

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



LAKTOZ İÇERİĞİ AZALTILMIŞ AYRAN ÜRETİMİ

Handan KOCABAŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



LAKTOZ İÇERİĞİ AZALTIKMIŞ AYRAN ÜRETİMİ

Handan KOCABAŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

HAZİRAN 2019

ANTALYA

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

LAKTOZ İÇERİĞİ AZALTILMIŞ AYRAN ÜRETİMİ

**Handan KOCABAŞ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2018-3740 nolu proje ile desteklenmiştir.**

HAZİRAN 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LAKTOZ İÇERİĞİ AZALTIKMIŞ AYRAN ÜRETİMİ

Handan KOCABAŞ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

Bu tez 27/06/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN
Dr. Öğr. Üyesi Zafer ALPKENT
Dr. Öğr. Üyesi Tuğba AKTAR



ÖZET

LAKTOZ İÇERİĞİ AZALTILMIŞ AYRAN ÜRETİMİ

Handan KOCABAŞ

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Haziran 2019; 92 sayfa

Bu çalışmada üretiminde farklı oranlarda laktoz içeriği azaltılmış (%0, %50 ve %100) sütün ve farklı oranlarda tuzun (%0.3, %0.6 ve %0.9) kullanılmasının ayranın fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine olan etkileri depolama süresince tespit edilmiştir. Üretilen ayranlar 200 gramlık plastik ambalajlar içerisinde 30 gün süresince 4°C’de depolanmıştır. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde ayran örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir.

Laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı ve depolama zamanının ayran örneklerinin titrasyon asitliği, pH, serum ayrılması ve görünür viskozite değerleri üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Proteolitik aktivite değerinin, tüm örneklerde depolama süresince arttığı belirlenmiştir. Ayran örneklerinin proteolitik aktivite değerleri üzerine laktoz içeriğinin azalma oranının, tuz oranının ve depolama zamanının etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Ayran örneklerinin tuz içeriklerinin artmasıyla proteolitik aktivite değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Depolama süresince yapılan reolojik analizler sonucunda, ayran örneklerinin üslü yasa modeline uyan akış davranışı gösterdiği belirlenmiştir. Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütün üretilen ayran örneklerinin en düşük kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. %0.3 ve %0.6 oranlarında tuz içeren ayran örneklerinin tiksotropi değerlerinin, %0.9 tuz içeren ayran örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayran örneklerinde tuz miktarının artmasıyla akış davranış indeksi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Ayran örneklerinde akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin depolama süresince azaldığı saptanmıştır. Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütün üretilen ayran örneklerinin laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarının sırasıyla %0.61, %0.62 ve %1.28 olduğu, laktoz içeriği %100 azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerinin laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarının ise sırasıyla %0.03, %0.95 ve %1.61 olduğu belirlenmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinin laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarının azaldığı saptanmıştır.

En yüksek *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısı laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütün üretilen ayran örneklerinde tespit edilmiştir. Üretiminde kullanılan sütün laktoz içeriği azaldıkça ayran örneklerindeki *Streptococcus thermophilus* sayısının arttığı saptanmıştır. Ayran örneklerinin tuz içeriği arttıkça *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısında önemli ($P<0.05$) bir azalma olduğu belirlenirken, tuz içeriğindeki değişimin ayran örneklerindeki *Streptococcus thermophilus* sayıları arasında önemli bir farklılığa neden olmadığı ($P>0.005$) tespit

edilmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinde *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayılarının azaldığı belirlenmiştir.

Ayran örneklerinde yapılan duyusal analizler sonucunda tuz oranı ve depolama zamanının ayran örneklerinin görünüş puanları üzerinde $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu, laktoz içeriğinin azalma oranının ise etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir. Ayran örneklerinin tat puanları üzerine laktoz içeriğinin azalma oranı ve depolama zamanının istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$), tuz oranının ise $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte ayran örneklerinin tekstür puanları üzerine laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı ve depolama zamanının önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Ayran, Laktoz İçeriği, Tuz Oranı

JÜRİ: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Dr. Öğr. Üyesi Zafer ALPKENT

Dr. Öğr. Üyesi Tuğba AKTAR

ABSTRACT

AYRAN PRODUCTION WITH REDUCED LACTOSE CONTENT

Handan KOCABAŞ

MSc. Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

June 2019; 92 pages

In this study, the effects of using milk with different proportions of reduced lactose content (0%, 50% and 100%) and salt in different ratios (0.3%, 0.6% and 0.9%) on the physicochemical, microbiological and sensory properties of ayran were determined during storage. The ayran samples were stored in plastic packaging of 200 grams at 4°C for 30 days. Physicochemical, microbiological and sensory properties of ayran samples were determined on the 1st, 15th and 30th days of the storage.

The effects of reduction rate of lactose content, salt ratio and storage period on the titration acidity, pH, serum separation and apparent viscosity values of the ayran samples were found to be statistically significant $P<0.001$. It was determined that the proteolytic activity values increased in all samples during the storage. The effects of reduction rate of lactose content, salt ratio and storage period on the proteolytic activity values of ayran samples were determined as statistically significant. The proteolytic activity values of ayran samples decreased with increasing salt content. Based on the results of the rheological analyses made during the storage period, the power law model was fit to the ayran samples. The ayran samples produced from milk with reduced lactose content of 100% were found to have the lowest consistency coefficient, flow behavior index and thixotropy values. The thixotropy values of ayran samples containing 0.3% and 0.6% salt were higher than that containing 0.9% salt. In the ayran samples, the flow behavior index values decreased with increasing salt content. The flow behavior index and thixotropy values in the ayran samples decreased during storage period. Lactose, glucose and galactose contents of the ayran samples produced from milk with reduced lactose content of 50% were 0.61%, 0.62% and 1.28%, respectively, while lactose, glucose and galactose contents of the ayran samples produced from milk with reduced lactose content of 100% were 0.03%, 0.95% and 1.61%, respectively. The lactose, glucose and galactose contents in the ayran samples decreased during the storage period.

The highest number of *Lactobacillus* ssp. *delbrueckii bulgaricus* was determined in the ayran samples produced from milk with reduced lactose content of 100%. As the lactose content of milk used in the ayran production decreased, the number of *Streptococcus thermophilus* in the ayran samples increased. While the salt content of the ayran samples increased, it was determined that there was a significant ($P<0.05$) decrease in the number of *Lactobacillus* ssp. *delbrueckii bulgaricus*, whereas the change in salt content did not cause a significant difference among the numbers of *Streptococcus thermophilus* in the ayran samples ($P>0.005$). During the storage period,

the numbers of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* in the ayran samples decreased.

According to results of sensory analyses of ayran samples, the effects of salt ratio and storage period on the appearance scores of the ayran samples were found statistically significant ($P<0.001$) and the effect of reduction rate of lactose content was not significant ($P>0.05$). The effects of reduction rate of lactose content and storage period on the taste scores of the ayran samples were not significant ($P>0.05$), while the effect of salt ratio was significant at the $P<0.001$ level. In addition to this, there were no significant effect ($P>0.05$) of reduction rate of lactose content, salt ratio and storage period on the texture scores of the ayran samples.

KEYWORDS: Ayran, Lactose Content, Salt Ratio.

COMMITTEE: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Asst. Prof. Dr. Üyesi Zafer ALPKENT

Asst. Prof. Dr. Üyesi Tuğba AKTAR

ÖNSÖZ

Fermente süt ürünleri içerisinde yer alan ayran, gerek besin değeri gerek beğenilen tadı ve ferahlatıcı özelliği ile uzun yıllardan beri sevilerek tüketilen geleneksel bir Türk içeceğidir. İnsan sağlığı açısından tüm faydalarına rağmen laktoz intolerans bireyler süt ve süt ürünlerini tüketememektedirler. Laktoz intolerans, hayati tehdit oluşturmamasına rağmen, semptomları ciddi rahatsızlıklara neden olmakta ve hayat kalitesini düşürmektedir. Dünya nüfusunun yaklaşık olarak %70'ten fazlası, Türkiye'de ise kesin olmamakla birlikte nüfusun yaklaşık %50'si laktaz enzimi eksikliğinden dolayı laktoz intoleransın neden olduğu sağlık sorunları yaşamaktadır. Laktoz içeriği azaltılmış ayran üretimi üzerine odaklı bu çalışmada, ayranın laktoz intoleranslı bireylerin tüketebilecekleri süt ürünleri arasında yer alması ve bu bireylerin sağlıklı ve kaliteli hayat sürdürmelerine katkı sağlanması hedeflenmiştir. Söz konusu amaç doğrultusunda, %0.3, %0.6 ve %0.9 tuz içeren, laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış süttten ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen laktoz içeriği azaltılmış ayran örneklerinin depolama süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özelliklerinin belirlenmesine yönelik analizler yapılmış olup, ayran örneklerinin söz konusu özellikleri ile ilgili olarak tespit edilen farklılıklar karşılaştırmalı olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde bana her türlü yardım ve destekte bulunan ve bu konuda çalışma olanağı sağlayan Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN'e, çalışmalarım sırasında yardımlarından ötürü Dr. Firuze ERGİN'e, Öğr. Gör. Gizem YILDIZ'a, Arş. Gör. Kübra KIZILAY'a, doktora öğrencileri Esin ÖZEL ve Merve AL'a, yüksek lisans öğrencisi Çiğdem HÖKELEKLİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Projeye verdikleri desteklerden ötürü Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Son olarak maddi ve manevi desteğiyle her zaman yanımda olduğunu hissettiren, şu an bulunduğum noktada olmamda en büyük payın sahibi babam Şehit. J. Astsb. Çvş. Ömer KOCABAŞ'a en içten duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1. Materyal.....	15
3.2. Metot	15
3.2.1. Sütteki laktoz miktarının azaltılması ve ayran üretimi	15
3.3. Analiz Yöntemleri	18
3.3.1. Fizikokimyasal analiz yöntemleri	18
3.3.1.1. Sütte yapılan analizler.....	18
3.3.1.2. Ayran örneklerinde yapılan analizler.....	19
3.3.2. Mikrobiyolojik analizler.....	21
3.3.3. Duyusal Analizler.....	22
3.3.4. İstatiksel Analizler	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	23
4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	23
4.1.1. Ayran üretiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi	23
4.2. Ayran Örneklerine Ait Analiz Sonuçları.....	24
4.2.1. Ayran örneklerinin kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları	24
4.2.2. Ayran örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri	25
4.2.3. Ayran örneklerine ait pH değerleri	28
4.2.4. Ayran örneklerine ait serum ayrılması değerleri.....	32
4.2.5. Ayran örneklerine ait proteolitik aktivite değerleri.....	35
4.2.6. Ayran örneklerine ait görünür viskozite değerleri	38
4.2.7. Ayran örneklerine ait reolojik analiz sonuçları.....	42
4.2.8. Ayran örneklerine ait laktoz, glikoz ve galaktoz miktarları.....	48

4.2.9.	Ayran örneklerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları	53
4.2.10.	Ayran örneklerinin duyusal analiz sonuçları.....	59
5.	SONUÇLAR.....	64
6.	KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ		



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Laktoz içeriği azaltılmış ayran üretimi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

27/06/2019

Handan KOCABAŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm ³	: Santimetreküp
cP	: Centi-poise
d	: Devir
dk	: Dakika
g	: Gram
K	: Kıvam katsayısı
kg	: Kilogram
kob	: Koloni oluşturan birim
L	: Litre
log	: Logaritma
m ³	: Metreküp
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mPa	: Milipaskal
mPa.s	: Mili paskal saniye
mPa.s ⁿ	: Mili paskal saniye üzeri akış davranış indeksi
n	: Akış davranış indeksi
N	: Normal
nm	: Nanometre
Pa	: Paskal
Pa.s	: Paskal saniye
Pa/s	: Paskal bölü saniye
pH	: Hidrojen iyonları derişiminin eksi logaritması
R ²	: Regresyon katsayısı

rpm	: Dakikadaki devir sayısı
s	: Saniye
UV	: Ultraviyole
μ L	: Mikrolitre
°C	: Santigrat derece

Kısaltmalar

D	: Depolama zamanı
EPS	: Ekzopolisakkarit
F	: F değeri
HPLC	: Yüksek basınç sıvı kromatografisi
KO	: Kareler ortalaması
LO	: Laktoz oranı
MRS	: De Man Rogosa Sharp
OPA	: o-fetaldehit
PAS	: Peynir altı suyu
SD	: Serbestlik derecesi
TA	: Titrasyon asitliği
TCA	: Triklor asetik asit
TS	: Türk Standartları
TO	: Tuz oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Isıl işlem ünitesi.....	16
Şekil 3.2. Ayran üretim akış şeması	17
Şekil 4.1. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri.....	25
Şekil 4.2. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama pH değerleri.....	29
Şekil 4.3. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerleri.....	33
Şekil 4.4. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama proteolitik aktivite değerleri.....	36
Şekil 4.5. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri.....	39
Şekil 4.6. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama akış davranış indeksi.....	45
Şekil 4.7. laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tiksotropi değerleri.....	45
Şekil 4.8. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama laktoz miktarları	49
Şekil 4.9. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama glikoz miktarları	50
Şekil 4.10. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama galaktoz miktarları	50
Şekil 4.11. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subps. <i>bulgaricus</i> sayıları	55
Şekil 4.12. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama <i>Streptococcus thermophilus</i> sayıları	55

Şekil 4.13. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama görünüş puanları.....	61
Şekil 4.14. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tat puanları.....	61
Şekil 4.15. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tekstür puanları.....	62



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Ayran örneklerinin kodları	16
Çizelge 3.2. Ayran örneklerinin duyuşal niteliklerinin saptanmasında kullanılan duyuşal analiz formu.	22
Çizelge 4.1. Ayran üretiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi.....	23
Çizelge 4.2. Ayran üretiminde kullanılmak üzere standardize edilen ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılan çiğ sütün bileşimi	23
Çizelge 4.3. Ayran örneklerine ait ortalama kurumadde (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) değerleri.....	24
Çizelge 4.4. Ayran örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri (%).....	25
Çizelge 4.5. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen titrasyon asitliği değerlerine (%) ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.6. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen titrasyon asitliği değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	26
Çizelge 4.7. Ayran örneklerine ait pH değerleri	29
Çizelge 4.8. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların varyans analizi sonuçları.....	30
Çizelge 4.9. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	30
Çizelge 4.10. Ayran örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerleri (mL/50 mL).....	32
Çizelge 4.11. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması değerlerine (mL/50 mL) ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.12. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	34
Çizelge 4.13. Ayran örneklerine ait ortalama proteolitik aktivite değerleri (340 nm'de absorbens değeri)	36
Çizelge 4.14. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen proteolitik aktivite değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	37
Çizelge 4.15. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen proteolitik aktivite değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	37
Çizelge 4.16. Ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri (mPa.s)	39
Çizelge 4.17. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen görünür viskozite değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4.18. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen görünür viskozite değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	40
Çizelge 4.19. Ayran örneklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri	44

Çizelge 4.20. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve tiksotropi (Pa.s^{-1}) değerlerine ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları.....	46
Çizelge 4.21. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve tiksotropi (Pa.s^{-1}) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	47
Çizelge 4.22. Ayran örneklerine ait ortalama laktoz, glikoz ve galaktoz miktarları (%).....	49
Çizelge 4.23. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarına (%) ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.24. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarına (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	51
Çizelge 4.25. Ayran örneklerine ait ortalama <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subps. <i>bulgaricus</i> ve <i>Streptococcus thermophilus</i> sayım sonuçları (log kob/g)	54
Çizelge 4.26. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subps. <i>bulgaricus</i> ve <i>Streptococcus thermophilus</i> sayım sonuçlarına (log kob/g) ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları	56
Çizelge 4.27. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subps. <i>bulgaricus</i> ve <i>Streptococcus thermophilus</i> sayım sonuçlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (log kob/g)	56
Çizelge 4.28. Ayran örneklerine ait ortalama tat, tekstür ve görünüş puanları	60
Çizelge 4.29. Depolama süresince belirlenen ayran örneklerine ait ortalama tat, tekstür ve görünüş puanlarının varyans analiz sonuçları	62
Çizelge 4.30. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen tat, tekstür ve görünüş puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	63

1. GİRİŞ

Süt; içerdiği protein, şeker, mineral madde, vitamin ve yağ bakımından insanlar için hayati öneme sahip temel besin ögesidir. Süt proteini olan kazein ile süt şekeri olan laktozun doğada sadece sütte bulunması ve laktozun yapısını oluşturan galaktozun beyin hücrelerinin gelişiminde büyük bir paya sahip olması sütün besin değerini daha da arttırmaktadır. Sütün çabuk bozulabilen bir gıda olması, üretilen sütün büyük bir kısmının çeşitli özelliklere sahip olan fermente süt ürünlerine işlenmesini zorunlu kılmaktadır (Bingöl 1995, Akın 2006).

