içeceklerin DPPH miktarlarında artışa neden olmuştur. Bu artış, istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Buna karşılık inkübasyon sonlandırma pH değeri ve depolama süresi badem bazlı fermente içeceklerin DPPH miktarları üzerinde istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır ($p > 0,05$).

Badem bazlı fermente içeceklerinin DPPH miktarlarında meydana gelen artışın, fermentasyon sırasında gerçekleşen mikrobiyal metabolik faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle, bademin yapısında şekerlere bağlı formda bulunan fenolik bileşiklerin, bakteriyel enzimlerin etkisiyle serbest hâle geçmesi, DPPH miktarının artmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, fermentasyon sürecinde gerçekleşen proteoliz sonucu ortaya çıkan biyoaktif peptitlerin de serbest radikalleri bağlama yeteneğine sahip olduğu ve bu durumun DPPH değerlerindeki artışa neden olduğu bildirilmiştir (Wansutha vd., 2018).

Badem bazlı süt analoglarının yoğurt kültürleriyle fermentasyonu sonucu DPPH antioksidan aktivitesinde artış olmuştur. Benzer sonuç Wansutha vd. (2018) ve Al Zahrani vd. (2023) tarafından da elde edilmiştir. Wansutha vd. (2018)

tarafından gerçekleştirilen çalışmada, örneklerin antioksidan kapasiteleri incelendiğinde, fermente badem bazlı süt analoglarının % DPPH inhibisyon değerlerinin %37,90 ile %51,41 aralığında olduğu tespit edilmiştir. La Torre vd. (2025) tarafından yürütülen çalışmada, badem bazlı kefir analogunun DPPH radikalini nötralize etme yeteneği ölçülmüştür. Üç farklı konsantrasyon aralığında (33,33–333,33 µg/mL) yapılan bu ölçümlerde, kefir analogunun antioksidan kapasitesi 184,21–231,36 µg TE/mL arasında tespit edilmiştir. Al Zahrani vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada ise % DPPH inhibisyon değerlerinin %74–90 arasında değiştiği rapor edilmiştir.

3.5.3 FRAP Değeri

Badem bazlı fermente içeceklerin FRAP miktarlarındaki değişimler Tablo 3.12’de verilmiştir. A, B, C ve D örneklerinin genel ortalama FRAP değerleri sırasıyla 14,10, 11,44, 11,35 ve 11,86 mg TE/100 mL olarak belirlenmiş olup örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Depolama süresi boyunca FRAP miktarındaki değişim A ve D örneklerinde istatistiksel olarak önemli değilken ($p > 0,05$), B ve C örneklerinde ise önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Tablo 3.13’te görüleceği üzere, pastörizasyon sıcaklığının artması badem bazlı fermente içeceklerinin FRAP miktarlarını önemli ölçüde azaltmıştır ($p < 0,05$). Öte yandan, inkübasyon sonlandırma pH değerinin FRAP miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Depolama süresince ayran analoglarının FRAP miktarında düzenli bir azalma eğilimi tespit edilmiştir. Bu azalış eğilimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Badem bazlı içeceklerin yoğurt kültürleriyle fermantasyonu sonucu FRAP antioksidan aktivitesinde artış olmuştur. Benzer sonuç Wansutha vd. (2018) ve La Torre vd. (2025) tarafından da elde edilmiştir. Fermantasyon işlemi sonucunda FRAP değerlerinde meydana gelen artışın (Tablo 3.1), fermantasyonun gıda matrisi üzerinde oluşturduğu biyodönüşüm mekanizmaları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Fermantasyon sürecinde mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimler, bademin yapısında bulunan kompleks bileşikleri hidrolize ederek bağlı formda bulunan indirgeyici bileşiklerin serbest hale geçmesini sağlamaktadır. Ayrıca, fermantasyon sonucunda oluşan asidik ortam fenolik bileşiklerin çözünürlüğünü artırmakta; proteinlerin enzimatik hidrolizi sonucu açığa çıkan ve

yüksek indirgeme kapasitesine sahip biyoaktif peptitlerin oluşumu ise FRAP değerlerindeki artışta etkili olmaktadır (Wansutha vd., 2018). La Torre vd. (2025) tarafından yapılan çalışmada, süt ve su kefir taneleri ile gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda örneklerin FRAP miktarı sırasıyla 157,75 ve 500,09 $\mu\text{M/mL}$ FeSO_4 olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Wansutha vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada laktik asit bakterileriyle fermente edilen badem bazlı içeceklerin FRAP miktarı 0,82–1,49 mM FeSO_4 aralığında ölçülmüştür.

3.6 Badem Bazlı Fermente İçecek Örneklerinin Duyusal Özellikleri

Tablo 3.14’te fermente badem bazlı içeceklerin depolama süresi boyunca duyusal değerlendirme puanlarında meydana gelen değişimler ile bu değişimlerin istatistiksel değerlendirme sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.14. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin duyusal değerlendirme puanlarında meydana gelen değişimler