Fermente süt ürünleri sevilen duyuşal özelliklere sahip olmaları ve insan sağlığı üzerindeki olumlu fonksiyonel etkileri nedeniyle dünyada birçok ülkede giderek yaygın bir şekilde üretilip tüketilmektedir. Günümüzde birçok fermente süt ürünü üretilmekle birlikte yoğurt, en çok tüketilenler arasında yer almakta ve ülkemizde de en eski fermente süt ürünlerinden biri olarak bilinmektedir. Hayvansal protein kaynağı olarak önemli fonksiyonel özelliklere sahip olan yoğurt, protein, yağ ve karbonhidratı dengeli oranda, kemik yapısı için gerekli olan kalsiyumu yüksek miktarda içermekte olup, düşük kalorisi, ferahlatıcı özellikleri, üstün besin değeri ve farklı tür hayvanların sütlerinden üretilmesi nedeniyle her zaman ve her yerde tüketilebilen önemli bir gıdadır (Kuş 2010). Yoğurdun tüm bu özellikleri taşımasından dolayı insan beslenmesi ve sağlığı açısından hayati öneme sahip bir gıda olduğu bildirilmektedir (Yıldırım 2011).

Ayran, toplumumuzun beslenmesinde önemli bir yere sahip olan yoğurt türevi bir süt ürünüdür. Fermente süt ürünleri içerisinde yer alan ayran, gerek besin değeri gerek beğenilen tadı ve ferahlatıcı özelliği ile uzun yıllardan beri sevilerek tüketilen geleneksel bir Türk içeceğidir (Anonim 2009). Ülkemizde ayran üretiminde her geçen yıl artış gözlenmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre, 2018 yılında toplam ayran üretim miktarı, bir önceki yılın aynı ayına göre %17.5 oranında artarak 60.000 tonu aşmıştır (Anonim 2018). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt ürünleri Tebliği'ne göre ayran; yoğurda su katılarak veya kurumaddesi ayarlanan süte *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* içeren starter kültürler aşılanarak hazırlanan fermente bir süt içeceği olmakla birlikte, üretimi sırasında en fazla %1 oranında tuz ilavesi dışında herhangi bir katkı maddesi kullanımına izin verilmeyen bir süt ürünüdür (Anonim 2009).

Süt ve süt ürünleri en önemli gıda maddeleri arasında yer almasına rağmen, ne yazık ki, süt ve süt ürünleri tüketiminden sonra bazı bireyler bağırsaklarındaki β -galaktosidaz (laktaz) enzimi eksikliğinden dolayı laktozu sindirememektedirler. Sindirilemeyen laktoz, vücutta bazı semptomlara neden olarak rahatsızlık vermektedir. Laktoz sindirimini gerçekleştiremeyen bu bireyler laktoz intoleranslı bireyler olarak kabul edilmektedirler. Laktoz intoleranslı bireyler süt ve süt ürünlerinden yeterince faydalanamamaktadırlar. Dünya nüfusunun %70'inde birincil laktaz eksikliği görüldüğü bildirilmektedir (Demir vd. 2017).

Laktoz intoleranslı bireylerin süt ve süt ürünlerini tüketebilmeleri için fermentasyon işlemi veya laktaz enzimi ilavesi ile laktoz içeriğinin azaltılması gerekmektedir. Laktoz, insan vücudunda sindirilebilmesi için öncelikle glikoz ve galaktoza hidrolize olmalıdır. Glikosid hidrolaz grubunun bir üyesi olan laktaz enzimi,

ince bağırsağın jejunum bölgesinde bulunmakta olup laktozun glikoz ve galaktoza hidrolizini gerçekleştirmektedir (Nussinovitch vd. 2012). Söz konusu reaksiyon laktozu memelilerin ince bağırsaklarında doğrudan sindirilebilen forma dönüştürmesi sebebiyle süt teknolojisi ve insan beslenmesi açısından önem arz etmektedir (Marteau ve Havenaar 1997, Tonguç 2012). Söz konusu nedenden dolayı laktoz içeriği azaltılmış süt ürünleri üretimi, laktoz intoleranslı bireyler için oldukça iyi bir çözüm olarak görülmektedir. Farklı ülkelerde laktoz içeriği azaltılmış dondurma, cheddar peyniri vb. ürünler raflarda yerini almışken ülkemizde yalnızca birkaç firma tarafından laktoz içerikleri azaltılmış süt, yoğurt ve peynir üretimleri yapılmaktadır (Yıldırım 2011, Demir vd. 2017, Akoğlu ve Oruç 2018).

Son yüzyılda, çevre ve insan sağlığının ön plana çıkması ile biyoteknoloji alanındaki çalışmalar hızla gelişmiştir. Biyoteknoloji alanındaki çalışmalar ile seçicilikleri, verimlilikleri, ılımlı koşullarda çalışabilmeleri, çevre dostu olmaları ve istenmeyen ürün oluşumunu büyük ölçüde azaltabilmeleri nedeniyle biyolojik katalizörlerin yani enzimlerin kullanımı artmıştır. Enzimler başta gıda sektörü olmakla birlikte tarım, kimya gibi endüstriyel alanlar ve genetik, tıp, farmakoloji gibi bilim dalları için de büyük önem taşımaktadır (Akgül 2010).

Konu ile ilgili yapılan literatür taraması sonucu elde edilen bilgiler ışığında değerlendirme yapılarak planlanan bu çalışmada; özellikle yaz aylarında sofralarımızın vazgeçilmezi olan ayranın, dünya nüfusunun 2/3'ünü oluşturan laktoz intoleranslı bireylerin tüketimine uygun bir forma getirilerek faydalanmalarının sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla ayran üretiminde kullanılan sütün laktoz içeriği laktaz enzimi ile %50 ve %100 olmak üzere iki farklı oranda azaltılmıştır. Laktoz içeriği azaltılan sütlere ayran starter kültürü aşılanarak fermente edilmiştir. Fermantasyon sonunda elde edilen ayranlarda laktoz parçalanmasından dolayı meydana gelen şekerli tadı baskılamak amacıyla 3 farklı oranda tuz ilave edilmiştir. Üretilen laktoz içeriği azaltılmış ayran örneklerinin depolama süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Laktoz içeriği azaltılmış ayran üretimi üzerine odaklı bu çalışmada, ayranın laktoz intoleranslı bireylerin tüketebilecekleri süt ürünleri arasında yer alması ve bu bireylerin sağlıklı ve kaliteli hayat sürdürmelerine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

Yeterli ve dengeli beslenme; vücudun gelişebilmesi, çalışabilmesi ve yenilenebilmesi için gerekli olan besin öğelerinin ve enerjinin, yeterli miktarda vücuda alınması ve bu öğelerin vücutta uygun şekilde kullanılması olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2004). Hayvansal gıdalar arasında bulunan süt; içerdiği esansiyel amino asitlerle, vücudun sinir ve beyin dokularının oluşması açısından önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte, tabiatıta sadece sütte bulunan bileşenlerden biri olan laktozu içermesi ve vücudun ihtiyacı olan pek çok mineral madde ve vitamini bünyesinde bulundurması, süütün beslenme açısından önemini arttırmaktadır (Bingöl 1995; Demircioğlu ve Kaner 2014). Sağlıklı bireylerin günlük tüketimleri için önerilen süt ve süt ürünleri miktarı, Ulusal Süt ve Süt Ürünleri Konseyi'nin yayımladığı Beslenme Rehberi'nde yetişkin bireyler için 2-4 porsiyon (400-800 mL), Türkiye'ye özgü Beslenme Rehberi'nde ise bahsi geçen miktarın 2 porsiyon (400 mL) olması gerektiği belirtilmektedir (Anonim 2004). Vücudun, süütün içerdiği besin maddelerinden en iyi şekilde yararlanabilmesi için içme sütü olarak tüketilmesi gerekmektedir. Ancak, süütün naklinin zor olması, çabuk bozulabilen bir gıda olması ve içme sütü tüketiminin az olması gibi sebeplerden dolayı üretilen süütün büyük bir kısmının daha dayanıklı ve çeşitli özelliklere sahip olan fermente süt ürünleri olarak işlenmesini zorunlu hale getirmektedir (Dervişoğlu 1995; Yaygın 1999; Kırdar ve Gün 2002).

Laktik asit bakterilerinin sütü fermente etmesi sonucu süt şekeri olan laktozun bir kısmı parçalanarak laktik aside dönüşmekte ve böylelikle oldukça lezzetli ve uzun raf ömrüne sahip fermente süt ürünleri meydana gelmektedir (Akın 2006). Literatürde yer alan çalışmalarda, Türklerin fermente süt ürünlerinden ilk faydalanan toplumların başında yer aldığı bildirilmektedir (Yöney 1967; Akyüz ve Coşkun 1995). Fermente süt ürünleri; farklı süt hayvanlarından (inek, keçi, koyun vb.) elde edilen sütler kullanılarak üretilmekte olup, sevilen duyuşsal özelliklere sahip olmaları ve insan sağlığına olumlu fonksiyonel etkiler sağlamaları nedeniyle dünyada birçok ülkede yaygın bir şekilde tüketilmektedir (Gürsoy ve Kınık 2006; Tonguç 2006).

Üretim teknolojisinin hızla gelişmesi yeni fermente süt ürünlerinin üretimini olumlu yönde etkilemekle birlikte, özellikle ülkemizde en çok tüketileni eski bir fermente süt ürünü olan yoğurttur (Akın 1999). Yoğurt, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde; "Fermentasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünüdür." şeklinde tanımlanmaktadır (Anonim 2009). Yoğurt, besin içeriği bakımından süte oldukça benzemektedir. Başka bir ifade ile yoğurt; kalsiyum, fosfor, riboflavin, tiamin, vitamin B₁₂ açısından zengin bir gıdadır. Ayrıca niasin, magnezyum ve çinko gibi mineralleri de yüksek oranda bünyesinde bulundurmaktadır. Bunların yanı sıra yoğurt üretimi esnasında *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un faaliyetleri sonucunda, laktozdan laktik asit üretimi, proteinlerden peptit ve amino asit üretimi ile yağlardan yağ asitleri üretimi gerçekleşmektedir. Süte ısıtma işlem uygulanması ve fermentasyon işlemi sırasında asitlik artışı gibi durumlar, süte kıyasla yoğurdun raf ömrünün arttırmasını sağlamaktadır (Çakıroğlu 2003; Mckinley 2005). Yoğurt bakterileri yoğurt üretimi sırasında laktik asit fermentasyonu ile sütte bulunan laktozu parçalamakta ve fermentasyon sonucunda laktoz içeriği üretiminde kullanılan süte göre azalan yoğurt, laktoza duyarlı bireyler tarafından daha rahat tüketilebilmektedir. Bununla birlikte fermentasyon sonucu

yoğurdun süte göre daha kıvamlı bir yapıda olması, gastrointestinal sistemden geçiş zamanını uzatmaktadır. Fermantasyon sırasında proteinlerin *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un proteolitik enzimleri etkisiyle parçalanması sonucu protein yapısında olmayan azotlu maddelerin ve serbest amino asitlerin artması ile yoğurdun sindirimi süte kıyasla daha kolay olmaktadır (Steinkraus 1992; Yüce 2014). Günümüzde besin içeriği bakımından fonksiyonel bir gıda olan yoğurdun tüketimi dünya çapında giderek artış göstermektedir. Ülkemizde ise yoğurt, geleneksel beslenme alışkanlığımızın içinde önemli bir yere sahiptir. Çoğu yöremizde yoğurt, ana yemeğin bir parçasını oluştururken bir tatlı gibi yemek sonrası da tüketilebilmektedir (Şimşek vd. 1994; Ünver 2014).

Kültürümüze yerleşmiş olan yoğurdun en önemli tüketim şekillerinden biri veya yoğurt türevi bir ürün olarak kabul edilen ayran, dünyada birçok ülkede düşük viskoziteli yoğurt sınıfında yer almakta ve “içilebilir yoğurt” veya “laktik içecek” isimleriyle üretilmektedir (Bölükbaşı 2007; Anonim 2009). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre; yoğurda su katılarak veya kurumaddesi ayarlanan süte *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* kültürleri katılarak hazırlanan fermente bir süt içeceği olarak tanımlanan ayranın üretimi sırasında en fazla %1 oranında tuz ilavesi dışında herhangi bir katkı maddesi kullanımına izin verilmemektedir (Anonim 2009). Ayran, yoğurdun tüm besleyici özelliklerini, ilave edilen su miktarına bağlı olarak farklı oranlarda ihtiva etmektedir. Bununla birlikte ayranın aroması, tuz ilave edilmesinden dolayı yoğurda kıyasla biraz farklıdır. Ayran üretimi esnasında, laktik asit fermantasyonu sonucunda laktik asit, karbonil bileşikler, uçucu yağ asitleri ve alkoller meydana gelmektedir. Laktik asit ayrana ferahlatıcı tat, aroma ve ekşilik kazandırırken, diğer bileşikler ayranın karakteristik aromasını oluşturmaktadır (Tamime ve Robinson 1999; Polat 2009). Ayran, yüksek besin değeri ile ülkemizde özellikle gazlı içeceklerle karşı önemli bir alternatif ve çocuklardan yetişkinlere kadar uzanan geniş bir tüketici yelpazesine sahip gıda olarak piyasada yerini almaktadır (Taş 2005; Kuş 2010). Ayran, vücudun sıvı dengesinin korunması açısından oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle yaz aylarında aşırı sıcaklar nedeniyle vücudun ter yoluyla kaybettiği sıvının, sodyum ve klor iyonları açısından zengin olan ayran ile karşılanması bu ürünün önemini arttırmaktadır (Kohneshahri 2013). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2018 yılında toplam ayran üretim miktarı, bir önceki yıla göre %17.5 oranında artarak 60.000 tonu aşmıştır (Anonim 2018).

İnsan sağlığı açısından tüm faydalarına rağmen bazı bireyler süt ve süt ürünlerini gıda hassasiyeti nedeniyle tüketememektedirler. Gıda alerjisi ve gıda intoleransı olarak ikiye ayrılan gıda hassasiyeti, organizmanın herhangi bir gıda bileşenine karşı aşırı reaksiyon göstermesi olarak tanımlanmaktadır. Gıda intoleransı, sindirilemeyen veya emilimi sağlayamayan gıda ya da gıda bileşenlerinden dolayı meydana gelmektedir. İnsanların süt ve süt ürünlerini tüketememelerindeki nedenlerden biri, doğada sadece sütte bulunan laktozun sindirilememesinden kaynaklanmaktadır (Tonguç 2012). Laktoz intoleranslı bireylerde süt ve süt ürünleri yoluyla alınan laktoz, β -galaktosidaz (laktaz) enzimi eksikliği veya yetersizliği nedeniyle yeterli miktarda sindirilmeden kolona ulaşmaktadır. Kolonda bulunan bakteriler tarafından laktoz parçalanmakta ve kısa zincirli yağ asitleri ile su, CO₂ ve H₂ gazları meydana gelmektedir. Bu sebeple karın ağrısı, mide bulantısı, şişkinlik, gaz ve diare gibi semptomlar oluşmaktadır. Laktoz

intolerans ömür boyu süren bir rahatsızlık olmasının yanı sıra, bir enfeksiyonun veya jejunal bölgede (ince bağırsakta duodenum ile ileum arasındaki kısım) oluşan bir hasarın etkisiyle ortaya çıkan geçici bir rahatsızlık da olabilmektedir (Swagerty vd. 2002). Laktoz intolerans, hayati tehdit oluşturmamasına rağmen, semptomları ciddi rahatsızlıklara neden olduğu için hayat kalitesini düşürmektedir (Demircioğlu ve Kaner 2014). Laktoz intoleransının 3 çeşidi bulunmaktadır. Birincil laktaz eksikliği, anne sütünden kesilen bebeklerin bağırsaklarındaki laktaz enzimi aktivitesinin düşmesidir. İkincil laktaz eksikliği, bireyde laktaz enziminin sentezini engelleyen gastrointestinal hastalıklar sonucu ortaya çıkmaktadır. Üçüncül ve son laktaz eksikliği olan konjenital laktaz eksikliğinde ise, bireyde laktaz enzimi sentezlenmemektedir (Demir vd. 2017).

Ticari ismi süt şekeri olan ve laktoz intoleranslı bireylerin sindirimini gerçekleştirmediği laktoz; glikoz ve galaktozun glikozidik bağ ile bir araya gelerek 1 molekül suyun açığa çıkmasıyla oluşan bir disakkarittir. Glikozun 4. karbon atomunun ve galaktozun 1. karbon atomunun oksijen köprüsü ile bağlanmasından dolayı 4-β-galaktozido-galaktoz olarak da isimlendirilebilmektedir. Laktoz sütte çözünür halde bulunurken, fiziksel özellik olarak α-laktoz ile β-laktoz izomerleri halinde yer almaktadır. Fiziksel özellikleri farklı olan bu iki izomer arasındaki kimyasal farklılık, glikoz monosakkaritlerindeki bir karbon atomunun bağlantısından kaynaklanmaktadır. Laktozun isimlendirilmesi, OH grubunun glikoz molekülünün 1. karbon atomuna bağlanma yerine göre değişmektedir. OH grubu sağda ise α, solda ise β olarak ifade edilmektedir (Geilman 1993; Gökalp vd. 1996; Metin 1999; Nussinovitch vd. 2012). Laktoz inek sütü bileşiminde ortalama olarak %4.5 oranında bulunmakta olup toplam kurumaddenin yaklaşık 1/3'nü oluşturmaktadır. Anne sütü %6.9 civarında laktoz içermekte iken, eşek sütü %6.0, bufalo sütü %5.2, keçi sütü %4.5, deve sütü %3.3 ve ren geyiği sütü %2.4 oranlarında laktoz içeriğine sahiptir. Kaliforniya deniz aslanı sütü ise neredeyse hiç laktoz içermemektedir (Pilson ve Kelly 1962; Sanul 1990; Tonguç 2012).