Fermente İçecek Çeşidi	Depolama Zamanı (Gün)	Duyusal Özellikler ($\bar{x} \pm \text{SD}$) (n=2)				
		Renk ve Görünüş	Kıvam	Tat	Koku	Genel Beğeni
A (7044)	1	8,04 $\pm$ 0,057 ^{aA}	7,27 $\pm$ 0,163 ^{aA}	6,73 $\pm$ 0,057 ^{aA}	7,46 $\pm$ 0,113 ^{aA}	7,04 $\pm$ 0,057 ^{aA}
	7	7,59 $\pm$ 0,233 ^{bA}	6,96 $\pm$ 0,297 ^{aA}	6,67 $\pm$ 0,120 ^{abAB}	7,46 $\pm$ 0,057 ^{aA}	6,71 $\pm$ 0,177 ^{abAB}
	14	7,82 $\pm$ 0,127 ^{abA}	6,91 $\pm$ 0,000 ^{aA}	6,27 $\pm$ 0,255 ^{bA}	7,50 $\pm$ 0,198 ^{aA}	6,64 $\pm$ 0,262 ^{aA}
	21	6,70 $\pm$ 0,141 ^{cA}	6,20 $\pm$ 0,000 ^{bB}	5,10 $\pm$ 0,141 ^{cAB}	6,00 $\pm$ 0,283 ^{bA}	5,50 $\pm$ 0,141 ^{bB}
Genel Ortalama (n=8)		7,54$\pm$0,556^A	6,83$\pm$0,436^A	6,19$\pm$0,710^A	7,11$\pm$0,696^A	6,47$\pm$0,635^A
B (7046)	1	7,93 $\pm$ 0,106 ^{aA}	7,42 $\pm$ 0,057 ^{aA}	7,12 $\pm$ 0,163 ^{aA}	7,54 $\pm$ 0,113 ^{aA}	7,35 $\pm$ 0,050 ^{aA}
	7	7,55 $\pm$ 0,177 ^{aA}	6,92 $\pm$ 0,120 ^{bAB}	6,42 $\pm$ 0,120 ^{bB}	7,54 $\pm$ 0,057 ^{aA}	6,58 $\pm$ 0,000 ^{bB}
	14	7,69 $\pm$ 0,191 ^{aA}	6,87 $\pm$ 0,064 ^{bA}	6,18 $\pm$ 0,255 ^{bA}	7,36 $\pm$ 0,127 ^{aA}	6,41 $\pm$ 0,064 ^{bA}
	21	6,40 $\pm$ 0,000 ^{bB}	6,10 $\pm$ 0,141 ^{cB}	4,60 $\pm$ 0,283 ^{cB}	6,10 $\pm$ 0,141 ^{bA}	5,10 $\pm$ 0,424 ^{cB}
Genel Ortalama (n=8)		7,39$\pm$0,636^A	6,83$\pm$0,510^A	6,08$\pm$0,997^A	7,14$\pm$0,649^A	6,36$\pm$0,879^A
C (8544)	1	7,54 $\pm$ 0,000 ^{aB}	6,85 $\pm$ 0,431 ^{aA}	7,16 $\pm$ 0,106 ^{aA}	7,54 $\pm$ 0,438 ^{aA}	7,08 $\pm$ 0,219 ^{aA}
	7	7,50 $\pm$ 0,0113 ^{aA}	6,38 $\pm$ 0,177 ^{aB}	6,59 $\pm$ 0,233 ^{aAB}	7,42 $\pm$ 0,233 ^{aA}	6,63 $\pm$ 0,177 ^{bAB}
	14	7,59 $\pm$ 0,325 ^{aA}	7,05 $\pm$ 0,191 ^{aA}	6,41 $\pm$ 0,064 ^{aA}	7,41 $\pm$ 0,198 ^{aA}	6,71 $\pm$ 0,035 ^{abA}
	21	6,80 $\pm$ 0,000 ^{bA}	6,80 $\pm$ 0,283 ^{aA}	4,80 $\pm$ 0,566 ^{bAB}	5,90 $\pm$ 0,424 ^{bA}	5,50 $\pm$ 0,141 ^{cB}
Genel Ortalama (n=8)		7,36$\pm$0,370^A	6,77$\pm$0,340^A	6,24$\pm$0,964^A	7,07$\pm$0,767^A	6,48$\pm$0,641^A

Tablo 3.14. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin duyuşal değeriendirme puanlarında meydana gelen değerişimler (devam)

Fermente İçecek Çeşidi	Depolama Zamanı (Gün)	Duyuşal Özellikler ($\bar{x} \pm SD$) (n=2)				
		Renk ve Görünüş	Kıvam	Tat	Koku	Genel Beğeni
D (8546)	1	7,46 $\pm$ 0,113 ^{aAB}	7,16 $\pm$ 0,106 ^{aA}	7,27 $\pm$ 0,382 ^{aA}	7,62 $\pm$ 0,431 ^{aA}	7,31 $\pm$ 0,219 ^{aA}
	7	7,71 $\pm$ 0,057 ^{aA}	6,75 $\pm$ 0,113 ^{aAB}	6,83 $\pm$ 0,000 ^{abA}	7,38 $\pm$ 0,177 ^{aA}	6,96 $\pm$ 0,057 ^{abA}
	14	7,69 $\pm$ 0,191 ^{aA}	6,73 $\pm$ 0,389 ^{aA}	6,23 $\pm$ 0,191 ^{bcA}	7,46 $\pm$ 0,134 ^{aA}	6,61 $\pm$ 0,354 ^{bcA}
	21	6,70 $\pm$ 0,141 ^{bA}	6,90 $\pm$ 0,141 ^{aA}	5,70 $\pm$ 0,141 ^{cA}	6,30 $\pm$ 0,141 ^{bA}	6,30 $\pm$ 0,141 ^{cA}
Genel Ortalama (n=8)		7,39 $\pm$ 0,449 ^A	6,88 $\pm$ 0,248 ^A	6,51 $\pm$ 0,659 ^A	7,19 $\pm$ 0,587 ^A	6,79 $\pm$ 0,436 ^A

$\bar{x}$: İki tekerrür ortalaması, SD: Standart sapma, n: Analiz edilen örnek sayısı, ^{A,B}: Badem bazlı süt analogundan üretilen ayran analogu çeşitleri arasında fark olup olmadığını gösterir, ^{a,b,c}: Depolama boyunca her bir özellik için elde edilen değeriğerler arasında fark olup olmadığını gösterir, *: Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı (p < 0,05), aynı harf taşıyanlar farkıdır (p > 0,05).

Tablo 3.15'te badem bazlı fermente içeceklerin duyuşal değeriendirme puanlarının genel ortalaması ile istatistiksel analiz bulguları, pastörizasyon sıcaklığı, inkübasyon sonlandırma pH değeri ve depolama süresi faktörleri dikkate alınarak sunulmuştur.

Tablo 3.15. Badem bazlı fermente içecek örneklerinin duyuşal değeriendirme puanlarına ait ortalama istatistiksel sonuçlar

	Renk ve Görünüş	Kıvam	Tat	Koku	Genel Beğeni
Pastörizasyon Sıcaklığı (n=16)					
70 °C 60 saniye	7,46 $\pm$ 0,582 ^a	6,83 $\pm$ 0,459 ^a	6,13 $\pm$ 0,838 ^a	7,12 $\pm$ 0,651 ^a	6,41 $\pm$ 0,743 ^a
85 °C 60 saniye	7,37 $\pm$ 0,398 ^a	6,82 $\pm$ 0,294 ^a	6,37 $\pm$ 0,810 ^a	7,13 $\pm$ 0,662 ^a	6,64 $\pm$ 0,554 ^a
İnkübasyon Sonlandırma pH Değeri (n=16)					
pH 4,4	7,45 $\pm$ 0,465 ^a	6,80 $\pm$ 0,380 ^a	6,21 $\pm$ 0,818 ^a	7,09 $\pm$ 0,708 ^a	6,47 $\pm$ 0,616 ^a
pH 4,6	7,39 $\pm$ 0,532 ^a	6,85 $\pm$ 0,388 ^a	6,29 $\pm$ 0,846 ^a	7,16 $\pm$ 0,599 ^a	6,58 $\pm$ 0,707 ^a
Depolama Zamanı (n=8)					
1. Gün	7,74 $\pm$ 0,271 ^a	7,17 $\pm$ 0,288 ^a	7,07 $\pm$ 0,272 ^a	7,54 $\pm$ 0,247 ^a	7,19 $\pm$ 0,188 ^a
7. Gün	7,59 $\pm$ 0,147 ^a	6,75 $\pm$ 0,286 ^{bc}	6,62 $\pm$ 0,194 ^b	7,45 $\pm$ 0,132 ^a	6,72 $\pm$ 0,185 ^b
14. Gün	7,70 $\pm$ 0,189 ^a	6,89 $\pm$ 0,206 ^{ab}	6,27 $\pm$ 0,180 ^c	7,43 $\pm$ 0,139 ^a	6,59 $\pm$ 0,207 ^b
21. Gün	6,65 $\pm$ 0,177 ^b	6,50 $\pm$ 0,400 ^c	5,05 $\pm$ 0,510 ^d	6,08 $\pm$ 0,261 ^b	5,60 $\pm$ 0,501 ^c

^{a,b}: Üretim yöntemi ve depolama günlerinin genel ortalama değeriğerleri arasında fark olup olmadığını gösterir. Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklı (p<0,05), aynı harf taşıyanlar farkıdır (p>0,05).

3.6.1 Renk ve Görünüş

Badem bazlı fermente içecek örneklerinin renk ve görünüş özelliklerine ait duyuşal değeriendirme sonuçları Tablo 3.15'te verilmiştir. Panelist

değerlendirmesine göre, depolamanın 1. ve 21. günlerinde örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar varken ($p < 0,05$); depolamanın 7. ve 14. günlerinde bu parametre açısından anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). Ancak, genel ortalama değerlere bakıldığında, tüm örneklerin renk ve görünüş puanlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca renk ve görünüş puanlarında dalgalanmalar gözlemlenmekle birlikte, genel eğilim düşüş yönünde olmuştur ($p < 0,05$). Özellikle 21. günde kaydedilen değişim önemlidir. Buna rağmen, depolamanın son gününde dahi tüm örneklerin ortalama puanları 6'nın üzerinde kalmıştır.

Tablo 3.16'da sunulan badem bazlı fermente içeceklerin ortalama istatistiksel sonuçları incelendiğinde, renk ve görünüş özellikleri üzerinde pastörizasyon sıcaklığı ile inkübasyon sonlandırma pH değerinin etkili olmadığı ($p > 0,05$), ancak depolama süresinin etkili olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Depolama süresinin ilk 14 günündeki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, 14. gün ile 21. gün arasındaki değişimlerin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Bernat vd. (2015b) tarafından yürütülen çalışmada, panelistler badem bazlı fermente ürünün duyuşal değerlendirmesi sırasında ürünün görünümünü iyi olarak değerlendirmiştir. Ayrıca, görünümün depolama süresinden etkilenmediği rapor edilmiştir.

3.6.2 Kıvam

Tablo 3.15'te sunulan verilere göre, badem bazlı fermente içecek örneklerinin kıvam değerlerinin 6,10 ile 7,42 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Örneklerin genel ortalama kıvam değerleri birbirine yakın olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Depolama süreci boyunca örneklerin kıvam puanlarındaki değişimler, A ve B örneklerinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$), ancak C ve D örneklerinde anlamlı bir değişim tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). Tüm depolama süresi boyunca, örneklerin kıvam puanları 6'nın altına düşmemiştir.

Tablo 3.16'da sunulan fermente badem bazlı içeceklerin ortalama istatistiksel sonuçları incelendiğinde, kıvam özellikleri üzerinde pastörizasyon sıcaklığı ve inkübasyon sonlandırma pH değerinin etkili olmadığı ($p > 0,05$), ancak depolama süresinin etkili olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Depolama süresi

boyunca, fermente içeceklerin en yüksek kıvam değerini depolamanın ilk gününde, en düşük kıvam değerini ise son gününde göstermiştir ve bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Bernat vd. (2015b) tarafından yürütülen çalışmada ise badem bazlı fermente ürünün kıvamın depolama süresinden etkilenmediği rapor edilmiştir. Araştırmacılar, ürünün kıvamının panelistler tarafından iyi olarak değerlendirdiğini bildirmiştir.

3.6.3 Tat

Tablo 3.15'te sunulan verilere göre, badem bazlı fermente içecek örneklerinin ortalama tat puanlarının 4,60 ile 7,27 arasında değiştiği belirlenmiştir. Örneklerin genel ortalama tat değerleri birbirine yakın olmakla birlikte, bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca tat puanlarındaki değişimler tüm örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir ($p < 0,05$). Panelistler tarafından, örneklere depolamanın ilk 14 gününde 6'nın üzerinde puanlar verilmişken, depolamanın 21. gününde verilen puanlar 6'nın altına düşmüştür.

Tablo 3.16'da sunulan fermente içeceklerin tat özelliklerine ilişkin istatistiksel sonuçlar incelendiğinde, pastörizasyon sıcaklığı ve inkübasyon sonlandırma pH değerinin tat üzerinde etkili olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Depolama süresince ise örneklerin tat puanlarında düzenli bir azalma gözlemlenmiş ve bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Tat puanındaki bu düşüş, depolama sırasında örneklerdeki maya-küf sayısının artışıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Bernat vd. (2015b) tarafından yürütülen çalışmada, panelistler tarafından yapılan değerlendirmede badem bazlı fermente ürünü depolamanın 1. gününde depolamanın 28. gününe göre daha asidik ve daha az tatlı olduğu değerlendirilmiştir. Bu çalışmada da depolama süresi boyunca örneklerin pH değerinde yükseliş, titrasyon asitliği ve tat puanlarında ise düşüş eğilimi olmuştur.