Yeni doğanlar için hazır bir enerji kaynağı (inek sütünden alınan enerjinin %30'unu) olan laktoz, sütün osmotik basıncının %50'sini sağlamaktadır (McSweeney ve Fox 2009). Ayrıca yapısındaki galaktozun, beyin dokusundaki glikolipitlerin kaynağını teşkil etmesi, gençlerde sinir dokunun sentezinde önemli olması da başlıca fizyolojik etkileridir. Diyetetik bağlamda laktoz, karaciğerde yağ birikimini önlemekte ve B vitamininin sentezini kolaylaştırmaktadır. Diğer şekerlerle beslenen çocuklara kıyasla, laktozla beslenen çocukların gelişiminin daha iyi olduğu bildirilmektedir. Bunlara ek olarak, laktozun kalsiyumun emilimini büyük ölçüde iyileştirmesi, kemik ve diş oluşumunu kolaylaştırması insan vücudu için önemli bir besin bileşeni olduğunu göstermektedir. İnsan sağlığı açısından birçok olumlu özelliklere sahip olmasından dolayı anne sütü ile beslenemeyen bebekler için, inek sütünün karbonhidrat oranını anne sütüne benzetmek amacıyla bebek mamalarının üretiminde sakkaroz yerine laktoz ilavesi tercih edilmektedir (Kurt 1984; Sezgin 1989; Üçüncü 2004).

Gıda endüstrisi başta olmak üzere tıp ve ilaç endüstrisinde laktoz kullanımı oldukça yaygındır. Gıda endüstrisinde özellikle fırıncılık ürünleri başta olmak üzere, toz çorba, şekerleme, instant içecekler, soslar, et ürünleri ve bazı fermente süt ürünlerinin üretiminde laktozdan yararlanılmaktadır. Laktoz; dondurma ve şekerleme üretiminde şeker tadının dengelenmesinde, tat, koku ve renk maddelerini kolayca absorbe edebilme özelliğinden dolayı gıda teknolojisinde taşıyıcı ajan olarak kullanımı ile tuzlu ve acı tadı

baskılayarak ürüne özgü özelliklerin belirginleşmesine imkan vermektedir. Fırıncılık ürünlerinin üretiminde laktoz kullanımı, proteinlerle tepkimeye girerek istenilen sarımsı kahverengi rengin elde edilmesini sağlamakta ve üretimde kullanılan mayaların laktozu fermente edememesinden dolayı bu fonksiyonel özelliğini pişirme işlemine kadar korumasını sağlamaktadır. Tıp ve ilaç endüstrisinde ise laktoz, antibiyotik üretimindeki mikroorganizma kültürleri için karbon kaynağı, asitli farmakolojik preparatların üretiminde dolgu maddesi veya tablet formundaki bazı ilaçların üretiminde kapsül materyali olarak kullanılmaktadır (Üçüncü 2004; Yıldırım 2011).

İnsan vücudunun laktozdan yararlanabilmesi için öncelikle aktif olarak absorbe edilebilen glikoz ve galaktoza hidrolize olması gerekmektedir. Ancak birçok birey ince bağırsak duvarındaki entorisitlerin fırçamsı kenarlarında, özellikle ince bağırsaktaki jejunum bölgesinde bulunması gereken laktaz enziminin eksikliğinden dolayı laktozu sindirememektedir (Panesar vd. 2006; Alagöz 2007; Nussinovitch 2012).

Dünya nüfusunun yaklaşık olarak %70'ten fazlası, Türkiye'de ise kesin olmamakla birlikte nüfusun yaklaşık %50'si laktaz enzimi eksikliğinden dolayı laktoz intoleransın neden olduğu sağlık sorunları yaşamaktadır (Vasiljevic ve Jelen 2003; Yıldırım ve Yıldırım 2010). Kuzey Avrupalıların %10'u, Güneydoğu Asyalıların %90'dan fazlası bu rahatsızlıktan muzdariptirler (Jelen ve Tossavainen 2003). Yaş ve etnik köken laktoz intoleransın yoğunluğunu belirleyen iki unsurdur. Örneğin, siyah ırk ve Asyalı bireylerde laktoz intolerans erken yaşlarda görülürken, beyaz ırklarda çocukluktan sonraki yıllarda ortaya çıkmaktadır. Ayrıca laktaz aktivitesi, laktoz dozu ve kaynağı, laktozun intestinal geçiş hızı, kolon mikrobiyotası gibi birçok faktör de laktoz intoleransı etkilemektedir (Yıldırım 2011; Pawlowska vd. 2015).

Laktoz intoleranslı bireylerde laktoz tüketiminden sonra meydana gelen erken semptomların, midede şişkinlik, kramp ve mide ekşimesi şeklinde ilk 30 dakikada; kusma şeklinde ilk 45 dakikada; karın ağrısı ve gaz oluşumu şeklinde ilk 1 saatte ve ishal şeklinde 2 saatten sonra görüldüğü tespit edilmiştir (Tutumlu 2011). Laktoz intoleransın tanısında; radyolojik muayene, biyokimyasal tetkikler (Laktozüri, feçes pH'sının ölçülmesi, laktoz tolerans testi, laktoz-etanol testi), ince bağırsak biyopsisi ve enzim tayinleri, laktoz C¹⁴ nefes testi, hidrojen nefes testi olmak üzere birçok yöntem uygulanabilmektedir. Bunlar arasında en çok hidrojen nefes testine başvurulmaktadır. Hidrojen nefes testi, emilemeyen laktozun bağırsakta fermentasyona uğraması sonucu meydana gelen hidrojenin, akciğerler yoluyla atılması ve nefeste ölçülmesi esasına dayanmaktadır (Yüce 2014).

Hertzler vd. (1996) tarafından, laktoz intoleranslı bireylerin tolere edebilecekleri laktoz miktarını belirleyebilmek için yapılan bir çalışmada, ortalama yaşı 32 ve ortalama ağırlığı 63 kg olan 7'si erkek 13 sağlıklı bireyden oluşan çalışma grubuna farklı oranlarda laktoz içeren 240 mL'lik solüsyonlar içirilerek meydana gelen semptomların şiddet ve sıklıkları hidrojen nefes testi analizi yapılarak incelenmiştir. 240 mL'lik içme sularına sırasıyla 0, 2, 6, 12 ve 20 g laktoz ilave edilerek solüsyonlar hazırlanmıştır. Laktozdan dolayı meydana gelen tatlılık farklarını elimine etmek için solüsyonlara sırayla 0.58, 0.52, 0.40 ve 0.23 g aspartam ilave edilmiştir. Denekler 12 saat boyunca aç bırakıldıktan sonra solüsyonları tüketmişler ve devam eden 8 saat boyunca da aç bırakılmışlardır. Solüsyonları tüketen bireylere 8 saat boyunca her saat başı hidrojen nefes testi uygulanmıştır. Deneklerin nefeslerindeki hidrojen ve

karbondioksit konsantrasyonları gaz kromatografisi ile ölçülmüştür. Deneklerden laktoz tüketimi sonucu meydana gelen semptomların sıklık ve şiddetini değerlendirmek için hafif seyreden semptomlar için düşük, şiddetli seyreden semptomlar için yüksek olmak üzere 0 ile 5 arasında puanlar verilmesi istenmiştir. Analizlerin gerçekleştirildiği 1. ve 8. saatler arasındaki semptomların sıklık ve şiddetleri bireylerin verdiği puanların toplamı olarak değerlendirilmiştir. Bu işlemler 4 gün aralıklarla 21 gün boyunca tekrarlanmıştır. Yapılan gözlemler ve elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi sonucunda; 0 g ve 2 g laktoz içeriğine sahip solüsyonların tüketilmesi sonucu meydana gelen semptomlar arasında farklılık olmadığı belirlenmiştir. 6 g laktoz içeriğine sahip solüsyonların tüketiminden sonra meydana gelen semptomlar, 0 g ve 2 g laktoz dozlarına kıyasla daha şiddetli ve sık olmasına rağmen bunun önemli bir farklılık oluşturmadığı ve bireylerin 6 g'lık laktoz dozunu tolere edebildikleri gözlemlenmiştir. Laktoz içeriği 6 g olan solüsyonların tüketiminden sonra meydana gelen semptomlar ile 12 g laktoz içeriğine sahip solüsyonların tüketimi sonucu oluşan semptomlar arasında önemli bir farklılık olduğu belirlenmiştir. 12 g laktoz içeren solüsyonların tüketimi sonucu oluşan semptomlara kıyasla, 20 g laktoz içeriğine sahip solüsyonların tüketiminin neden olduğu semptomlar önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar; 0, 2 ve 6 g laktoz içeriğine sahip gıdaların laktoz intoleranslı bireyler tarafından tüketilebileceği sonucuna varmışlardır. Laktoz intoleranslı bireylerin günlük diyetlerinde, sert peynirler (genel olarak porsiyonlarında 2 g'dan daha az laktoz içeren) ve küçük bir porsiyon süt (120 mL= 6 g) gibi az miktarda laktoz içeren gıdaları tüketebilecekleri belirtilmiştir.

Sanul vd. (1994) tarafından yapılan bir çalışmada laktaz yetmezliğine bağlı rahatsızlıklar yaşadığı düşünülen 6'sı erkek, 14'ü kadın olan ve yaşları 23 ile 51 arasında değişen 20 kişiden 50 g laktoz içeren sulu solüsyon, 25 g laktoz içeren sulu solüsyon, 500 mL süt ve 500 g yoğurt tüketmeleri istenmiş ve sonrasında kişilerde meydana gelen ishal, karın ağrısı ve şişkinlik gibi semptomlar, biyokimyasal laktoz tolerans testi ve hidrojen nefes testi sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Çalışmaya başlanmadan 1 hafta önce kişilerden hiçbir şekilde ilaç kullanmamaları istenmiştir. Hidrojen nefes testi ve laktoz tolerans testleri sonuçlarına göre 50 ve 25 g laktoz içeren sulu solüsyonlar ile 500 mL süt tüketimleri sonrasında ortaya çıkan semptomlara kıyasla, 500 g yoğurt tüketimi sonucunda gözlemlenen semptomlar anlamlı bir şekilde düşük bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda, laktaz yetmezliği tanısı koyulan kişilerin süt ve süt ürünlerini diyetlerinden tamamen çıkartmaları yerine, bu ürünleri gün içerisinde farklı zamanlarda olmak suretiyle azaltılmış miktarlarda tüketebilecekleri vurgulanmıştır.

Laktoz sindirimini gerçekleştiremeyen bireylerin laktozun faydalarından istifade edebilmeleri için laktoz içeriği azaltılmış ürünler üretilmektedir. Bu ürünlerin üretiminde çoğunlukla laktoz hidrolize edilmektedir. Laktozun hidrolizi asitlerle veya enzimlerle gerçekleştirilmektedir. Asit kullanılarak sütteki laktozun hidrolizi sağlandığında, reaksiyon çok hızlı gerçekleşmektedir. Ancak hidroliz işleminin asit çözeltisi veya asidik iyon değiştirici reçineler kullanılarak 150°C ve pH 1-2 gibi yüksek sıcaklık ve düşük pH şartlarında gerçekleşmesi sebebiyle asitler, proteinler ve yağlar arasında meydana gelen ikincil reaksiyonların sonucunda koku ve aromada meydana gelen bozulmalar, sütün besin değerinde oluşan azalmalar gibi nedenlerden dolayı asitle hidroliz işlemi çok tercih edilen bir yöntem değildir. Laktozun enzimatik yolla hidrolizi,

herhangi bir ön işlem uygulanmaksızın elde edilen son ürünün koku ve aromasında herhangi bir kayıp olmamasından dolayı teknik açıdan daha uygun bulunmaktadır. Ancak laktoz hidrolizi için mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimlerin miktarlarının düşük ve maliyetlerinin yüksek olması bu yöntemin dezavantajlarını oluşturmaktadır (Pivarnik vd. 1995; Ladero vd. 2001; Tanrıseven ve Doğan 2002; Numanoğlu ve Sungur 2004; Akgül 2010).

Sütün laktoz miktarının azaltılması amacıyla β -galaktosidaz (Laktaz, β -galaktozid galaktohidrolaz, E.C. 3.2.1.23) enziminin kullanımı 1970'ten sonra enzimin ticari olarak üretilmesi ile başlamıştır. Laktaz, hidrolaz temel enzim sınıfının glikosidaz alt sınıfına ait bir enzimdir. Ticari laktaz enzimi, renk olarak sarıdan açık kahverengiye doğru bir tona sahip viskoz bir sıvı olup yapısında birçok elementi barındırmaktadır (Anonymous 2004; Harju vd. 2012). Laktaz; doğada çeşitli hayvan, bitki ve mikroorganizma dokularından elde edilmektedir. Bu kaynaklar birbirleri ile karşılaştırıldığında, üretimlerinin kolay bir şekilde kontrol edilebiliyor olması, yüksek üretim verimliliğine sahip olması ve yüksek çoğalma kabiliyetlerinden dolayı mikroorganizmalar (bakteri, küf, maya vb.) tarafından üretilen mikrobiyal laktazın ticari önemi daha fazladır (Vasiljevic ve Jelen 2001; Dağbaşı 2009). Laktaz üretiminde kullanılan en önemli mikroorganizmalar; *Kluyveromyces lactis*, *Kluyveromyces marxianus*, *Aspergillus niger* ve *Aspergillus oryzae*'dir. Aynı zamanda bu mikroorganizmalardan üretilen laktazlar güvenli (GRAS, Generally Recognized As Safe) kabul edilmektedir.

Laktaz enziminin ticari olarak kullanımının yaygınlaştığı günümüzde laktoza duyarlı bireylerin tüketebileceği çeşitli süt ve süt ürünlerinin üretimi giderek artmaktadır. Kırdar vd. (2000) tarafından gerçekleştirilen laktaz enzimi kullanılarak yoğurt üretimi çalışmasında, kurumaddesi %15'e ayarlanan sütlere ısıl işlemi (85°C'de 20 dakika), takiben soğutma işlemi (45°C) uygulanmış ve soğutulan sütler 4 eşit kısma ayrılmıştır. Üç eşit kısım sütün her birine %2 oranında starter kültür aşılınmış ve ilk kısım süte 0.1 mL/L, ikinci kısım süte 0.2 mL/L ve üçüncü kısım süte 0.3 mL/L olacak şekilde enzim ilave edilmiştir. Kontrol grubu olan dördüncü kısım süte ise sadece %2 oranında starter kültür aşılınmıştır. Tüm sütler 43°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübe edilen sütlerin pH'sı 4.7'ye ulaştığında inkübasyon sonlandırılıp üretilmiş olan yoğurt örnekleri 4°C'ye soğutularak 14 gün süresince depolanmıştır. 0.1, 0.2 ve 0.3 mL/L enzim ilave edilen sütlerden üretilen yoğurt örnekleri sırasıyla A, B ve C harfleri ile, kontrol grubu örnekler ise K harfi ile kodlandırılmıştır. K örneklerinde %30 laktoz hidrolizasyonu; A, B ve C örneklerinde ise sırasıyla yaklaşık %50, %70 ve %90 düzeylerinde laktoz hidrolizasyonu sağlanmıştır. Laktoz hidrolizasyon oranının artmasıyla yoğurtların fermantasyon sürelerinin kısaldığı tespit edilmiştir. Depolama boyunca laktoz hidrolizasyon oranının artış gösterdiği saptanmıştır. K, A, B ve C örneklerindeki laktoz hidrolizasyon oranlarının depolamanın 14. gününde sırasıyla %50, %65, %80 ve %95 değerlerine ulaştığı belirlenmiştir. Yoğurdun reolojik özelliklerinden biri olan konsistens değeri en yüksek olarak depolamanın 1. gününde A örneklerinde belirlenirken, depolamanın 14. gününde C örnekleri hariç tüm örneklerin konsistens değerlerinde ilk güne göre artış olduğu saptanmıştır. Laktaz enzimi ilave edilmiş örneklerin depolamanın 1. gününde asetaldehit ve tirozin değerlerinde artış tespit edilmiştir. Depolama boyunca tirozin değeri artarken, asetaldehit miktarlarının azaldığı belirtilmiştir. Depolamanın 1. gününde K, A, B ve C yoğurt örneklerinin tirozin

değerlerinin sırasıyla 0.051, 0.053, 0.054 ve 0.055 mg/5 mL olduğu, 14. gününde ise 0.047, 0.059, 0.061 ve 0.069 mg/5 mL olduğu saptanmıştır. Duyusal analizler sonucunda, örneklerdeki tirozin miktarının 0.5 mg/5 mL sınır değerinden fazla olmasının asit veya acımsı tada neden olduğu belirtilmiştir. Araştırmada en yüksek duyusal puanı A örnekleri, en düşük duyusal puanı ise C örnekleri almıştır.