3.6.4 Koku

Tablo 3.15'te sunulan verilere göre, badem bazlı fermente içeceklerin ortalama koku puanlarının 5,90 ile 7,62 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Genel ortalama koku puanları, en düşük C örneğinde 7,07, en yüksek D örneğinde ise 7,19 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin genel ortalama koku değerleri

arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca koku puanlarındaki değişimler, tüm örneklerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p < 0,05$). Panelistler, depolamanın ilk 14 gününde örneklerle 7'nin üzerinde koku puanları vermişlerdir; ancak, depolamanın 21. gününde verilen puanlar 6 civarına düşmüştür.

Tablo 3.16'da sunulan badem bazlı fermente içecek örneklerinin koku özelliklerine ilişkin istatistiksel sonuçlar incelendiğinde, pastörizasyon sıcaklığının ve inkübasyon sonlandırma pH değerinin koku üzerinde etkili olmadığı ($p > 0,05$), ancak depolama süresinin koku üzerinde etkili olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Depolamanın ilk 14 gününde koku puanlarındaki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken ($p > 0,05$), 14. gün ile 21. gün arasındaki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir ($p < 0,05$).

Bernat vd. (2015b) tarafından yürütülen çalışmada, badem bazlı fermente ürünün badem aroması puanı depolamanın 28. gününe göre depolamanın 1. gününde daha yüksek puan almıştır.

3.6.5 Genel Beğeni

Badem bazlı fermente içecek örneklerinin genel beğeni puanı Tablo 3.15'te verilmiştir. Örneklerin genel beğeni genel ortalama puanları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). Depolama süresince genel beğeni puanları A örneğinde 5,50-7,04, B örneğinde 5,10-7,35, C örneğinde 5,50-7,08 ve D örneğinde 6,30-7,31 aralığında değişim göstermiştir. Panelistler tarafından en yüksek genel beğeni puanları depolamanın 1. gününde verilirken, en düşük genel beğeni puanları ise depolamanın 21. gününde verilmiştir. Örneklerin depolama boyunca genel beğeni puanlarındaki değişim istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Tablo 3.16'da sunulan fermente badem bazlı içeceklerin duyu özelliklerinin ortalama istatistiksel sonuçları incelendiğinde, pastörizasyon sıcaklığı ve inkübasyon sonlandırma pH değeri örneklerin genel beğeni puanları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). Depolama süresi boyunca fermente içeceklerin genel beğeni puanlarında azalma gözlemlenmiş ve bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Bernat vd. (2015b) tarafından yürütülen çalışmada, badem bazlı fermente ürünün genel beğeni puanı depolamanın 28. gününde depolamanın 1. gününe göre daha yüksek puan almıştır.

Şahin (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, badem bazlı kefir analoğu örneklerinin duyuşal değerdendirmelerinde iç kabuk oranı ve depolama süresinin etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, iç kabuk oranının artması ve depolama süresinin uzamasıyla birlikte panelistler tarafından verilen puanlarda belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Erol (2020) tarafından yürütülen çalışmada ise en yüksek puan %100 inek sütünden üretilen kefir örneğine verilmiş, badem bazlı içecekten üretilen kefir analogları daha düşük puan almıştır. Öte yandan, Koptagel (2022) tarafından yürütülen çalışmada, badem bazlı kefir analogunun diğer örneklere göre benzer duyuşal puanlar aldığını bildirilmiştir. Pirinç, nohut ve badem gibi farklı hammaddeler kullanılarak üretilen kefir analoglarının duyuşal değerdendirilmeleri sonucunda, en yüksek puan bademden üretilen kefir analoğu örneğine verilmiştir (Ustaoglu Gençgönül, 2022)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ayrana alternatif tamamen bitkisel ve katkı maddesi içermeyen fermente bir içecek üretilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, kabukları soyulmuş çiğ bademler 1:6 (w/w) oranında su ile karıştırılarak öğütülmüş, süzölmüş ve yoğurt starter kültürü kullanılarak fermente edilmiştir. Üretim sürecinde iki farklı pastörizasyon sıcaklığı (70 °C, 60 saniye ve 85 °C, 60 saniye) ve iki farklı inkübasyon sonlandırma pH değeri (pH 4,40 ve 4,60) kullanılmıştır. Üretilen örnekler +4 °C’de 21 gün boyunca depolanmıştır. Depolamanın 1. ve 21. günlerinde badem bazlı fermente içeceklerin kuru madde, yağ, kül ve protein içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca, depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde örneklerin pH, titrasyon asitliği, renk, viskozite, serum ayrılması, mikrobiyolojik özellikleri, biyoaktif bileşenleri ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda:

Badem bazlı içeceklerde;

- 1) Badem bazlı çiğ içeceği en düşük kuru madde ve yağ içeriğine sahipken; 85 °C’de pastörize edilen örnek en yüksek kuru madde değerini gösterdiği saptanmıştır ($p < 0,05$). Protein miktarı en yüksek 85 °C’de pastörize örnekte tespit edilse de, örnekler arasındaki protein içeriği farkı istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Kül içerikleri açısından en yüksek değer 70 °C’de pastörize edilen örnekte belirlenmiş olup, farklı örnekler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p > 0,05$).
- 2) pH değerleri bakımından en düşük ölçüm 70 °C’de pastörize edilen örnekte kaydedilmiştir ($p < 0,05$). Laktik asit cinsinden titrasyon asitliği ise pastörizasyon sıcaklığındaki artışla birlikte yükselmiş olup, çiğ örnek ile 85 °C’de pastörize edilen örnek arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).
- 3) Yüksek ısı işlem uygulanması sonucunda örneğin viskozitesinde belirgin bir artış saptanmıştır ($p < 0,05$).
- 4) Isıl işleminin renk özellikleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). En yüksek L^* ve beyazlık değerleri çiğ badem içeceğinde gözlemlenmiştir. Çiğ badem içeceğinin 70 °C’de pastörize edilen örneğe kıyasla kırmızılık değerinin arttığı, 85 °C’de pastörize edilen örneğin ise daha yeşil bir renk tonu sergilediği tespit edilmiştir. Ayrıca, ısı

işlem uygulanmış örneklerin b* değerleri çiğ badem içeceklerinde daha yüksek bulunmuştur.

- 5) Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri 5,06–6,87 mg GAE/100 mL aralığında değişmiş olup, pastörizasyonun fenolik bileşikler üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Antioksidan kapasite açısından en yüksek değerler çiğ badem içeceğinde ölçülürken, en düşük değerler 70 °C’de pastörize edilen örneklerde belirlenmiştir. Isıl işlemin antioksidan aktivite üzerindeki etkisi DPPH analizlerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ($p < 0,05$), FRAP analizinde ise anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p > 0,05$).

Badem bazlı fermente içecek örneklerinde;

- 1) Badem içeceklerine uygulanan ısıl işlem, fermente badem içeceklerinin kuru madde, yağ, protein ve kül içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa ($p < 0,05$) neden olmuştur. Özellikle, 85 °C’de pastörize edilen numunelerde kuru madde, yağ ve protein değerleri daha yüksek bulunmuştur. Buna karşın, kül içerikleri açısından en yüksek değer 70 °C’de pastörize edilerek üretilen fermente içeceklerde saptanmıştır. Öte yandan, inkübasyon sonlandırma pH değeri ile depolama süresinin örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir.
- 2) Badem bazlı fermente içeceklerin pH ve titrasyon asitliği değerlerinin pastörizasyon sıcaklığından istatistiksel olarak anlamlı biçimde etkilendiği gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Özellikle, 85 °C’de pastörize edilen örneklerin ortalama pH değerleri, 70 °C’de pastörize edilen örneklerin ortalama pH değerlerine göre daha düşüktür. Örneklerin titrasyon asitliği değerleri ile pH değerleri arasında ters orantı gözlemlenmiştir. Pastörizasyon sıcaklığının artması, titrasyon asitliği değerlerinde anlamlı bir yükselişe neden olmuştur ($p < 0,05$). Inkübasyonun sonlandırıldığı pH değerinin ve depolama süresinin fermente içeceklerin ortalama pH ve titrasyona asitliği değerleri üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0,05$).
- 3) Badem bazlı fermente içeceklerin viskozite ve serum ayrılması değerleri üzerinde pastörizasyon sıcaklığının etkisi önemliyken ($p < 0,05$), inkübasyon sonlandırma pH değeri ve depolama süresinin etkisi önemli olmadığı bulunmuştur ($p > 0,05$). Pastörizasyon sıcaklığının artması

örneklerin viskozitesini arttırırken, serum ayrılmasını önemli ölçüde azaltmıştır.

- 4) Fermente içeceklerin L^* , b^* ve beyazlık indeksi değerleri üzerinde pastörizasyon sıcaklığının etkisi önemli çıkmıştır ($p < 0,05$). Özellikle, $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de pastörize edilen örneklerin ortalama L^* değeri ve beyazlık indeksi değerleri, $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de pastörize edilen örneklerin ortalama L^* değeri ve beyazlık indeksi değerlerine göre daha yüksektir. Pastörizasyon sıcaklığının artması, b^* değerlerinde anlamlı bir azalışa neden olmuştur. İnkübasyonun sonlandırıldığı pH değerinin badem bazlı fermente içecek örneklerinin ortalama renk değerleri üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0,05$). Depolama süresinin etkisi sadece örneklerin a^* değerleri üzerinde önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).
- 5) Örneklerin mikrobiyolojik özellikleri incelendiğinde ortalama *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayıları üzerinde pastörizasyon sıcaklığı ve depolama zamanının etkisi önemliyken ($p < 0,05$), inkübasyon sonlandırma pH değerinin etkisi önemli olmadığı bulunmuştur ($p > 0,05$). Pastörizasyon sıcaklığının artmasıyla *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayılarında bir azalma meydana gelmiştir. Depolama süresi boyunca tüm örneklerde *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayılarında azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Maya-küf sayısı, $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de pastörize edilerek üretilen fermente içeceklerde daha az olduğu tespit edilmiştir. Maya-küf sayısı üzerinde pastörizasyon sıcaklığı ve inkübasyon sonlandırma pH değerinin etkisi önemli değilken ($p > 0,05$), depolama zamanının etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).
- 6) Pastörizasyon sıcaklığının badem bazlı fermente içecek örneklerinin biyoaktif özellikleri üzerinde belirgin bir etkisi olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Pastörizasyon sıcaklığının artması, toplam fenolik madde içeriğinde ve FRAP miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya neden olurken, DPPH miktarında ise bir artışa neden olmuştur. İnkübasyon sonlandırma pH değerinin toplam fenolik madde, DPPH ve FRAP parametreleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0,05$). Depolama sürecinde ise sadece FRAP değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

7) Panelistler tarafından gerçekleştirilen duyusal değerlendirme sonucunda, örneklerin her birinin tüm duyusal değerlendirme kriterleri açısından genel ortalama puanlarının 6'nın üzerinde olduğu belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme puanları üzerinde pastörizasyon sıcaklığı ve inkübasyon sonlandırma pH değerinin etkisi önemli değilken ($p > 0,05$), depolama zamanının etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Duyusal değerlendirme kriterlerinin ortalama puanları depolama süresi boyunca düşmüştür.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, 21 günlük depolama süresi boyunca badem bazlı fermente içeceği örneklerinde çeşitli fiziksel, kimyasal, biyoaktif ve mikrobiyolojik değişimlerin meydana geldiğini göstermektedir. Özellikle pastörizasyon sıcaklığının farklılaştırılması depolama boyunca örneklerdeki değişimlerin daha belirgin olmasına neden olmuştur. Sonuç olarak, badem bazlı fermente içecek üretiminde hammaddenin 85 °C'de pastörize edilmesi ve ürünün 4 °C'de 14 gün süreyle depolanmasının daha uygun olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akan, E., Kınık, Ö., & Yetim, H. (2021). The effect of various herbs and packaging material on antioxidant activity and colour parameters of whey (Lor) cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 74(3), 544–553. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12778>
- Akpınar, A., Erk, G., & Seven, A. (2019). Vegan ve vejetaryan beslenmede probiyotik bitkisel bazlı süt ürünlerinin yeri. *Gıda*, 44(3), 453–462. <https://doi.org/10.15237/gida.gd18083>
- Al Zahrani, A. J., & Shori, A. B. (2023). Viability of probiotics and antioxidant activity of soy and almond milk fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. *LWT*, 176, 114531. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114531>
- Al Zahrani, A. J., Shori, A. B., & Altammar, K. A. (2025). Synergistic evaluation of lactobacilli on probiotic viability and antioxidant properties in almond and cow milk. *Fermentation*, 11(11), 616. <https://doi.org/10.3390/fermentation11110616>
- Altınay, C., & Şanlı, T. (2023). Vegan beslenmede alternatif süt ürünleri: Teknolojik ve beslenme yönü. *Gıda*, 48(6), 1318–1334. <https://doi.org/10.15237/gida.gd23114>
- AOAC. (2000). *Methods of analysis* (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Aydar, A. Y., Mataracı, C. E., & Sağlam, T. B. (2021). Development and modeling of a novel plant-based yoghurt produced by Jerusalem artichoke and almond milk using 1-optimal mixture design. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3079–3087. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00884-z>
- Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 103975. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103975>
- Baba, G., Bozathı, S. B., & Dikici, A. (2024). Bitkisel süt üretimi ve insan sağlığı üzerine etkisi. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(1), 80–89. <https://doi.org/10.47137/usufedbid.1483320>
- Baysal, A. (1998). Sağlıklı beslenme: Uzmanların önerisi, tüketicinin algılaması. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 27(2), 1–4.
- Bekiroglu, A., Cakir, E., Dertli, E., & Sagdic, O. (2025). Development of functional almond milk beverage with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* and *Lactiplantibacillus brevis* bacteria. *International Journal of Food Engineering*, 21(5), 331–341. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2024-0154>
- Bengü, İ., & Yılmaz-Ersan, L. (2022). İçecek sektöründe yükselen yeni trend: Süt benzeri bitki bazlı içecekler. *Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Tasarım Dergisi*, 3(2).
- Benzie, I. F., & Devaki, M. 2018. “The Ferric Reducing/Antioxidant Power (FRAP) assay for non-enzymatic antioxidant capacity: concepts, procedures, limitations and applications”, In *Measurement of Antioxidant Activity & Capacity: Recent Trends and Applications*, Wiley: Hoboken, NJ, USA, pp. 77–106.
- Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2014). Hazelnut milk fermentation using probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG and inulin. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(12), 2553–2562. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12585>
- Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2015a). Development of a non-dairy probiotic fermented product based on almond milk and inulin. *Food Science and Technology International*, 21(6), 440–453. <https://doi.org/10.1177/1082013214543705>

- Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2015b). Probiotic fermented almond “milk” as an alternative to cow-milk yoghurt. *International Journal of Food Studies*, 4(2), 201–211. <https://doi.org/10.7455/ijfs/4.2.2015.a8>
- Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A., Laparra, J. M., & González-Martínez, C. (2015c). Almond milk fermented with different potentially probiotic bacteria improves iron uptake by intestinal epithelial (Caco-2) cells. *International Journal of Food Studies*, 4(1), 49–60. <https://doi.org/10.7455/ijfs/4.1.2015.a4>
- Bernat, N., Cháfer, M., Rodríguez-García, J., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2015d). Effect of high pressure homogenisation and heat treatment on physical properties and stability of almond and hazelnut milks. *LWT*, 62(1), 488–496. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.045>
- Briviba, K., Gräf, V., Walz, E., Guamis, B., & Butz, P. (2016). Ultra high pressure homogenization of almond milk: Physico-chemical and physiological effects. *Food Chemistry*, 192, 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.063>
- Casagrande, S. S., & Gary-Webb, T. L. (2010). Trends in US adult fruit and vegetable consumption. In S. K. Sathe & K. W. G. B. K. S. (Eds.), *Bioactive foods in promoting health* (pp. 111–130). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374628-3.00008-6>
- Ceylan, M. M. (2013). *Badem Sütünün Üretimi ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Chalupa-Krebszdek, S., Long, C. J., & Bohrer, B. M. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International Dairy Journal*, 87, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.07.018>
- Codina-Torrella, I., Guamis, B., Ferragut, V., & Trujillo, A. J. (2017). Potential application of ultra-high pressure homogenization in the physico-chemical stabilization of tiger nuts’ milk beverage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 40, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.023>
- Čolić, S., Bakić, I., Fotirić Akšić, M., Rahović, D., & Zec, G. (2017). Nutrients and bioactive compounds of almonds. In *Proceedings of the XI International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2020”* (pp. 171–178).
- Devnani, B., Ong, L., Kentish, S., & Gras, S. (2020). Heat induced denaturation, aggregation and gelation of almond proteins in skim and full fat almond milk. *Food Chemistry*, 325, 126901. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126901>
- Dhakal, S., Liu, C., Zhang, Y., Roux, K. H., Sathe, S. K., & Balasubramaniam, V. M. (2014). Effect of high pressure processing on the immunoreactivity of almond milk. *Food Research International*, 62, 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.021>
- Elsabie, W. B., & Aboel Einen, K. A. M. (2016). Comparative evaluation of some physicochemical properties for different types of vegan milk with cow milk. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 7(11).
- Erol, H. (2020). *Badem Sütünden Ballı ve Muzlu Kefir Üretimi*. Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Franklin, L. M., & Mitchell, A. E. (2019). Review of the sensory and chemical characteristics of almond (*Prunus dulcis*) flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(10), 2743–2753. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06606>
- Gökçen, M., Aksoy, Y. Ç., & Ateş Özcan, B. (2019). Vegan beslenme tarzına genel bakış. *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 50–54. <https://doi.org/10.33308/2687248x.201912152>
- Gul, O., Atalar, I., Saricaoglu, F. T., & Yazici, F. (2018). Effect of multi-pass high pressure homogenization on physicochemical properties of hazelnut milk from hazelnut cake: An