Abbasi ve Saedanadian (2015)'in gerçekleştirdiği bir çalışmada, %5 oranında laktoz içeren süt, 4 eşit gruba ayrılarak her birine 1.5 mL/L laktaz enzimi ilave edilmiştir. Laktaz ilaveli sütler 15, 25, 75 ve 240 dakika boyunca 39°C'de bekletilmiş ve sütlerin laktoz hidrolizasyon oranlarının sırasıyla %25, %50, %75 ve %75'den fazla olduğu belirlenmiştir. Farklı oranlarda laktoz hidrolizasyonu sağlanan sütlerle laktaz enzimi aktivitesinin sonlandırılması amacıyla 75°C'de 10 dakika boyunca ısı işlem uygulanmıştır. Laktoz içerikleri farklı oranlarda azaltılmış sütlerden dondurma üretimi yapılmıştır. Üretilen dondurma örneklerinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Laktoz hidrolizasyon oranının dondurmaların yoğunlukları ve yüzey gerilimleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir. Bununla birlikte laktoz hidrolizasyon oranının dondurmanın donma noktası ve dondurma mikslerinin görünür viskozite değerleri üzerine önemli etkisinin olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Laktaz enzimi içermeyen sütlerden üretilen kontrol dondurma örnekleri ve %75'den fazla laktoz hidrolizi sağlanan sütlerden üretilen dondurma örneklerinin donma noktalarının sırasıyla -2.184°C ve -2.483°C olduğu tespit edilmiştir. Laktoz hidrolizasyonu %25 olan süt kullanılarak üretilen dondurma miksleri ile kontrol örneklerine ait dondurma mikslerinin viskozite değerleri arasındaki fark önemsiz ($P>0.05$) bulunurken, dondurma üretiminde kullanılan sütlerin laktoz hidrolizasyon oranı arttıkça dondurma mikslerinin viskozite değerlerinin de arttığı saptanmıştır. Sütlerin laktoz hidroliz oranlarının dondurma mikslerinin mikroyapısını etkilediği belirtilmiştir. Dondurma mikslerinin viskozite değerlerinin artmasıyla örneklerdeki havanın bir araya gelmesi için gereken enerji miktarı ve sürenin arttığı tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak dondurmaların hacim artışı değerlerinin düştüğü ve sertlik değerlerinin ise arttığı saptanmıştır. En yüksek sertlik değerinin, laktoz hidrolizi %75'den yüksek olan sütlerden üretilen dondurma örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarında ise, %75'den fazla laktoz hidrolizi gerçekleşen süttten üretilen dondurma örneklerinin en yüksek puanı aldığı belirtilmiştir. Laktoz hidrolizasyonunun artmasıyla dondurma örneklerinin kumlu yapısının azaldığı saptanmıştır.

Laktaz enziminin laktozsuz süt üretiminde kullanımının incelendiği bir çalışmada, dört farklı ticari laktaz enzimi (DYL, VYL, EYL ve LYL), dört farklı konsantrasyonda (DYL enzimi için %0.025, 0.05, 0.075 ve 0.1; VYL enzimi için %0.02, 0.04, 0.06 ve 0.08; EYL ve LYL enzimleri için %0.05, 0.1, 0.15 ve 0.2) kullanılmıştır. Çalışmada, tam yağlı çiğ süt, tam yağlı pastörize süt ve yağsız pastörize süt kullanılmış ve 2°C'de bekletilen sütlerdeki laktoz hidrolizasyonu 72 saat süresince belirlenmiştir. DYL enziminin %0.1 oranında ilave edilen tam yağlı pastörize sütte ilk 24 saatte laktoz hidrolizasyonunun %99 olduğu belirlenirken, %0.025 oranında DYL enzimi ilave edilen tam yağlı pastörize sütte 72 saatin sonunda laktoz hidrolizasyonunun %95 olduğu saptanmıştır. EYL ve LYL enzimlerinden %0.2 oranında ilave edilen sütlerde ilk 24 saat içinde laktoz hidrolizasyonunun %95, VYL enziminin %0.08 oranında ilave edilen tam yağlı pastörize sütte ise %98 olduğu tespit edilmiştir. Sütün

yağ bileşiminin ve süte uygulanan pastörizasyon işleminin sütteki laktoz hidrolizasyon oranını değiştirmedeği belirlenmiştir (Horner vd. 2011).

Tonguç ve Karagözlü (2017)'nın yaptıkları bir çalışmada, galaktoz ve laktoz intoleransa sahip bireyler için laktozsuz ve düşük galaktoz içeriğine sahip farklı formülasyonlarda içilebilir yoğurt üretmişler ve ürünlerin duysal özelliklerini geliştirmek için çilek sosu ve aroması ilave ettikten sonra fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özelliklerini incelemişlerdir. Hazırlanan ürünlerin düşük galaktoz içeriğine sahip olması için fermentasyon öncesinde laktozsuz UHT süt, galaktozsuz olan maltoz bazlı Neocate ve fruktoz bazlı Galactamin 19 olmak üzere iki farklı bebek maması ile 1:1 oranında karıştırılmıştır. Çalışmanın kontrol grubunu UHT süten yapılan içilebilir yoğurt örnekleri oluşturmuştur. Hazırlanan kontrol örneği, laktozsuz içilebilir yoğurt örneği, laktozsuz süt ve Neocate maması ile hazırlanmış içilebilir yoğurt örneği, laktozsuz süt ve Galactamin 19 maması ile hazırlanmış içilebilir yoğurt örneklerinde bazı analizler yapılmıştır. İçilebilir yoğurt örneklerinin farklı hammadde içeriklerinin, kurumadde oranlarında ve protein içeriklerinde istatistiksel açıdan önemli bir farklılığa sebep olmadığı ($P>0.05$) belirlenirken, içilebilir yoğurt örneklerinin farklı hammadde içeriklerinin yağ oranları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılığa ($P<0.05$) sebep olduğu bulunmuştur. Depolamanın 1. gününde 4.26 pH değeri ile en düşük pH'ya sahip olan laktozsuz süt ve Galactamin 19 maması ile hazırlanmış örneğin 30 günlük depolama süresi sonunda pH değerlerinin 3.96'ya düştüğü; diğer örneklerin pH değerlerinin ise depolama süresi sonunda 4.00'in üzerinde olduğu saptanmıştır. Çalışmada, laktozsuz süten üretilen kontrol grubu dışındaki diğer tüm içilebilir yoğurt örneklerinde laktoz tespit edilememiştir. En yüksek galaktoz içeriği (225.51 mg/100 mL) laktozsuz süten hazırlanan içilebilir yoğurtlarda belirlenmiştir. Laktozsuz süt ile Neocate maması kullanılarak hazırlanan örneğin ve laktozsuz süt ile Galactamin 19 maması kullanılarak hazırlanan örneğin galaktoz miktarlarının sırasıyla 153.79 ve 63.70 mg/100 mL olduğu ve bu örneklerin düşük galaktoz içerikleriyle galaktosemi hastalarının tüketimine uygun ürünler olarak değerlendirilebilecekleri belirtilmiştir. Depolamanın 10. ve 20. günlerinde yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda farklı hammadde kullanımının etkisinin, içilebilir yoğurt örneklerindeki *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un sayısı üzerinde istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) olduğu bulunmuştur. Örnekler duysal açıdan incelendiğinde, laktozsuz süt ve Neocate maması ile hazırlanan örnekler en düşük puanı almıştır. Örnekler arasında tat ve aroma özellikleri açısından istatistiksel olarak önemli farklılıklar olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir. Panelistler, içilebilir yoğurt örneklerinin tat ve aroma özelliklerinin, depolama boyunca çok kararlı olduğunu ve asitlik veya ekşimede artış gibi olumsuz bir gelişme olmadığını bildirmişlerdir. Yapılan duysal analizler sonucunda, içilebilir yoğurt örneklerinin kıvam özelliklerinin üretimlerinde kullanılan hammaddeye bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Laktaz enzimi kullanılarak laktoz içeriği azaltılan sütlerden içilebilir yoğurt üretimi yapılan bir çalışmada, 0.15, 0.25 ve 0.40 g/L oranlarında laktaz enzimi 48 g/kg laktoz içeriğine sahip süte ilave edilmiş, süt 42°C'de 4 saat boyunca bekletilmiş ve sütteki laktozun yaklaşık olarak %80'inin hidrolizinin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Laktoz hidrolizi, ilave edilen laktaz enzim miktarının artmasıyla artış göstermiştir. Farklı oranlarda laktaz ilaveli sütler, pH 4.7'ye gelinceye kadar fermente edilerek içilebilir yoğurt üretimi yapılmıştır. Çalışmanın kontrol grubunu, laktoz içeriği

azaltılmamış sütlerden üretilen içilebilir yoğurt örnekleri oluşturmuştur. Tüm örnekler 28 gün süresince 5°C'de depolanmıştır. Fermantasyon aşamasındaki sütte ve depolamanın 1., 14. ve 28. günlerindeki içilebilir yoğurt örneklerinde laktoz, galaktoz ve glikoz miktarları incelenmiştir. Bütün örneklerde fermantasyon aşamasının 45. dakikasında laktozun %40'ının hidrolizinin gerçekleştiği ve fermantasyonun 150. dakikasında 0.15, 0.25 ve 0.40 g/L laktaz enzim ilaveli sütlerde ise laktoz hidrolizlerinin %83 ile %90 oranları arasında olduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca içilebilir yoğurt örneklerinin laktoz hidroliz oranlarında değişim olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada, laktoz hidrolizinin devam etmemesinin laktaz enziminin düşük pH'larda inaktif olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Kontrol örneklerinin laktoz hidroliz oranları depolamanın 1. ve 14. günlerinde sırasıyla %16 ve %30 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 14. ve 28. günleri arasında laktoz hidroliz oranları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunamamıştır. Laktoz içeriği azaltılan sütlerden üretilen içilebilir yoğurt örneklerinde depolamanın 14. gününde glikoz ve galaktoz miktarlarının sırasıyla 15-17 g/kg ile 19-21 g/kg arasında değiştiği, kontrol grubu örneklerinde ise sırasıyla 1-2 g/kg ile 7-9 g/kg arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan duyusal analiz sonunda panelistlerin %53'ünün, laktozu azaltılmış içilebilir yoğurt örneklerini kontrol grubu örneklerine kıyasla daha tatlı buldukları belirlenmiştir (Venica vd. 2013).

Schmidt vd. (2016), laktoz hidrolizinin geleneksel yoğurt ve Yunan usulü yoğurdun reolojik özellikleri üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada; geleneksel yoğurt üretimi için kurumaddesi 116 g/kg, protein içeriği 38.7 g/kg ayarlanmış rekonstitüye süt, Yunan usulü yoğurt üretimi için ise kurumaddesi 135 g/kg, protein içeriği 64 g/kg ayarlanmış rekonstitüye süt kullanılmıştır. Yoğurtların üretimi 5 farklı starter kültür (A, B, C, D, E) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, laktozu hidrolize edilmemiş süttten üretilen yoğurt örnekleri kontrol grubunu oluşturmuştur. Geleneksel ve Yunan usulü yoğurtların fermantasyon sıcaklıkları sırasıyla 38°C ve 42°C, sonlandırma pH'ları ise sırasıyla 4.60 ve 4.65 olacak şekilde üretilmiştir. Genel olarak, laktozu hidrolize edilmiş süttten üretilen yoğurt örneklerinin fermantasyon sürelerinin 480 dakikadan kısa, kontrol yoğurtlarının fermantasyon süresinin 480 dakikadan daha uzun olduğu tespit edilmiştir. C ve D starter kültürleri kullanılarak üretilen yoğurtların ortalama görünür viskozite değerleri yaklaşık olarak sırasıyla 0.34-0.31 ve 0.37-0.31 Pa.s arasında değişmiş ve diğer örneklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada, bahsi geçen durumun C ve D starter kültürleri kullanılarak üretilen yoğurt örneklerinin fermantasyon sürelerinin uzun olmasından dolayı kazeinin ağ oluşumunun desteklenmesinden ve sonuçta daha viskoz bir ürün elde edilmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. A ve E starter kültürlerinin, laktozu hidrolize edilmiş sütlere aşılmasıyla üretilen yoğurtların görünür viskozite değerleri (0.16-0.24 Pa.s), aynı starter kültürlerle üretilen kontrol yoğurtlarının görünür viskozite değerlerine (0.29-0.35 Pa.s) kıyasla daha düşük bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin tamamı göz önüne alındığında, laktozu hidrolize edilmiş süttten üretilen yoğurt örneklerinin görünür viskozite değerlerinin kontrol yoğurt örneklerinin görünür viskozite değerlerinden düşük olduğu saptanmıştır. Yunan usulü yoğurt örneklerinin görünür viskozite değerlerinin genel olarak kontrol ve geleneksel yoğurt örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, bahsi geçen durumun, Yunan usulü yoğurt üretiminde kullanılan süttün protein içeriğinin daha yüksek olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Bununla birlikte yoğurtlarda tespit edilen ekzopolisakkarit (EPS)

miktarlarının kullanılan starter kültüre göre değişiklik gösterdiği saptanmıştır. A ve B starter kültürleri kullanılarak üretilen yoğurtlardaki EPS konsantrasyonlarının (150-250 mg/L), C, D ve E starter kültürleri kullanılarak üretilen yoğurtlardaki EPS konsantrasyonlarına (100-150 mg/L) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Laktoz hidrolizinin EPS üretimini önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Laktozu hidrolize edilmiş süttten üretilen yoğurtların EPS konsantrasyonlarının, kontrol yoğurtlarının EPS konsantrasyonlarına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmada, kullanılan starter kültürlerin farklı karbonhidrat kaynaklarını kullandıkları belirlenmiştir. C starter kültürü, glikoz ve laktoz varlığında (starter kültür ile enzim ilavesi eş zamanlı gerçekleştirilen yoğurtlarda) daha fazla EPS üretirken, A ve B starter kültürlerinin tek karbon kaynağı olarak glikoz (fermantasyondan önce laktoz hidrolizi gerçekleştirilen süttten üretilen yoğurtlarda) varlığında daha fazla EPS ürettiği tespit edilmiştir. D ve E starter kültürlerinin ise, glikoz varlığında daha fazla EPS ürettiği, ancak laktozun ortamda olup olmamasının D ve E starter kültürlerinin EPS üretiminde bir değişikliğe neden olmadığı saptanmıştır. Farklı yoğurt örneklerinin reolojik özellikleri göz önüne alındığında, EPS miktarı ile viskozite değeri arasında herhangi bir korelasyon belirlenmemiştir. A ve B starter kültürleri ile üretilen yoğurtlar en yüksek EPS konsantrasyonlarına sahipken, A ve B starter kültürleri ile üretilen yoğurtlara göre fermentasyon sürelerinin daha uzun olmasına bağlı olarak C, D ve E starter kültürleri ile üretilen yoğurtların viskozite değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, kontrol yoğurt örnekleri ile benzer reolojik özelliklere sahip laktozu hidrolize edilmiş süttten üretilen yoğurtların elde edilebileceği, ancak starter kültür ve süt bileşimi arasındaki etkileşimlerle ilgili daha fazla çalışmanın yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Nagaraj vd. (2009), laktoz içeriği azaltılmış süttten yoğurt üretiminde laktoz hidroliz seviyelerini standartlaştırmak ve laktoz hidrolizinin yoğurdun fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada, süte 12 farklı enzim seviyesi (%0.12, 0.16, 0.20, 0.24, 0.28, 0.32, 0.36, 0.40, 0.44, 0.48, 0.52 ve 0.56 olmak üzere) uygulayarak laktoz hidrolizi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, %50, %70 ve %90 oranlarında laktoz içeriği azaltılmış sütlerin elde edilebilmesi için uygulanan farklı enzim seviyeleri arasından, sırasıyla %0.16, %0.32 ve %0.52 enzim seviyelerinin istenilen laktoz hidroliz oranlarını karşıladığı belirlenmiştir. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten (kontrol grubu yoğurt örnekleri) ve laktoz içeriği %50, %70 ve %90 oranlarında azaltılmış sütlerden yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Laktoz içeriği azaltılmış sütlerden üretilen yoğurtların pıhtılaşma sürelerinin (≈ 180 dakika), kontrol grubu yoğurt örneğinin pıhtılaşma süresine (≈ 210 dakika) kıyasla daha kısa olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte laktoz hidroliz derecesinin artmasına bağlı olarak pıhtı sertliğinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu yoğurt örneği ile %50, %70 ve %90 laktoz hidrolizi gerçekleştirilen sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin penetrasyon değerleri sırasıyla 195, 280, 325 ve 395 mm/5s olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar, yoğurt örneklerinin penetrasyon değerlerinde tespit edilen artışın, pıhtı sertliğindeki azalmayı ispatlar nitelikte olduğunu belirtmişlerdir. Yoğurt üretimlerinde kullanılan sütlerin laktoz miktarlarının %50 ve %70 oranlarında azaltılmasının ortamdaki çözünebilir monosakkarit miktarındaki artışa bağlı olarak, yoğurtlarda daha kremsi ve yumuşak bir yapı oluşturduğu saptanmıştır. Bununla birlikte üretiminde kullanılan süttün laktoz hidrolizinin %90'a çıkarılmasının örneklerde, %50 ve %70 laktoz hidrolizi gerçekleştirilen sütlerden üretilen örneklere göre daha zayıf bir doku oluşumuna ve

viskozitenin düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, renk ve görünüş özellikleri bakımından, kontrol örneği ve laktoz içeriği azaltılmış sütlerden üretilen yoğurt örnekleri arasında önemli bir farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Duyusal analizler sonucunda; laktoz içeriği %50 ve %70 oranlarında azaltılan sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin yapı, doku, lezzet ve genel kabul edilebilirlik bakımından kontrol örneklerine göre önemli ölçüde ($P<0.05$) yüksek puan aldığı, laktoz içeriği %90 oranında azaltılmış sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin bahsi geçen özelliklerin tamamında kontrol örneklerine göre daha düşük puan ($P<0.05$) aldığı belirlenmiştir. Ayrıca yoğurt örnekleri arasında üretimlerinde kullanılan sütlerdeki laktoz hidroliz derecelerindeki artışa bağlı olarak serum ayrılmasının arttığı ($P<0.05$) saptanmıştır.

Wolf vd. (2015), laktaz enzimi kullanarak laktoz içeriği azaltılan süttten yoğurt üretimi yaptıkları çalışmada, fermentasyon sırasında ve depolama sürecinde (5°C 'de 21 gün) yoğurt örneklerinde laktoz içeriği, pH, asitlik ve uçucu bileşiklerde meydana gelen değişimleri araştırmışlardır. Çalışmada kontrol grubunu, enzim ilave edilmeyen süttten üretilen yoğurt (C yoğurdu) oluşturmuştur. Laktaz enzimi (YNL-2) kullanarak laktoz içeriği azaltılmış süttten yoğurt (E yoğurdu) üretimi için, fermentasyon işleminden önce 0.25 g/L seviyesinde enzim ilavesi ile starter kültür aşılama birlikte yapılmıştır. Fermentasyon işlemi sonunda üretimlerinde kullanılan sütlere göre, C yoğurdunun laktoz içeriğinde %10 ile %13 arasında bir azalma olduğu belirlenirken, E yoğurdunun laktoz içeriğinde %75 ile %78 arasında bir azalma tespit edilmiştir. Depolama süresince, yoğurt örneklerinin laktoz içeriklerinin değişmediği saptanmıştır. E ve C yoğurtlarının pH ve titrasyon asitliği değerlerinde depolama süresince önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ($P>0.05$). Mikrobiyolojik analizlerde, E ve C yoğurt örneklerinde laktik asit bakteri sayısının depolama süresince azaldığı saptanmıştır. Kontrol yoğurt örneği ve laktoz içeriği azaltılmış süttten üretilen yoğurt örneğinde üretim sonrası ve depolama sırasında yapılan analizlerde 22 farklı uçucu bileşik tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçların yorumlanmasını kolaylaştırmak amacıyla, yalnızca laktoz metabolizmasında üretilen bileşikler veya ana aroma bileşikleri olarak bildirilen asetaldehit, metilketon, diasetil, asetoin, 2,3-pentandion, bütanon ve propanon bileşiklerinin miktarlarındaki değişimler ele alınmıştır. Fermentasyon işleminin sonunda E yoğurdunun, C yoğurduna göre istatistiksel olarak $P<0.05$ önem düzeyinde daha yüksek miktarda asetaldehit, daha düşük miktarda 2,3-pentandion ve heksanoik asit içerdiği saptanmıştır. Depolama sırasında, E yoğurdunun asetaldehit ve diketon miktarlarının, C yoğurduna göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. C ve E yoğurtları arasında etanol miktarı açısından önemli bir fark bulunamamıştır ($P>0.05$). Yoğurt örneklerinin diasetil miktarında depolamanın ilk 7 günü boyunca artış olduğu; ancak depolamanın 7. gününden sonra değişim olmadığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar, enzim ilavesi ile karbonhidrat düzenindeki değişikliklerin, uçucu bileşiklerin üretimini etkileyebileceğini bildirmişlerdir.

Farklı oranlarda su ve tuz kullanılarak, geleneksel ayran üretimi yapılan bir çalışmada, ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri ve reolojik özellikleri incelenmiştir. Ayran örnekleri, 30 ve 50 g/100 g seviyelerinde su ile 0.00, 0.05 ve 1.00 g/100 g seviyelerinde tuz kullanılarak üretilmiş ve 4°C 'de depolanmıştır. Çalışmada yapılan reolojik analizler sonucu; 30 g/100 g seviyesinde su içeren ayran örneklerinin bazılarının tiksotropik davranış gösterdiği, diğer örneklerin tamamının Newtoniyen olmayan akış özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Su ve tuz ilavesinin reolojik özellikler

üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Su ve tuz seviyesinin arttırılması ile yoğurt örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinin azaldığı ve akış davranış indekslerinin arttığı tespit edilmiştir. 30 g/100 g seviyesinde su ve 0.00, 0.05 ve 1.00 g/100 g seviyelerinde tuz içeren ayran örneklerinin ortalama kıvam katsayısı değerleri sırasıyla 1.214, 0.508 ve 0.625 Pa.s olarak saptanmıştır. 50 g/100 g seviyesinde su ve 0.00, 0.05 ve 1.00 g/100 g seviyelerinde tuz içeren ayran örneklerinin ortalama kıvam katsayısı değerleri ise sırasıyla 0.154, 0.106 ve 0.018 Pa.s olarak tespit edilmiştir. Su ve tuz ilavesinin serum ayrılmasındaki etkisi istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Su ve tuz seviyesi yüksek olan ayran örneklerinin, düşük oranda su ve tuz içeren ayran örneklerine göre serum ayrılması değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır (Köksoy ve Kılıç 2003).



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Laktoz içeriği azaltılmış ayran üretiminde kullanılan inek sütü Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi'ne bağlı Sığır Çiftliği'nden, rafine tuz piyasadan, ayran starter kültürü (YO-MIX™ 883) Türker Endüstri Teknik Makina ve Tic. San. Ltd. Şti. (İstanbul, Türkiye)'den, laktaz enzimi (Maxilact LGI 5000) IMCD Tic. Paz. ve San. Ltd. Şti. (İstanbul, Türkiye)'den temin edilmiştir. Laktoz içeriği azaltılmış ayran üretimi Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne ait laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Sütteki laktoz miktarının azaltılması ve ayran üretimi

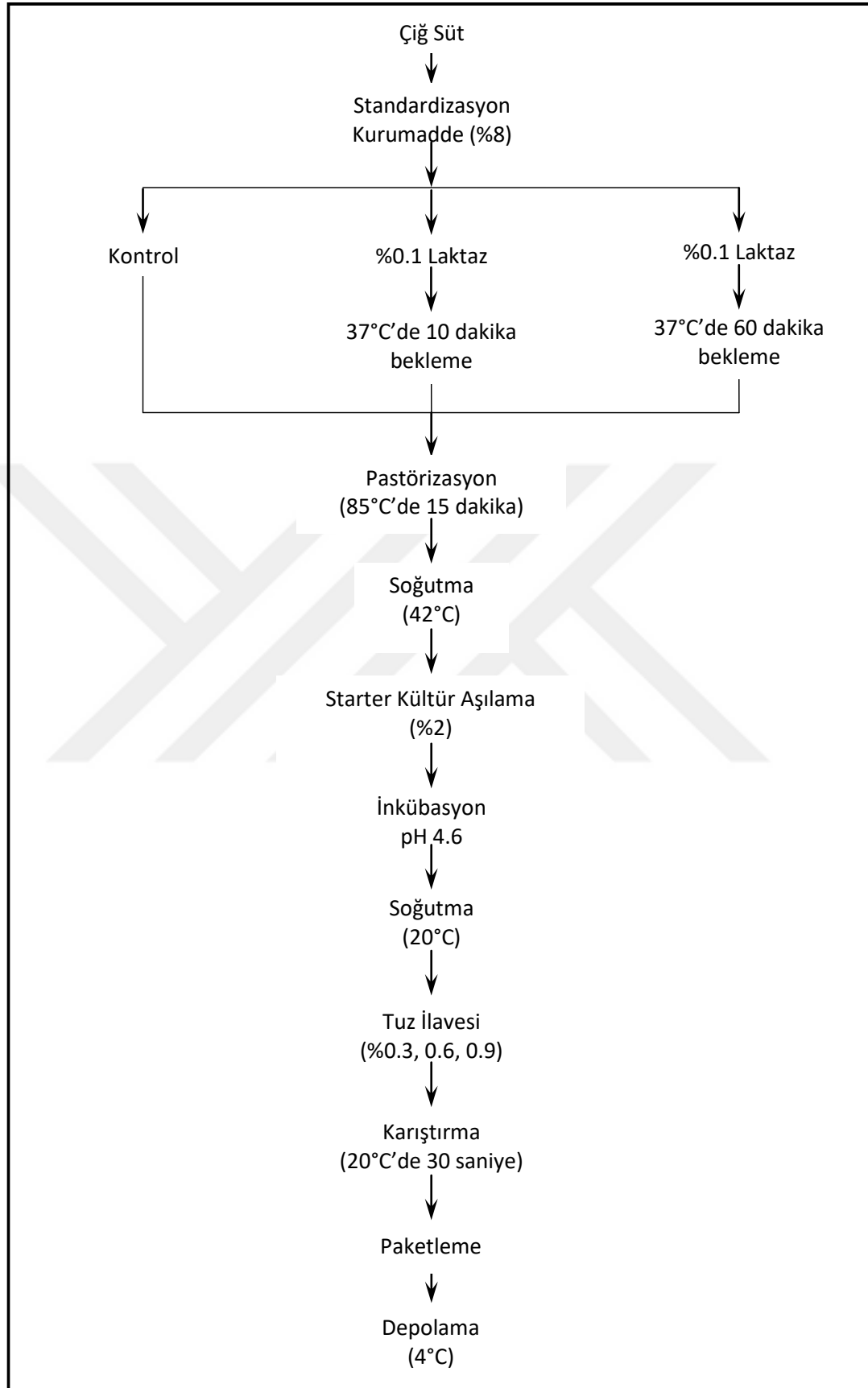
Yapılan bu çalışmada, ayran üretiminde kullanılan sütün toplam kurumaddeesi %8'e standardize edilmiştir. Standardize edilen sütün laktoz içeriği %50 ve %100 olmak üzere iki farklı oranda azaltılmıştır. Sütteki laktozun %50'sinin glikoz ve galaktoza hidrolize olması için süt, %0.1 oranında laktaz enzimi ile 10 dakika; sütteki laktozun tamamının glikoz ve galaktoza hidrolize olması için ise süt, %0.1 oranında laktaz enzimi ile 60 dakika süresince 37°C'ye ayarlanmış inkübatörde tutulmuştur. Laktoz içerikleri %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlere enzim aktivitesini sonlandırmak ve pastörizasyon amacı ile 85°C'de 15 dakika ısıtım uygulanmıştır. Isıtım sonrası sütler 42°C'ye soğutulmuştur. Sütlere uygulanan ısıtım işlemi, Şekil 3.1'de görülen plakalı ısı değiştirici düzeneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubunu oluşturan ayran örneklerinin üretiminde ise, toplam kurumaddeesi içilebilir nitelikteki su ile %8'e standardize edilen süt, laktoz içeriği azaltılmadan 85°C'de 15 dakika ısıtım işlemine tabi tutulduktan sonra 42°C'ye soğutulmuştur. İnkübasyon sıcaklığı olan 42°C'ye soğutulan laktoz içeriği azaltılmamış süt, laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütler %2 oranında ayran starter kültürü aşılansak inkübe edilmiştir. İnkübasyon işlemine ürünlerin pH'sı 4.6'ya ulaştığında son verilmiştir. İnkübasyon sonunda 20°C'ye soğutulan her bir örnek kendi içinde 3 kısma ayrılmış ve her bir kısma 3 farklı oranda (%0.3, %0.6 ve %0.9) tuz ilavesi yapılmıştır. Tuz ilavesi işleminden sonra 20°C'deki örnekler mikser (Bosch Mixxo Quattro, Jesenice, Slovenia) ile 30 saniye karıştırılmıştır. Üretilen ayranlar 200 gramlık ve kapaklı plastik ambalajlar içerisine doldurulmuş ve 30 gün süresince 4°C'de depolanmıştır. Ayran üretimine ait akış şeması Şekil 3.2.'de verilmiştir. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde örneklerde fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler yapılmıştır. Üretimi gerçekleştirilen örneklerin kodlanması ile ilgili bilgiler Çizelge 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Isıl işlem ünitesi

Çizelge 3.1. Ayran örneklerinin kodları

Çiğ sütün laktoz içeriğinin azalma oranı	Tuz miktarı (%)	Örnek kodları
Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen kontrol örnekleri	0.3	K-0.3
	0.6	K-0.6
	0.9	K-0.9
Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen örnekler	0.3	%50-0.3
	0.6	%50-0.6
	0.9	%50-0.9
Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen örnekler	0.3	%100-0.3
	0.6	%100-0.6
	0.9	%100-0.9



Şekil 3.2. Ayran üretim akış şeması

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. Fizikokimyasal analiz yöntemleri

3.3.1.1. Sütte yapılan analizler

Kurumadde tayini

Ayran üretiminde kullanılan sütün kurumadde tayini TS 1018 Çiğ Süt Standardı'nda verilen metoda göre gravimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (Anonim 1994).

Yağ tayini

Ayran yapımında kullanılan sütün yağ içeriği bütirometre kullanılarak Gerber yöntemi ile saptanmıştır (Anonim 1995).

Protein tayini

Ayran üretiminde kullanılan sütün azot miktarı Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiş ve elde edilen değerler 6.38 faktörüyle çarpılarak protein miktarları bulunmuştur (Kurt vd. 1993).

pH tayini

Ayran yapımında kullanılan sütün pH değeri Orion 2 Star (Thermo Scientific, Ayer Rajah Crescent, Singapur) marka dijital pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

Titrasyon asitliği tayini

Ayran üretiminde kullanılan sütün titrasyon asitliği tayini TS 1018 Çiğ Süt Standardı'nda belirtilen Soxhlet-Henkel yöntemi ile yapıpı sonuçlar % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (Anonim 1994).

Kül tayini

Ayran yapımında kullanılan sütün kül miktarı gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir (Kurt vd. 1993).

Proteolitik aktivite

Ayran üretiminde kullanılan sütlerde proteolitik aktivite analizi spektrofotometrik olarak Church vd. (1983)'ün belirttiği yöntemle yapılmıştır. Analiz için öncelikle OPA (o-fetaldehit) çözeltisi hazırlanmıştır. Bu amaçla 50 mL'lik balon jöjeye 0.95 g sodyum tetra borat, 0.5 g sodyum deoksil sülfat ve 0.1 mL 2-merkaptetanöl eklenerek karıştırılmış ve balon jöje çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır (A). Bir deney tüpünde 40 mg o-fetaldehit, 1 mL metanol içinde çözündürülmüştür (B). A ve B çözeltileri karıştırılmıştır (OPA çözeltisi). Homojen hale getirilen 30°C'deki örnekten 1 mL deney tüpüne alınmış ve üzerine 0.68 N TCA (Triklör asetik asit) çözeltisinden 2.2 mL eklenip karıştırılmış ve oda sıcaklığında 10

dakika bekletildikten sonra 6000 d/dk'da 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonunda elde edilen filtrattan 50 µL alınarak üzerine 1 mL OPA çözeltisi eklenmiş ve karıştırıldıktan sonra 340 nm dalga boyunda UV-Visible Spectrophotometer (Thermo scientific, Evolution Array, Amerika Birleşik Devletleri) cihazı kullanılarak ölçüm yapılmıştır.

Laktoz miktarı

Ayran üretiminde kullanılan çiğ sütlerin ve laktozu azaltılmış sütlerin laktoz miktarı HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) ile Anonymous (2007)'de bildirilen yönteme göre tespit edilmiştir. Öncelikle 10 mL'lik deney tüpüne homojenize edilmiş örnekten 3 mL konulmuştur. Deney tüpüne alınan örnek 38-40°C'ye ayarlanmış su banyosunda ısıtıldıktan sonra karıştırılarak hızlı bir şekilde 20°C'ye soğutulmuştur. Örneğin üzerine 1.2 mL Biggs-Szjartom çözeltisi (200 mL ölçekli şişede, 25 g çinko asetat ve 12.5 g fosfotungstik asit HPLC saflığında 100 mL su ile çözündürüldükten sonra ve üzerine 20 mL asetik asit ilave edilip 200 mL çizgisine kadar HPLC saflığında su ile seyreltilmesiyle elde edilmiştir.) ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım HPLC saflığında su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Daha sonra örneklerin bulunduğu deney tüpü 5 defa ters çevrilerek hafifçe çalkalandıktan sonra oda sıcaklığında 10 dakika beklemeye bırakılmıştır. Karıştırma ve bekleme işlemi 3 defa tekrar edilmiştir. Daha sonra 10 mL'lik tüp içerisindeki karışımın üstünde kalan filtrat şırınga yardımı ile alınarak şırınga filtresinden (0.45 µm, Minisart®, Sartorius Stedim Biotech, Göttingen, Almanya) geçirilip vial içerisine aktarılmıştır. Böylece örnekler HPLC cihazında okutulmaya hazır hale getirilmiştir.