- investigation by response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(5), e13615. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13615>
- Hasan, N. A. (2012). Almond milk production and study of quality characteristics. *Journal of Academia*, 2(1), 1–8.
- Iorio, M. C., Bevilacqua, A., Corbo, M. R., Campaniello, D., Sinigaglia, M., & Altieri, C. (2019). A case study on the use of ultrasound for the inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in almond milk. *Ultrasonics Sonochemistry*, 52, 477–483. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.12.026>
- Janssen, M., Busch, C., Rödiger, M., & Hamm, U. (2016). Motives of consumers following a vegan diet and their attitudes towards animal agriculture. *Appetite*, 105, 643–651. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.06.039>
- Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2018). Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food Research International*, 110, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.045>
- Kalita, S., Khandelwal, S., Madan, J., Pandya, H., Sesikeran, B., & Krishnaswamy, K. (2018). Almonds and cardiovascular health: A review. *Nutrients*, 10(4), 468. <https://doi.org/10.3390/nu10040468>
- Kavas, N., & Kavas, G. (2022). Production of yogurt-like product from almond milk enriched with egg white protein powder and different disaccharides. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 59(2), 335–346. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1000476>
- Khuenpet, K., Jittanit, W., Hongha, N., & Pairojkul, S. (2016). UHT skim coconut milk production and its quality. *Key Engineering Materials*, 713, 610–615. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.713.610>
- Kohli, D., Kumar, S., Upadhyay, S., & Mishra, R. (2017). Impact factor: RJIF 5.14. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2(6), 1–6.
- Koksoy, A., & Kılıç, M. (2003). Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink. *International Dairy Journal*, 13(10), 835–839. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00104-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00104-5)
- Koptagel, E. (2022). Farklı Yağlı Tohumlardan Elde Edilen Sütlerden Üretilen Kefirlerin Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Korkmaz, F., Polat, H., Andaç, A. E., & Yılmaz Tuncel, N. (2023). Bitki esaslı süt benzeri içecekler. *Gıda*, 48(4), 784–805. <https://doi.org/10.15237/gida.gd23049>
- Kris-Etherton, P. M., Petersen, K. S., Hibbeln, J. R., Hurley, D., Kolick, V., Peoples, S., Rodriguez, N., & Woodward-Lopez, G. (2021). Nutrition and behavioral health disorders: Depression and anxiety. *Nutrition Reviews*, 79(3), 247–260. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa025>
- Kundu, P., Dhankhar, J., & Sharma, A. (2018). Development of non-dairy milk alternative using soymilk and almond milk. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 6(1), 203–210. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.1.23>
- La Torre, C., Caputo, P., & Fazio, A. (2025). Effect of Milk and Water Kefir Grains on the Nutritional Profile and Antioxidant Capacity of Fermented Almond Milk. *Molecules*, 30(3), 698. <https://doi.org/10.3390/molecules30030698>
- Łopusiewicz, Ł. (2024). Comparison of homemade and commercial plant-based drinks (almond, oat, soy) fermented with yogurt starter culture for fresh consumption. *Fermentation*, 10(1), 35. <https://doi.org/10.3390/fermentation10010035>
- Lu, X., Chen, J., Zheng, M., Guo, J., Qi, J., Chen, Y., Miao, S., & Zheng, B. (2019). Effect of high-intensity ultrasound irradiation on the stability and structural features of coconut-grain milk

- composite systems utilizing maize kernels and starch with different amylose contents. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 135–148. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.03.003>
- Maghsoudlou, Y., Alami, M., Mashkour, M., & Shahraki, M. H. (2016). Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 828–839. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12661>
- Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2016). Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339–349. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950>
- Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Coda, R. (2015). Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(7), 1047–1056.
- Mandalari, G., Faulks, R. M., Bisignano, C., Waldron, K. W., Narbad, A., & Wickham, M. S. J. (2010). In vitro evaluation of the prebiotic properties of almond skins (*Amygdalus communis* L.). *FEMS Microbiology Letters*, 304(2), 116–122. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2010.01898.x>
- Manzoor, M. F., Ahmad, N., Aadil, R. M., Rahaman, A., Ahmed, Z., Rehman, A., Siddeeg, A., Zeng, X. A., & Manzoor, A. (2019). Impact of pulsed electric field on rheological, structural, and physicochemical properties of almond milk. *Journal of Food Process Engineering*, 42(8), e13299. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13299>
- Manzoor, M. F., Siddique, R., Hussain, A., Ahmad, N., Rehman, A., Siddeeg, A., Alfarga, A., Alshammari, G. M., & Yahya, M. A. (2021). Thermosonication effect on bioactive compounds, enzyme activity, particle size, microbial load, and sensory properties of almond (*Prunus dulcis*) milk. *Ultrasonics Sonochemistry*, 78, 105705. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105705>
- Mariotti, F., Tomé, D., & Patureau Mirand, P. (2008). Converting nitrogen into protein—beyond 6.25 and Jones' factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(2), 177–184. <https://doi.org/10.1080/10408390701279749>
- Miraliakbari, H., & Shahidi, F. (2008). Oxidative stability of tree nut oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(12), 4751–4759.
- Mori, A. M., Considine, R. V., & Mattes, R. D. (2011). Acute and second-meal effects of almond form in impaired glucose tolerant adults: A randomized crossover trial. *Nutrition & Metabolism*, 8(6). <http://www.nutritionandmetabolism.com/content/8/1/6>
- Mozaffarian, D., Rosenberg, I., & Uauy, R. (2018). History of modern nutrition science—Implications for current research, dietary guidelines, and food policy. *BMJ*, 361, k2392. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2392>
- Muncey, L., & Hekmat, S. (2021). Development of probiotic almond beverage using *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 fortified with short-chain and long-chain inulin fibre. *Fermentation*, 7(2), 90. <https://doi.org/10.3390/fermentation7020090>
- Nicolai, T., Britten, M., & Durand, D. (2011). Heat-induced gelation of globular plant proteins. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1941–1950.
- Omrak, H. (2024, Temmuz–Ağustos). Anavatanı Türkiye olan badem üretim rakamlarıyla yüz güldürüyor. *Tarım ve Orman Dergisi (Bitkisel Üretim Sayısı)*.
- Özdemir, M. (2022). Mardin ve Diyarbakır Bölgelerinde Yetiştirilen Bademlerden Elde Edilen Badem Sütlerinin Fizikokimyasal ve Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