Laktoz, glikoz ve galaktoz standartlarının tartımları oda sıcaklığında ve 0.01 mg hassasiyete sahip terazi (XR 125 SM, Presica Gravimetrics AG, Dietikon, İsviçre) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir şeker standardı yaklaşık 1500 mg/L olacak şekilde 10 mL'lik balon joje içerisine hazırlanmıştır. Standartların hazırlanmasında çözgen olarak HPLC saflığında su kullanılmıştır. Laktoz, glikoz ve galaktoz şekerlerini içeren standart çözeltiler kullanılarak 500 mg/mL'lik bir karışım hazırlanmıştır. Kalibrasyon grafiği için konsantrasyonlar, HPLC saflığında su içine artan konsantrasyonlarda (0, 0.01, 0.025, 0.05, 0.10, 0.25 mg/mL) hazırlanmış ve her bir konsantrasyon için üç tekrarlı olarak okuma yapılmıştır. Elde edilen yanıtların doğrusallığı korelasyon katsayısı (R^2) hesaplanarak değerlendirilmiştir. Hazırlanan örnek, daha önceden kolon sıcaklığı 75°C'ye ve akış hızı 0.6 mL/dk'ya ayarlanmış olan HPLC (Ultimate 3000, Thermo Fisher Scientific Inc. Waltham, Massachusetts, Amerika Birleşik Devletleri) cihazında okutularak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.3.1.2. Ayran örneklerinde yapılan analizler

Kurumadde Tayini

Ayran örneklerinde kurumadde tayini Kurt vd. (1993)'nin bildirdiği gravimetrik yöntem kullanılarak yapılmıştır. Sıcaklığı 15-20°C'deki örnek iyice karıştırılmıştır. Daha önce kurutma fırınında 100°C'de 15 dakika tutulan ve desikatörde muhafaza edilen nikel kapların daraları alınmış ve örneklerden, pipet yardımı ile 2.5-3.0 g alınarak nikel kaplara aktarılmış ve tartımı yapılmıştır. Tartımdan sonra 100-105°C'deki

kurutma fırınında 2-3 saat tutulmuştur. Kurutma fırınından çıkarılan örnekler soğumaları için desikatöre konulmuştur. Desikatörde soğutulduktan sonra tartımı yapılan örnekler tekrar kurutma fırınına konarak 100-105°C’de 1 saat tutulduktan sonra tekrar soğutulup tartılmıştır. İki tartım arasındaki fark 0.2 mg’dan az ise kurutma işlemi sonlandırılmıştır.

$$\text{Kurumadde (\%)} = [(M_1 - M_0) / (M - M_0)] \times 100$$

M_0 = Kap kütlesi (dara), g

M = Kurutmadan önceki örnek ile birlikte kabın kütlesi, g

M_1 = Kurutmadan sonra örnek ile kabın kütlesi, g

Yağ Tayini

Ayran örneklerinin yağ tayini için Gerber yöntemi kullanılmış ve bu yöntemde Gerber süt bütirometresi içine 10 mL H₂SO₄ (d=1.82 g/cm³) konularak, üzerine yavaşça 11 mL ayran eklenmiştir. Daha sonra 1 mL amil alkol ilave edilmiştir. Bütirometrelerin ağzı lastik tıkaçla sıkıca kapatılmıştır. Oluşan pıhtı tamamen çözününceye ve ortamda hiçbir beyazlık kalmayana kadar, bütirometre yavaş yavaş çalkalanarak alt üst edilmiştir. Bütirometreler, tıkaçlar dış tarafa gelecek şekilde ve dengenin sağlanması için karşılıklı olarak santrifüj cihazına (Funke Gerber, Nova Safety, Berlin, Almanya) yerleştirilmiş ve 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonra, bütirometreler, bölüntülü kısım üste gelecek şekilde santrifüjden çıkarılmış ve yağ sütünü okunarak sonuçlar kaydedilmiştir (Metin ve Öztürk 2002).

Protein Tayini

Ayran örneklerinin protein miktarları, Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Kurt vd. 1993).

Kül Tayini

Örneklerin kül içerikleri gravimetrik yöntem kullanılarak saptanmıştır (Kurt vd. 1993).

Titrasyon Asitliği Tayini

Ayran örneklerinden 9 g alınarak üzerlerine 9 mL saf su ilave edilmiş ve %2’lik fenolftaleyn indikatörlüğünde 0.1 N NaOH ile titre edilerek % süt asidi cinsinden hesaplanmıştır (Oysun 1996).

pH Tayini

Ayran örneklerinin pH değerleri, pH metre (Orion 2 Star, Thermo Scientific, Ayer Rajah Crescent, Singapore) ile ölçülmüştür.

Proteolitik aktivite

Ayran örneklerinde proteolitik aktivite analizi süt örneklerinde olduğu gibi spektrofotometrik olarak Church vd. (1983)'nin belirttiği yöntemle yapılmıştır.

Serum ayrılması

Örneklerdeki serum ayrılması miktarı Özdemir ve Kılıç (2004)'in bildirdiği yöntemle gerçekleştirilmiştir. 100 mL'lik mezürlere 50 mL ayran örneği konularak 4°C'deki serum ayrılmaları tespit edilmiştir.

Reoloji

Örneklerin reolojik ölçümleri Brookfield R/S plus reometre (Brookfield, Middleboro, MA, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde double gap concentric cylinder geometry (DG 3) kullanılmıştır. Örneklerin reolojik özellikleri, çıkış ve iniş eğrilerine ait veriler kullanılarak, akışkan tipi Rheo 3000 (Rheotec Messtechnik GmbH, Berlin, Almanya) yazılımı ile belirlenmiştir. Çıkış viskozite/kayma hızı eğrisindeki 50 1/s kayma hızındaki değer, Köksoy ve Kılıç (2004)'a göre örneklerin görünür viskozite değerleri olarak alınmıştır.

Laktoz miktarı

Kontrol ve laktoz içeriği azaltılmış ayran örneklerinin laktoz miktarı süt örneklerinde olduğu gibi HPLC cihazı ile Anonymous (2007)'de bildirilen yöntemle yapılmıştır.

Ayran örneklerinde kurumadde, yağ, protein ve kül analizleri 4°C'de depolamanın ilk gününde; titrasyon asitliği, pH, proteolitik aktivite, serum ayrılması, laktoz miktarı ve reolojik parametreleri belirlemeye yönelik analizler 4°C'de depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde yapılmıştır.

3.3.2. Mikrobiyolojik analizler

Ayran örneklerine ait mikrobiyolojik analizler depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde gerçekleştirilmiştir.

***Lactobacillus delbrueckii subps. bulgaricus* sayımı**

Lactobacillus delbrueckii subps. bulgaricus sayımı için pH değeri 6.5'e ayarlanmış MRS agar besiyeri kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan dökme plak yöntemi ile ekim yapılarak petri kutuları anaerobik ortamda 37°C'de 72 saat süreyle inkübe edilmiştir (Anonymous 2003).

***Streptococcus thermophilus* sayımı**

Streptococcus thermophilus sayımında %1 laktoz ilave edilmiş M-17 agar besiyeri kullanılmıştır. Uygun dilüsyonların her birinden besiyerine dökme plak yöntemi ile ekim yapılmış ve petri kutuları 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır (Dave ve Shah 1996).

3.3.3. Duyusal analizler

Ayran örneklerinin duyusal değerlendirilmesi, Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisansüstü öğrencilerinden oluşturulan 11 kişilik panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Duyusal analiz, farklı oranlarda tuz içeriğine sahip olan (%0.3, %0.6, %0.9), laktoz içeriği azaltılmamış sütlerden üretilen kontrol ayran örnekleri ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örnekleri ile referans ayran örneğinin (Referans ayran örneği puanı=4) karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Duyusal analizi gerçekleştiren panelistlerden ayran örneklerine 1 ile 7 arasında puan vermeleri istenmiştir. Referans olarak kullanılan ayran, Yörükoğlu Süt ve Süt Ürünleri San. Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Duyusal analizde Tomaschunas (2013) ve Folkenberg vd. (2006)'den modifiye edilerek hazırlanan Çizelge 3.3.'de verilen puan kartı kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Ayran örneklerinin duyusal niteliklerinin saptanmasında kullanılan duyusal analiz formu.

İsim: _____ Tarih: .../.../...

Özellik	Nitelik	Örnek Adı					
Görünüş	Renk						
	Viskoz Yapı						
	Kumlu Yapı						
	Serum Ayrılması						
Tat	Ekşilik						
	Tatlılık						
	Tuzluluk						
	Kötü Tat						
Tekstür	Viskoz Yapı						
	Kremsi Yapı						
	Yağ Hissi						
	Pütürlülük						
	Kaygan Yapı						

7 Puan= Aşırı fazla
6 Puan= Çok fazla
5 Puan= Fazla
4 Puan= Referans
3 Puan= Az
2 Puan= Çok az
1 Puan= Aşırı az

3.3.4. İstatiksel analizler

Araştırma 2 tekerrürlü yapılmış olup, analizler paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmalar varyans analizine tabi tutulmuş ve farklı bulunan sonuçlar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır (Düzgüneş vd. 1987).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

4.1.1. Ayran üretiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi

Ayran üretiminde kullanılan çiğ sütlere ait ortalama kurumadde, yağ, protein, kül, proteolitik aktivite, laktoz, glikoz, galaktoz, pH ve titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ayran üretiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi

	Çiğ süt
Toplam kurumadde (%)	11.63±0.01*
Kül (%)	0.70±0.00
Yağ (%)	3.35±0.07
Protein (%)	3.06±0.03
pH	6.63±0.01
Titrasyon asitliği (% laktik asit)	0.20±0.01
Proteolitik aktivite	0.14±0.01
Laktoz miktarı (%)	4.19±0.02
Glikoz miktarı (%)	te**
Galaktoz miktarı (%)	te**

*Sonuçlar ortalama değer ± standart sapma olarak verilmiştir. **te: Tespit edilemedi.

İçilebilir nitelikteki su ile toplam kurumaddesi %8’e standardize edilmiş laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerin ortalama kurumadde, yağ, protein, kül, laktoz, glikoz ve galaktoz miktarları ile proteolitik aktivite, pH ve titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ayran üretiminde kullanılmak üzere standardize edilen ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılan çiğ sütün bileşimi

	Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süt	Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süt
Toplam kurumadde (%)	8.11±0.15*	8.00±0.06
Kül (%)	0.79±0.01	0.78±0.00
Yağ (%)	2.35±0.07	2.20±0.00
Protein (%)	2.18±0.01	2.15±0.00
pH	6.88±0.01	6.75±0.01
Titrasyon asitliği (% laktik asit)	0.11±0.01	0.11±0.01
Proteolitik aktivite	0.10±0.01	0.09±0.00
Laktoz miktarı (%)	1.37±0.01	0.30±0.00
Glikoz miktarı (%)	0.82±0.02	1.35±0.04
Galaktoz miktarı (%)	1.10±0.03	1.75±0.08

*Sonuçlar ortalama değer ± standart sapma olarak verilmiştir.

4.2. Ayran Örneklerine Ait Analiz Sonuçları

4.2.1. Ayran örneklerinin kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları

Ayran örneklerine ait ortalama kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen, %0.3 oranında tuz içeren ayran örneklerinin ortalama kurumadde miktarlarının %8.24 ile %8.46 arasında, ortalama protein miktarlarının %2.13 ile %2.19 arasında ve ortalama kül değerlerinin %0.76 ile %0.78 arasında değiştiği, ortalama yağ miktarının ise %2.4 olduğu tespit edilmiştir.

Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen, %0.6 oranında tuz içeren ayran örneklerinin ortalama kurumadde miktarlarının %8.58 ile %8.81 arasında, ortalama protein miktarlarının %2.13 ile %2.15 arasında ve ortalama kül değerlerinin %1.05 ile %1.08 arasında değiştiği, ortalama yağ miktarlarının ise %2.4 olduğu saptanmıştır.

Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen, %0.9 oranında tuz içeren ayran örneklerinin ortalama kurumadde miktarlarının %8.76 ile %9.00 arasında, ortalama protein miktarlarının %2.12 ile %2.17 arasında ve ortalama kül değerlerinin %1.35 ile %1.39 arasında değiştiği, ortalama yağ miktarlarının ise %2.4 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Ayran örneklerine ait ortalama kurumadde (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) değerleri

Tuz (%)	Örnekler*	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
0.3	Kontrol	8.46±0.01	2.4±0.00	2.19±0.01	0.78±0.00
	%50	8.25±0.05	2.4±0.07	2.17±0.02	0.78±0.00
	%100	8.24±0.01	2.4±0.07	2.13±0.03	0.76±0.02
0.6	Kontrol	8.81±0.04	2.4±0.00	2.13±0.06	1.08±0.02
	%50	8.71±0.11	2.4±0.07	2.13±0.01	1.07±0.00
	%100	8.58±0.01	2.4±0.07	2.15±0.03	1.05±0.00
0.9	Kontrol	9.00±0.01	2.4±0.07	2.17±0.02	1.39±0.00
	%50	8.94±0.08	2.4±0.00	2.12±0.00	1.35±0.03
	%100	8.76±0.08	2.4±0.07	2.15±0.02	1.37±0.01

***Kontrol:** Laktoz içeriği azaltılmayan süttten üretilen ayran örneği, **%50:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ayran örneği, **%100:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ayran örneği.

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde tam yağlı ayran için, yağsız kurumaddenin en az %6.0, yağ oranının en az %1.8 ve protein oranının en az %2.0 olması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmamızda üretilen ayran örneklerinin kurumadde, yağ ve protein değerleri, söz konusu tebliğde belirtilen kriterleri karşılamaktadır.

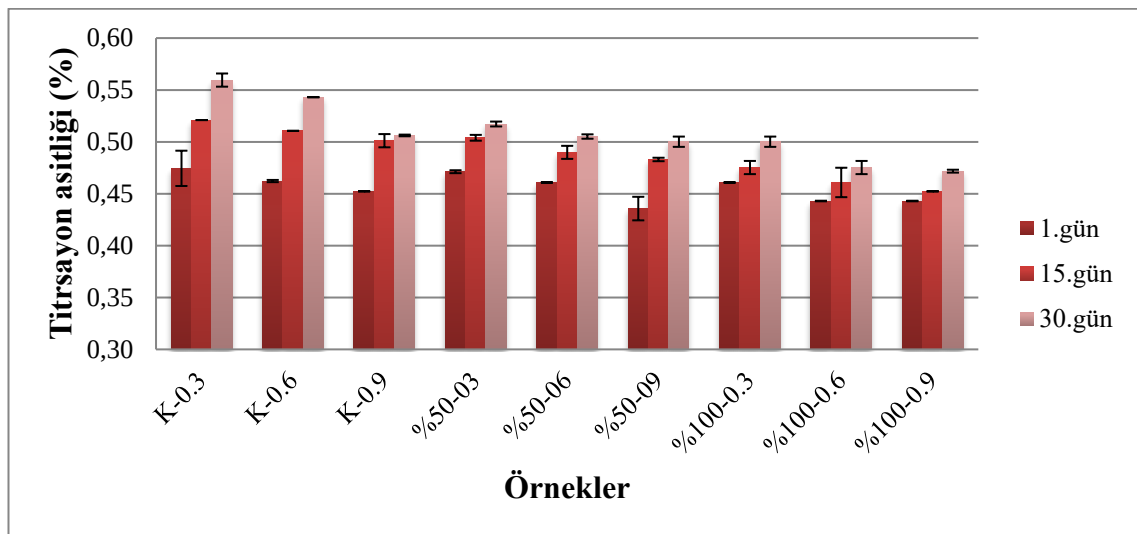
4.2.2. Ayran örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri

Ayran örneklerinin ortalama titrasyon asitliği değerleri (%laktik asit cinsinden) ve bu değerlerin depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde; ayran örneklerinin depolamanın ilk günü sonunda ortalama titrasyon asitliği değerleri %0.44 ile %0.47, 15. gün sonunda %0.45 ile %0.52 ve 30. gün sonunda %0.47 ile %0.56 arasında değiştiği belirlenmiştir. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4.4. Ayran örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri (%)

Örnek Çeşidi	1. gün	15. gün	30. gün
K-0.3	0.47±0.02	0.52±0.00	0.56±0.01
K-0.6	0.46±0.00	0.51±0.00	0.54±0.00
K-0.9	0.45±0.00	0.50±0.01	0.51±0.00
%50-0.3	0.47±0.00	0.50±0.00	0.52±0.00
%50-0.6	0.46±0.00	0.49±0.01	0.51±0.00
%50-0.9	0.44±0.01	0.48±0.00	0.50±0.00
%100-0.3	0.46±0.00	0.48±0.01	0.50±0.00
%100-0.6	0.44±0.00	0.46±0.01	0.48±0.01
%100-0.9	0.44±0.00	0.45±0.00	0.47±0.00

K-0.3: Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **K-0.6:** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **K-0.9:** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.3:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.6:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.9:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.3:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.6:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.9:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği.



Şekil 4.1. Laktoz içeriği azaltılmamış sütten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri

Ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı ve depolama zamanının ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen titrasyon asitliği değerlerine (%) ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Titrasyon asitliği (%)		
	S.D.	K.O.	F
Laktoz içeriğinin azalma oranı (LO)	2	0.00721667	205.11***
Tuz oranı (TO)	2	0.00337222	95.84***
Depolama zamanı (D)	2	0.01360556	386.68***
LO x TO	4	0.00004722	1.34
LO x D	4	0.00073056	20.76***
TO x D	4	0.00005278	1.50
LO x TO x D	8	0.00010278	2.92*
Hata	27	0.00003519	

*P <0.05 ***P <0.001

Ayran örneklerine ait titrasyon asitliği değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde ayran örneklerinin laktoz içeriğinin azalma oranı arttıkça örneklerin titrasyon asitliği değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte ayran örneklerine ilave edilen tuz oranındaki artışa bağlı olarak titrasyon asitliği değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Çalışmada, üretilen ayran örneklerinin depolama süresince titrasyon asitliği değerlerinin arttığı ve bu değerlerdeki söz konusu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen titrasyon asitliği değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Laktoz içeriğinin azalma oranı (%)	Titrasyon asitliği (%)
Kontrol*	0.50±0.04 a**
50	0.49±0.05 b
100	0.46±0.04 c
Tuz oranı (%)	
0.3	0.50±0.03 a
0.6	0.48±0.05 b
0.9	0.47±0.05 c
Depolama zamanı (Gün)	
1	0.45±0.02 c
15	0.49±0.02 b
30	0.51±0.04 a

*Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ayran örneği

** Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Wolf vd. (2015) laktaz enzimi kullanarak laktoz içeriği azaltılan süttten yoğurt üretimi yaptıkları çalışmada, fermantasyon sırasında ve depolama sürecinde (5°C’de 21 gün) yoğurt örneklerinde laktoz içeriği, pH, titrasyon asitliği ve uçucu bileşiklerde meydana gelen değişimleri araştırmışlardır. Çalışmada kontrol grubunu, enzim ilave edilmeyen süttten üretilen yoğurt (C yoğurdu) oluşturmuştur. Fermantasyon işlemi sonunda üretimlerinde kullanılan sütlere göre, C yoğurdunun laktoz içeriğinde %10 ile %13 arasında bir azalma olduğu belirlenirken, E yoğurdunun (laktoz içeriği azaltılmış süttten üretilen yoğurt örneği) laktoz içeriğinde %75 ile %78 arasında bir azalma tespit edilmiştir. Çalışmada, E ve C yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ($P>0.05$).

Laktoz ve galaktoz intoleranslı bireylerin tüketimine yönelik fermente süt ürünlerinin geliştirilmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir başka çalışmada, yarım yağlı konvansiyonel UHT süt (kontrol örnek üretiminde kullanılan süt) ve yarım yağlı laktozsuz UHT süt kullanılarak ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Kontrol ayran örneğinin titrasyon asitliği değerlerinin (%laktik asit cinsinden) depolamanın 1., 10., 20. ve 30. günlerinde sırasıyla 0.84, 0.93, 1.04 ve 1.00 olduğu saptanmıştır. Laktozsuz süttten üretilen ayran örneğinin titrasyon asitliği değerlerinin depolamanın 1., 10., 20. ve 30. günlerinde sırasıyla 0.82, 0.90, 0.91 ve 0.96 olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince yapılan titrasyon asitliği analizi sonucu, laktozsuz süttten üretilen ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin kontrol ayran örneklerine göre düşük olduğu belirlenmiştir (Tonguç 2012). Çalışmamızda da laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin kontrol ayran örneklerinden düşük olduğu tespit edilmiş olup çalışmamız Tonguç (2012) tarafından yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. Tonguç (2012)’un çalışmasında tespit etmiş olduğu titrasyon asitliği değerlerinin, çalışmamızda elde edilen ayran örneklerine ait titrasyon asitliği değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumun ayran üretimlerinde kullanılan starter kültürlerin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Laktaz enzimi kullanılarak laktoz içeriği azaltılan sütlardan içilebilir yoğurt üretimi yapılan bir çalışmada, 0.15, 0.25 ve 0.40 g/L oranlarında laktaz enzimi 48 g/kg laktoz içeriğine sahip süte ilave edilerek 42°C’de 4 saat boyunca bekletilmiştir. Çalışmanın kontrol grubunu, laktoz içeriği azaltılmamış sütlardan üretilen içilebilir yoğurt örnekleri oluşturmuştur. Kontrol içilebilir yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin, enzim ilave edilmiş süttten üretilen içilebilir yoğurt örneklerine göre ($P<0.05$) önem düzeyinde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, depolama süresince içilebilir ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin arttığı saptanmıştır (Venica vd. 2013).

Gündüz (2010), model sistemlerinde laktik asit bakterileri üzerine stres faktörlerinin etkisini araştırdığı çalışmasında, yağsız süttözundan hazırlanmış %10 kurumaddeli sütlere %0-7 aralığındaki konsantrasyonlarda NaCl ilave etmiştir. Çalışmada, 16 saat inkübasyona bırakılan bakterilerin bulunduğu M17 ve MRS sıvı besiyerlerinden %3 oranında inokülasyon yapılmış ve inkübasyona bırakarak *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşunun bu ortamdaki gelişimi takip edilmiştir. Çalışmada NaCl ilave edilmemiş gelişme ortamı kontrol örneği olarak kabul edilmiştir. NaCl ilave edilmemiş kontrol örneği ile %1, %2, %3, %4, %5, %6 ve %7 oranlarında NaCl ilave edilmiş örneklerin titrasyon asitliği değerlerinin sırasıyla %0.51,

%0.51, %0.52, %0.48, %0.46, %0.45, %0.44 ve %0.42 olduğu tespit edilmiştir. Süte %3 ve üzerindeki konsantrasyonlarda NaCl ilave edilmesinin bakteriler üzerinde osmotik strese sebep olduğu ve örneklerin pH değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Araştırmacı, pH değerlerindeki söz konusu artışın %3'ün üzerindeki NaCl ilavesinde *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un gelişiminin azalmasından kaynaklandığını bildirmiştir. Çalışmamızda da örneklerle ilave edilen tuz oranının artmasıyla *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un sayısının azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.27). Ayran örneklerinde tuz oranının artması ile titrasyon asitliği değerlerinde tespit edilen artış, Gündüz (2010)'ün yapmış olduğu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Ankara piyasasından temin edilen ayranların bileşiminin tespitine yönelik yapılan bir çalışmada ayranların titrasyon asitliği değerlerinin laktik asit cinsinden %0.45 ile %1.80 arasında olduğu saptanmıştır (Uraz ve Aksoy 1975). Ağaoğlu vd. (1998), Van'da açık olarak tüketime sunulan ayranların mikrobiyal ve kimyasal kalite kriterlerini araştırdıkları çalışmalarında ayranların titrasyon asitliği değerlerinin % laktik asit cinsinden %0.21 ile %0.81 arasında olduğunu saptamışlardır. Özünlü (2005), ayran üretiminde kullanılan sütün farklı normlarda ısıtılma tabi tutulmasının, farklı inkübasyon sonlandırma pH'larının ve farklı basınçlarda uygulanan homojenizasyon işleminin ayran kalitesi üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmada, tüm örneklerde titrasyon asitliği değerlerinin %0.50 ile %0.82 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Çalışmamızda elde edilen titrasyon asitliği değerlerinin Uraz ve Aksoy (1975), Ağaoğlu vd. (1998) ve Özünlü (2005)'nün ayran örneklerinde elde ettikleri titrasyon asitliği değerleri ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Farklı starter kültürler kullanılarak üretilen ayran örneklerinin kalite özelliklerinin incelendiği farklı bir çalışmada 21 günlük depolama süresince titrasyon asitliği değerleri ölçülmüştür. Ayran örneklerinde en düşük titrasyon asitliği değerleri %0.49 ve en yüksek titrasyon asitliği değeri %0.73 olarak tespit edilmiştir. Ayran örneklerinin depolama süresi boyunca titrasyon asitliği değerlerindeki artışın istatistiksel olarak önemli olduğu ($P<0.05$) belirtilmiştir (Polat 2009). Çalışmamız sonucunda elde edilen verilere benzer şekilde, Polat (2009) ve Venica vd. (2013) de çalışmalarında depolama süresince örneklerin titrasyon asitliği değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir.

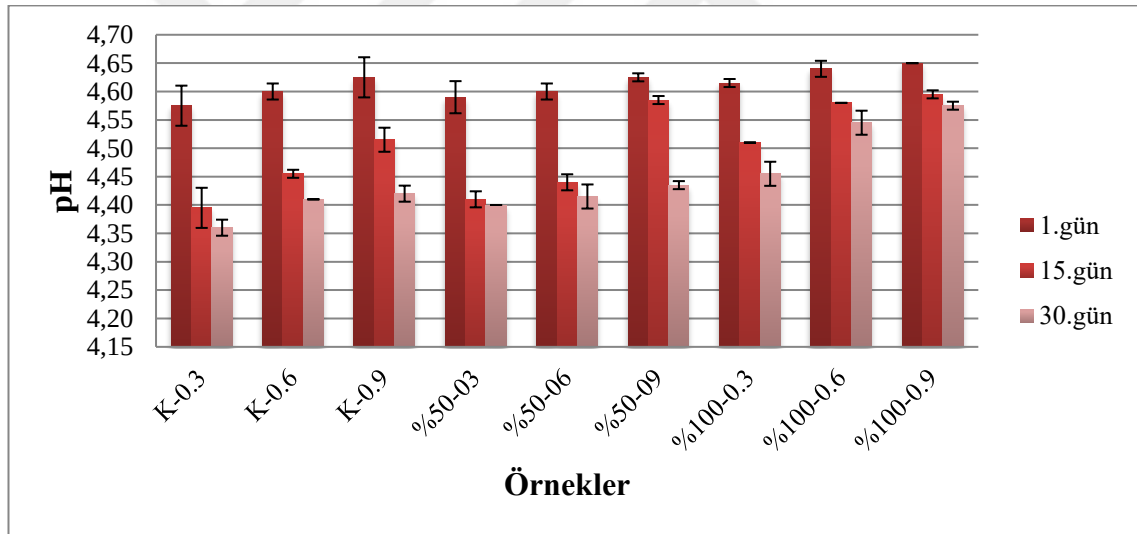
4.2.3. Ayran örneklerine ait pH değerleri

Ayran örneklerinin ortalama pH değerleri ve bu değerlerin depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde, 30 günlük depolama süresince üç farklı zamanda yapılan pH analizlerinde ayran örneklerinde belirlenen değerlerin 1. gün sonunda 4.58 ile 4.65, 15. gün sonunda 4.40 ile 4.60 ve 30. gün sonunda 4.36 ile 4.58 arasında değiştiği belirlenmiştir. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama pH değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.2'de görülmektedir

Çizelge 4.7. Ayran örneklerine ait pH değerleri

Örnek Çeşidi	1. gün	15. gün	30. gün
K-0.3	4.58±0.04	4.40±0.04	4.36±0.01
K-0.6	4.60±0.01	4.46±0.01	4.41±0.00
K-0.9	4.63±0.04	4.52±0.02	4.42±0.01
%50-0.3	4.59±0.03	4.41±0.01	4.40±0.00
%50-0.6	4.60±0.01	4.44±0.01	4.42±0.02
%50-0.9	4.63±0.01	4.59±0.01	4.44±0.01
%100-0.3	4.62±0.01	4.51±0.00	4.46±0.02
%100-0.6	4.64±0.01	4.58±0.00	4.55±0.02
%100-0.9	4.65±0.00	4.60±0.01	4.58±0.01

K-0.3: Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **K-0.6:** Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **K-0.9:** Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.3:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.6:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.9:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.3:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.6:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.9:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği.

**Şekil 4.2.** Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış süttlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama pH değerleri

Ayran örneklerinin pH değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarının (laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı, depolama süresi) örneklerin pH değerleri üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	p H		
	S.D.	K.O.	F
Laktoz içeriğinin azalma oranı (LO)	2	0.04145741	138.19****
Tuz oranı (TO)	2	0.02842407	94.75****
Depolama zamanı (D)	2	0.13174630	439.15****
LO x TO	4	0.00101852	3.40*
LO x D	4	0.00408241	13.61****
TO x D	4	0.00322407	10.75****
LO x TO x D	8	0.00123935	4.13**
Hata	27	0.00030000	

*P <0.05 **P <0.01 ***P <0.001

Ayran örneklerine ait pH değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde laktoz içeriğinin azalma oranı arttıkça örneklerin pH değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte ilave edilen tuz oranındaki artışa bağlı olarak pH değerlerinin artış gösterdiği saptanmıştır. Depolama süresince ayran örneklerinin pH değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Söz konusu değerdeki düşüşün, ayran örneklerinde bulunan bakterilerin faaliyetlerinin depolama süresince devam etmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.9. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Laktoz içeriğinin azalma oranı (%)	p H
Kontrol*	4.48±0.10 c**
50	4.50±0.09 b
100	4.57±0.06 a
Tuz oranı (%)	
0.3	4.48±0.09 c
0.6	4.52±0.09 b
0.9	4.56±0.08 a
Depolama zamanı (Gün)	
1	4.61±0.03 a
15	4.50±0.08 b
30	4.45±0.07 c

*Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ayran örneği

**Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Laktaz enzimi kullanılarak laktoz içeriği azaltılan sütlerden içilebilir yoğurt üretimi yapılan bir çalışmada, laktoz içeriği azaltılmamış süt kullanılarak üretilen içilebilir yoğurt örneği ve 0.15 g/L enzim içeren süttten üretilen içilebilir yoğurt örneklerinin pH değerlerinin, 0.25 ve 0.40 g/L enzim içeren sütlerden üretilen içilebilir yoğurt örneklerine göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Çalışmada genel olarak laktoz

parçalanma oranının artmasıyla pH değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Depolama süresince içilebilir yoğurt örneklerinin pH değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Venica vd. 2013). Laktoz ve galaktoz intoleranslı bireylerin tüketimine yönelik fermente süt ürünlerinin geliştirilmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir başka çalışmada, yarım yağlı konvansiyonel UHT süt (kontrol örnek üretiminde kullanılan süt) ve yarım yağlı laktozsuz UHT süt kullanılarak ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Laktozsuz süttten üretilen ayranın pH değeri 30 günlük depolama süresince 4.43'ten 4.18'e düşerken, kontrol grubu ayran örneğinin pH değerinin 4.36'dan 4.10'a düştüğü tespit edilmiştir. Laktozsuz süttten üretilen ayran örneğinin pH değerinin kontrol grubu ayran örneğine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tonguç 2012). Yapılan iki farklı çalışma da, laktoz içeriği azaltılmış süt kullanılarak üretilen ayran örneklerinin pH değerlerinin laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ayran örneklerine göre yüksek bulunması bakımından çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

Köksoy ve Kılıç (2003), tuz miktarının ayranın reolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla ayran örneklerini 2 farklı seyreltme oranı (%30 ve %50) ve 3 farklı tuz konsantrasyonu (%0, %0.5 ve %1) kullanarak üretmişlerdir. Seyreltme oranı %30 olan ve %0.0, %0.5 ve %1 oranlarında tuz ilave edilerek üretilen ayran örneklerinin ortalama pH değerlerinin sırasıyla 4.2, 4.2, 4.1 olduğu, seyreltme oranı %50 olan ve %0.0, %0.5 ve %1 oranlarında tuz ilave edilerek üretilen ayran örneklerinin tümünde ortalama pH değerinin 4.2 olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada farklı oranlarda tuz ilave edilerek üretilen ayran örneklerinin pH değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. İlave edilen tuz miktarının pH değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığına tespit edildiği bu çalışma ile çalışmamızda elde edilen bulgular farklılık göstermektedir.

Gündüz (2010), model sistemlerinde laktik asit bakterileri üzerine stres faktörlerinin etkisini araştırdığı çalışmasında, yağsız süttozundan hazırlanmış %10 kurumaddeli sütlere %0-7 aralığındaki konsantrasyonlarda NaCl ilave etmiştir. Çalışmada, 16 saat inkübasyona bırakılan bakterilerin bulunduğu M17 ve MRS sıvı besiyerlerinden %3 oranında inokülasyon yapılmış ve inkübasyona bırakarak *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un bu ortamdaki gelişimi takip edilmiştir. NaCl ilave edilmemiş gelişme ortamı kontrol örneği olarak kabul edilmiştir. NaCl ilave edilmemiş kontrol örneği ve %1, %2, %3, %4, %5, %6 ve %7 oranlarında NaCl ilave edilmiş örneklerin pH değerlerinin sırasıyla 5.20, 5.18, 5.16, 5.26, 5.32, 5.37, 5.41 ve 5.44 olduğu tespit edilmiştir. Süte %3 ve üzerindeki konsantrasyonlarda NaCl ilavesi ile örneklerin pH değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Araştırmacı, söz konusu artışın %3'ün üzerindeki NaCl konsantrasyonlarında *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un gelişiminin azalmasından kaynaklandığını bildirmiştir. Örneklerle ilave edilen NaCl konsantrasyonlarına bağlı olarak pH değerlerinde gözlemlenen değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($P<0.01$). Çalışmamızda örneklerle ilave edilen tuz oranının artmasıyla pH değerlerinde tespit edilen artışın Gündüz (2010)'ün yapmış olduğu çalışma ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Farklı starter kültür kullanılarak üretilen ayranların kalite özelliklerinin incelendiği bir araştırmada, üç farklı starter kültür ile üretilen ayran örneklerinin 21 günlük depolama süresince pH değerleri ölçülmüştür. En yüksek pH değeri depolamanın 1. gününde 4.64 olarak, en düşük pH değeri ise depolamanın 21. gününde 3.83 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada, depolama süresince ayran örneklerinin pH

değerlerinin azaldığı belirtilmiştir (Polat 2009). İnsan orijinli probiyotik bakteriler kullanılarak probiyotik ayran üretiminin araştırıldığı bir başka çalışmada; örneklerin ortalama pH değerlerinin depolamanın 1. gününde 4.45, depolamanın 21. gününde ise 3.59 olduğu saptanmıştır (Kuş 2010). Polat (2009) ve Kuş (2010)'un yapmış oldukları çalışmalardan elde edilen bulgular ile çalışmamızdan elde edilen bulgular benzerlik göstermektedir.