- Pekcan, A. G., “Sürdürülebilir beslenme ve beslenme örüntüsü: bitkisel kaynaklı beslenme”, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 47 (2): 1-10 (2019).
- Pérez-Rodríguez, M. L., Serrano-Carretero, A., García-Herrera, P., Cámara-Hurtado, M., & Sánchez-Mata, M. C. (2023). Plant-based beverages as milk alternatives? Nutritional and functional approach through food labelling. *Food Research International*, 173, 113245. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113245>
- Quasem, J. M., Mazahreh, A. S., & Abu-Alruz, K. (2009). Development of vegetable-based milk from decorticated sesame (*Sesamum indicum*). *American Journal of Applied Sciences*, 6(5), 888–889.
- Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A. C., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-López, E., & López-Malo, A. (2023). Plant-based milk alternatives: Types, processes, benefits, and characteristics. *Food Reviews International*, 39(4), 2320–2351. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2001711>
- Sathe, S. K., Seeram, N. P., Kshirsagar, H., Heber, D., & Lapsley, K. A. (2008). Fatty acid composition of California-grown almond. *Journal of Food Science*, 73(9), C607–C614.
- Sebastiani, G., Barbero, A. H., Borrás-Novel, C., Casanova, M. A., Aldecoa-Bilbao, V., Andreu-Fernández, V., Tutusaus, M. P., Martínez, S. F., Roig, M. D. G., & García-Algar, O. (2019). The effects of vegetarian and vegan diet during pregnancy on the health of mothers and offspring. *Nutrients*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/nu11030557>
- Seow, C. C., & Gwee, C. N. (1997). Coconut milk: Chemistry and technology. *International Journal of Food Science and Technology*, 32(3), 189–201. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.1997.00400.x>
- Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3408–3423. Springer India. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Sezgin, S. B. (2021). Çeşitli Bitkisel Sütlerin Mikrobiyal ve Duyusal Özelliklerinin İncelenmesi Yüksek Lisans tezi., Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Silva, A. R. A., Silva, M. M. N., & Ribeiro, B. D. (2020). Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108972>
- Soumya, M. P., Suresh, A., Parameswaran, R., & Nampoothiri, K. M. (2024). Physico-chemical and organoleptic evaluation of probiotic plant-milk yogurt-type beverages as a functional alternative to dairy yogurts. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 57, 103060. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103060>
- Sözeri Atik, D., Gürbüz, B., Bölük, E., & Palabıyık, İ. (2021). Development of vegan kefir fortified with *Spirulina platensis*. *Food Bioscience*, 42, 101050. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101050>
- Strieder, M. M., Neves, M. I. L., Belinato, J. R., Silva, E. K., & Meireles, M. A. A. (2022). Impact of thermosonication processing on the phytochemicals, fatty acid composition and volatile organic compounds of almond-based beverage. *LWT*, 154, 112579. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112579>
- Şahin, A. (2024). Badem Sütü, Badem İç Kabuğu ve Bitkisel Kökenli Probiyotik Kullanımının Kefir Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi, Karabük.
- Tamer, A., & Nalbant, A. (2021). Beslenme ve bağışıklık sistemi. *Sakarya Medical Journal*. <https://doi.org/10.31832/smj.896467>
- Tang, C. H. (2019). Globular proteins as soft particles: Rheological, interfacial and gelling properties. *Food Hydrocolloids*, 94, 11-47.

- Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., & Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(23–24), 9263–9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
- Topçuoğlu, E. 2019. Badem Sütü ile Zenginleştirilmiş Probiyotik Yoğurt Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Topçuoğlu, E., & Yılmaz-Ersan, L. (2020). Fonksiyonel beslenmede bademin önemi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(2). <https://dergipark.org.tr/pub/bursauludagziraat>
- Türk Gıda Kodeksi Hayvansal Gıdalar İçin Özel Hijyen Yönetmeliği. (27 Kasım 2011). *Resmi Gazete (Sayı: 28155)*. <https://www.mevzuat.gov.tr>
- Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği. (13 Ekim 2023). *Resmi Gazete (Sayı: 32338)*. <https://www.mevzuat.gov.tr>
- Uruç, K. 2022. Kayısı Çekirdeği Sütünden Kefir Üretimi ve Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- USDA. (2022a). *Nuts, almonds, whole, raw*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Erişim tarihi 13 Ekim 2025, <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/2346393/nutrients>
- USDA. (2022b). *Almond milk, unsweetened, plain, refrigerated*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Erişim tarihi 13 Ekim 2025, <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/2257045/nutrients>
- USDA. (2025). *2024/2025 almonds production*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Erişim tarihi 21 Kasım 2025, <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0577400>
- Ustaoglu Gençgönül, M. (2022). Bitkisel Temelli Sütler ile Üretilen Kefirin Mikrobiyal, Kimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Vanga, S. K., & Raghavan, V. (2018). How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 10–20. Springer India. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2915-y>
- Vashisht, P., Sharma, A., Awasti, N., Wason, S., Singh, L., Sharma, S., Charles, A. P. R., Sharma, S., Gill, A., & Khattra, A. K. (2024). Comparative review of nutri-functional and sensorial properties, health benefits and environmental impact of dairy (bovine milk) and plant-based milk (soy, almond, and oat milk). *Food and Humanity*, 2, 100301. <https://doi.org/10.1016/j.fooHum.2024.100301>
- Walther, B., Guggisberg, D., Badertscher, R., Egger, L., Portmann, R., Dubois, S., Haldimann, M., Kopf-Bolan, K., Rhyn, P., Zoller, O., Veraguth, R., & Rezzi, S. (2022). Comparison of nutritional composition between plant-based drinks and cow's milk. *Frontiers in Nutrition*, 9, 988707. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.988707>
- Wansutha, S., Yuenyaow, L., Jantama, K., & Suvarnakuta Jantama, S. (2018). Antioxidant activities of almond milk fermented with lactic acid bacteria. *TJPS*, 42.
- Witthuhn, R. C., Schoeman, T., & Britz, T. J. (2005). Characterisation of the microbial population at different stages of kefir production and kefir grain mass cultivation. *International Dairy Journal*, 15(4), 383–389. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.09.007>
- Yada, S., Huang, G., & Lapsley, K. (2013). Natural variability in the nutrient composition of California-grown almonds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(1), 80–85.

- Yada, S., Lapsley, K., & Huang, G. (2011). A review of composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4–5), 469–480. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.007>
- Yazıcı, G. N., Taşpınar, T., Güven, M., Sertaç Özer, M., Süt, B. E., Genel, A., Bakış, B., & Makalesi, D. (2023). Turkish journal of agriculture-food science and technology an overview of plant-based milk alternatives. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(3), 587–602. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i3.587-602.5642>
- Zaaboul, F., Raza, H., Cao, C., & Yuanfa, L. (2019). The impact of roasting, high pressure homogenization and sterilization on peanut milk and its oil bodies. *Food Chemistry*, 280, 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.047>
- Zhao, J., Bhandari, B., Gaiani, C., & Prakash, S. (2021). Physicochemical and microstructural properties of fermentation-induced almond emulsion-filled gels with varying concentrations of protein, fat and sugar contents. *Current Research in Food Science*, 4, 577–587. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.08.007>
- Zhao, J., Bhandari, B., Gaiani, C., & Prakash, S. (2022). Altering almond protein function through partial enzymatic hydrolysis for creating gel structures in acidic environment. *Current Research in Food Science*, 5, 653–664. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.03.012>