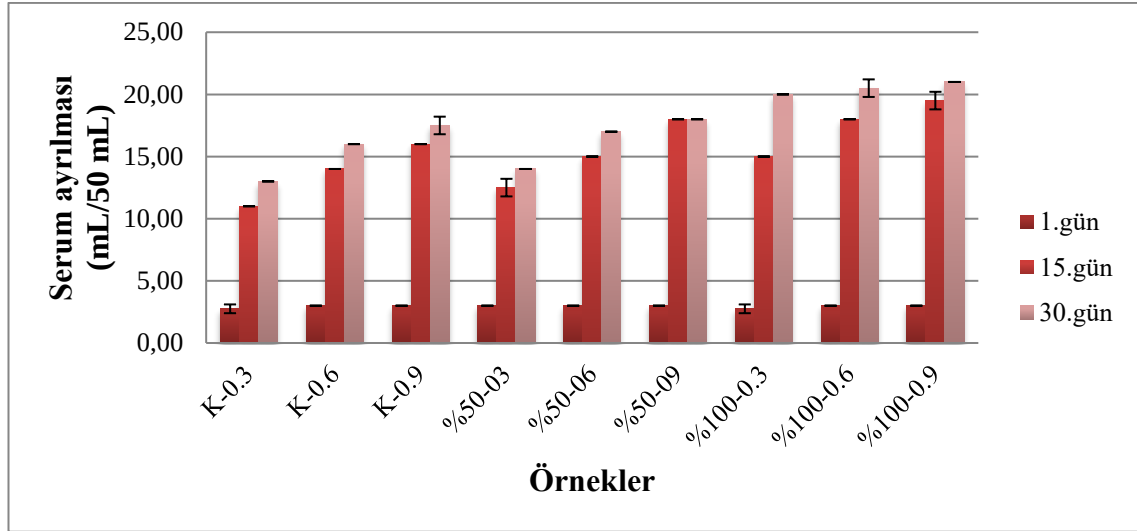
4.2.4. Ayran örneklerine ait serum ayrılması değerleri

Depolama süresince ayran örneklerinde belirlenen serum ayrılması değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Örneklerle ait ortalama serum ayrılması değerleri depolamanın ilk gününde 2.8 ile 3.0 mL/50 mL, 15. gün sonunda 11.0 ile 19.5 mL/50 mL ve 30. gün sonunda 13.0 ile 21.0 mL/50 mL arasında değiştiği belirlenmiştir. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.3'te görülmektedir.

Çizelge 4.10. Ayran örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerleri (mL/50 mL)

Örnek Çeşidi	1. gün	15. gün	30. gün
K-0.3	2.8±0.35	11.0±0.00	13.0±0.00
K-0.6	3.0±0.00	14.0±0.00	16.0±0.00
K-0.9	3.0±0.00	16.0±0.00	17.5±0.71
%50-0.3	3.0±0.00	12.5±0.71	14.0±0.00
%50-0.6	3.0±0.00	15.0±0.00	17.0±0.00
%50-0.9	3.0±0.00	18.0±0.00	18.0±0.00
%100-0.3	2.8±0.35	15.0±0.00	20.0±0.00
%100-0.6	3.0±0.00	18.0±0.00	20.5±0.71
%100-0.9	3.0±0.00	19.5±0.71	21.0±0.00

K-0.3: Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **K-0.6:** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **K-0.9:** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.3:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.6:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.9:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.3:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.6:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.9:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği.



Şekil 4.3. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerleri

Ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı ve depolama zamanının ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması değerlerine (mL/50 mL) ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Serum ayrılması (mL/50 mL)		
	S.D.	K.O.	F
Laktoz içeriğinin azalma oranı (LO)	2	41.680556	500.17***
Tuz oranı (TO)	2	35.388889	424.67***
Depolama zamanı (D)	2	1111.500000	13338.0***
LO x TO	4	0.861111	10.33***
LO x D	4	11.888889	142.67***
TO x D	4	9.055556	108.67***
LO x TO x D	8	0.715278	8.58***
Hata	27	0.083333	

***P < 0.001

Ayran örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde laktoz içeriğinin azaltılma oranı arttıkça ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek serum ayrılması değerinin laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış ayran örneklerine ait olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte ayran örneklerine ilave edilen tuz oranının artmasına bağlı olarak serum ayrılması değerlerinin de artış gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.12. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Laktoz içeriğinin azalma oranı (%)	Serum ayrılması (mL/50 mL)
Kontrol*	10.69±5.95 c**
50	11.50±6.43 b
100	13.64±7.99 a
Tuz oranı (%)	
0.3	10.44±6.04 c
0.6	12.17±6.90 b
0.9	13.22±7.56 a
Depolama (Gün)	
1	2.94±0.16 c
15	15.44±2.68 b
30	17.44±2.73 a

*Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ayran örneği

**Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Nagaraj vd. (2009), laktoz içeriği azaltılmış süttten yoğurt üretiminde laktoz hidroliz seviyelerini standartlaştırmak ve laktoz hidrolizinin yoğurdun fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada, laktoz içeriği azaltılmamış süt (kontrol grubu yoğurt örneklerinin üretiminde kullanılan süt) ve laktoz içeriği %50, %70 ve %90 oranlarında azaltılmış sütler kullanılarak yoğurt üretimi gerçekleştirmişlerdir. Yoğurt örnekleri arasında laktoz hidroliz derecesindeki artışa bağlı olarak serum ayrılması değerlerinin arttığı ($P<0.05$) saptanmıştır. Söz konusu çalışmada ayran örneklerinde üretiminde kullanılan sütteki laktoz hidroliz oranının artmasına bağlı olarak serum ayrılması değerlerinde tespit edilen artışın, çalışmamızdan elde edilen bulgular ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Köksoy ve Kılıç (2003), tuz miktarının ayranın reolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla ayran örneklerini 2 farklı seyreltme oranı (%30 ve %50) ve 3 farklı tuz konsantrasyonu (%0, %0.5 ve %1) kullanarak ayran üretmişler ve örnekleri 4°C'de 14 gün süresince depolamışlardır. Araştırmacılar, tuz ilavesinin artması ile ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Çalışmada, 30 g/100 g su ilave edilmiş %0.0, %0.5 ve %1.0 oranlarında tuz içeren ayran örneklerinin ortalama serum ayrılması değerlerinin sırasıyla 1, 4, 5 mL/50 mL olduğu tespit edilmiştir. 50 g/100 g su ilave edilmiş %0, %0.5 ve %1 oranlarında tuz içeren ayran örneklerinin ortalama serum ayrılması değerlerinin sırasıyla ortalama 4, 7, 13 mL/50 mL olduğu saptanmıştır. Schkoda vd. (1999), ayran üretiminde NaCl ilavesinin artmasıyla tuz iyonlarının misellerin yüzeyinde itici kuvvet oluşturmaları sonucu kazein misellerinin birikme eğiliminde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bu durumun ayranın serum ayrılması değerinin artmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu durum çalışmamızda elde edilen sonuçları destekleyici niteliktedir.

Türkmen vd. (2017), ayran üretiminde kullanılan çiğ süttün kurumadde standardizasyonunda farklı oranlarda (su yerine seyreltme sıvısının %25, %50, %75 ve

%100'ü kadar) peyniraltı suyu (PAS) kullanmışlardır. Çalışmanın kontrol grubunu kurumadde standardizasyonunda içme suyu kullanılan ayran örnekleri oluşturmuştur. Çalışmada kontrol ayran örnekleri ve %25, %50 ve %75 oranlarında PAS ilave edilmiş ayran örneklerinin serum ayrılması, titrasyon asitliği, pH, görünür viskozite, kurumadde ve yağ analiz sonuçlarının benzer olduğu tespit edilmiştir. Kontrol ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri depolamanın 1., 7. ve 15. günlerinde sırasıyla 36.0, 47.0 ve 50.5 mL/100 mL olarak bulunmuştur. Araştırmacılar, ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin depolama süresince artış göstermesinin titrasyon asitliği değerlerinin artması sonucunda, ayran örneklerinin su tutma kapasitesinin azalmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda depolama süresi boyunca serum ayrılması değerlerinin arttığı saptanmış olup, söz konusu artış, Türkmen vd. (2017)'nin elde ettiği bulgular ile benzerlik göstermektedir.

4.2.5. Ayran örneklerine ait proteolitik aktivite değerleri

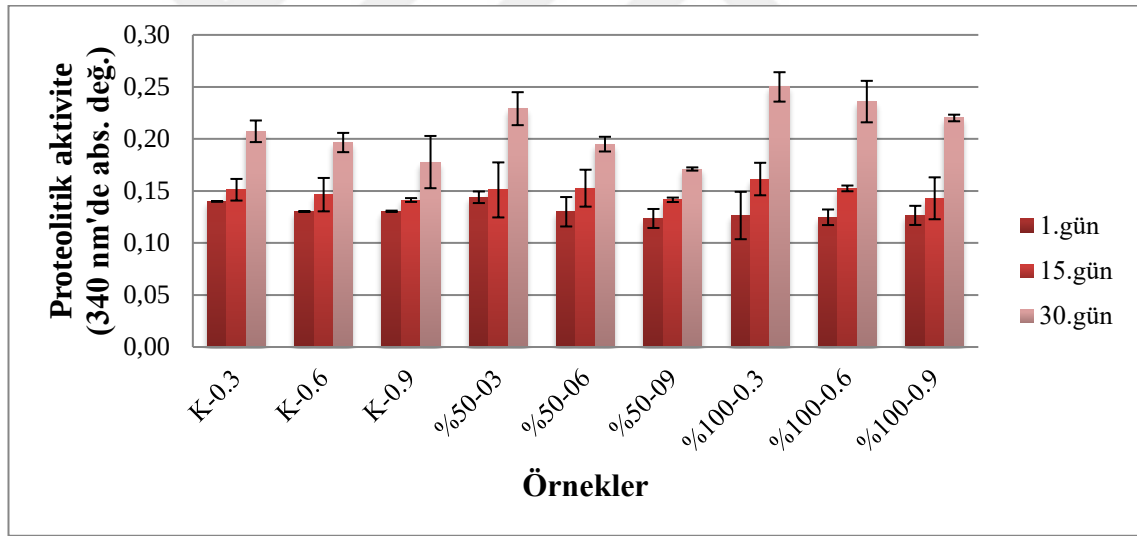
Proteolitik aktivite; starter kültürde bulunan mikroorganizma faaliyetleri ile oluşan, proteolitik enzimlerin etkisi sonucu proteinlerdeki parçalanmayı gösteren bir değerdir. Proteolitik aktivite, hem starter kültürlerin asit oluşturma fonksiyonu hem de ürünün duyuşal nitelikleri açısından önemlidir (Yüksekdağ ve Beyatlı 2003).

Depolama süresince ayran örneklerinde belirlenen proteolitik aktivite değerleri Çizelge 4.13'te verilmiştir. Örneklere ait ortalama proteolitik aktivite değerlerinin depolamanın ilk gününde 0.12 ile 0.14 (340 nm'de absorbans değeri), 15. gününde 0.14 ile 0.16 (340 nm'de absorbans değeri) ve 30. gününde 0.17 ile 0.25 (340 nm'de absorbans değeri) arasında değiştiği belirlenmiştir. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama proteolitik aktivite değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.4'te görülmektedir.

Çizelge 4.13. Ayrar örneklerine ait ortalama proteolitik aktivite değerleri (340 nm’de absorbands değeri)

Örnek Çeşidi	1. gün	15. gün	30. gün
K-0.3	0.14±0.00	0.15±0.01	0.21±0.01
K-0.6	0.13±0.00	0.15±0.02	0.20±0.01
K-0.9	0.13±0.00	0.14±0.00	0.18±0.03
%50-0.3	0.14±0.01	0.15±0.03	0.23±0.02
%50-0.6	0.13±0.01	0.15±0.02	0.20±0.01
%50-0.9	0.12±0.01	0.14±0.00	0.17±0.00
%100-0.3	0.13±0.02	0.16±0.02	0.25±0.01
%100-0.6	0.12±0.01	0.15±0.00	0.24±0.02
%100-0.9	0.13±0.01	0.14±0.02	0.22±0.00

K-0.3: Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **K-0.6:** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **K-0.9:** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.3:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.6:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.9:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.3:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.6:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.9:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği.



Şekil 4.4. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama proteolitik aktivite değerleri

Ayrar örneklerinin proteolitik aktivite değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, proteolitik aktivite değerleri üzerine incelenen ana varyasyon kaynaklarından laktoz içeriğinin azalma oranının $P<0.05$, tuz oranının $P<0.01$ ve depolama zamanının $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen proteolitik aktivite değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Proteolitik aktivite değeri (340 nm'de absorbands değeri)		
	S.D.	K.O.	F
Laktoz içeriğinin azalma oranı (LO)	2	0.00083889	4.58*
Tuz oranı (TO)	2	0.00180000	9.82**
Depolama zamanı (D)	2	0.03021667	164.82***
LO x TO	4	0.00011389	0.62
LO x D	4	0.00122222	6.67**
TO x D	4	0.00040833	2.23
LO x TO x D	8	0.00008056	0.44
Hata	27	0.00018333	

*P <0.05 **P <0.01 ***P <0.001

Ayran örneklerine ait ortalama proteolitik aktivite değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Çizelge 4.15 incelendiğinde, kontrol ayran örnekleri ile laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ayran örneklerinin proteolitik aktivite değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($P>0.05$). Ancak laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ayran örneklerinin proteolitik aktivite değerlerinin kontrol ayran örnekleri ve laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ayran örneklerinin proteolitik aktivite değerlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İlave edilen tuz oranının artırılmasına bağlı olarak ayran örneklerinin proteolitik aktivite değerlerinin azaltıldığı saptanmıştır. Depolama süresince ayran örneklerine ait proteolitik aktivite değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen proteolitik aktivite değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Laktoz içeriğinin azalma oranı (%)	Proteolitik aktivite (340 nm'de absorbands değeri)
Kontrol	0.16±0.03 b
50	0.16±0.03 b
100	0.17±0.05 a
Tuz oranı (%)	
0.3	0.17±0.04 a
0.6	0.16±0.04 b
0.9	0.15±0.03 c
Depolama zamanı (Gün)	
1	0.13±0.01 c
15	0.15±0.01 b
30	0.21±0.03 a

*Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ayran örneği

**Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Fermantasyonda kullanılan bakteriler gelişimlerini sürdürebilmek için aminoasitlere ihtiyaç duymaktadır. Bakteri faaliyetlerinin neden olduğu proteoliz sonucu meydana gelen parçalanma ürünleri, fermente süt ürünlerinde aroma bozulmalarına sebep olabilmektedir. Literatürde, proteolitik aktivitenin artmasının fermente süt ürünlerinin duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini gösteren birçok çalışma yer almaktadır (Koska 2007; Akbulut vd. 2010; Tonguç 2012).

Starter kültür bakterilerinin faaliyetleri sonucu proteinler aminoasitlere parçalanmakta ve oluşan parçalanma ürünleri bakterilerin çoğalma ve gelişmelerini teşvik etmektedir (Koska 2007). Rasic ve Kurmann (1978), proteolizin bakteri tür ve suşuna göre değiştiğini ve *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus*'un, *Streptococcus thermophilus*'tan daha fazla proteolitik aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda üretimlerinde %0.3, %0.6 ve %0.9 oranlarında tuz ilave edilerek üretilen ayran örneklerindeki tuz miktarı arttıkça *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısında azalma olduğu ($P<0.05$) belirlenirken, *Streptococcus thermophilus* sayısında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı ($P>0.005$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.27). Çalışmamızda ayran örneklerine ilave edilen tuz oranının artması ile proteolitik aktivite değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Söz konusu azalışın ayran örneklerindeki *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısındaki azalmadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Fermente süt ürünlerinde proteolitik aktivitenin tespit edilmesinde kullanılan bir başka yöntem de tirozin analizidir. Laktoz ve galaktoz intoleranslı bireylerin tüketimine yönelik fermente süt ürünlerinin geliştirilmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, yarım yağlı konvansiyonel UHT sütü (kontrol örneğin üretiminde kullanılan süt) ve yarım yağlı laktozsuz UHT sütü kullanılarak ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada proteoliz düzeyinin belirlenmesi amacıyla tirozin analizi yapılmıştır. Kontrol ayran örneklerinin tirozin değerlerinin depolamanın 1., 10., 20. ve 30. günlerinde sırasıyla 0.20, 0.19, 0.21 ve 0.19 olduğu tespit edilmiştir. Laktozsuz ayran örneklerinin tirozin değerlerinin depolamanın 1., 10., 20. ve 30. günlerinde sırasıyla 0.19, 0.24, 0.24 ve 0.23 olduğu saptanmıştır (Tonguç 2012). Laktozu azaltılmış süttten yoğurt üretimi yapılan bir başka çalışmada, laktoz içeriğini azaltmak amacıyla %0.1 (A), %0.2 (B) ve %0.3 (C) oranlarında enzim ilave edilen sütlerden yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın kontrol grubunu enzim ilave edilmemiş süttten üretilen yoğurt örnekleri (K) oluşturmuştur. K, A, B ve C yoğurt örneklerinin depolamanın 1. günündeki tirozin değerlerinin sırasıyla 0.19, 0.20, 0.21, 0.21, depolamanın 5. gününde sırasıyla 0.21, 0.22, 0.22, 0.23 ve depolamanın 10. gününde sırasıyla 0.22, 0.22, 0.23, 0.24 olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, yoğurt örneklerindeki laktoz parçalanma oranındaki artışa bağlı olarak ölçülen tirozin miktarında artış olduğu saptanmıştır (Yıldırım 2011). Çalışmamızda laktoz içeriğinin azalması ve depolama süresinin artması ile proteolitik aktivite değerinin artış göstermesi, söz konusu çalışmalarda elde edilen bulgular ile benzerlik arz etmektedir.

4.2.6. Ayran örneklerine ait görünür viskozite değerleri

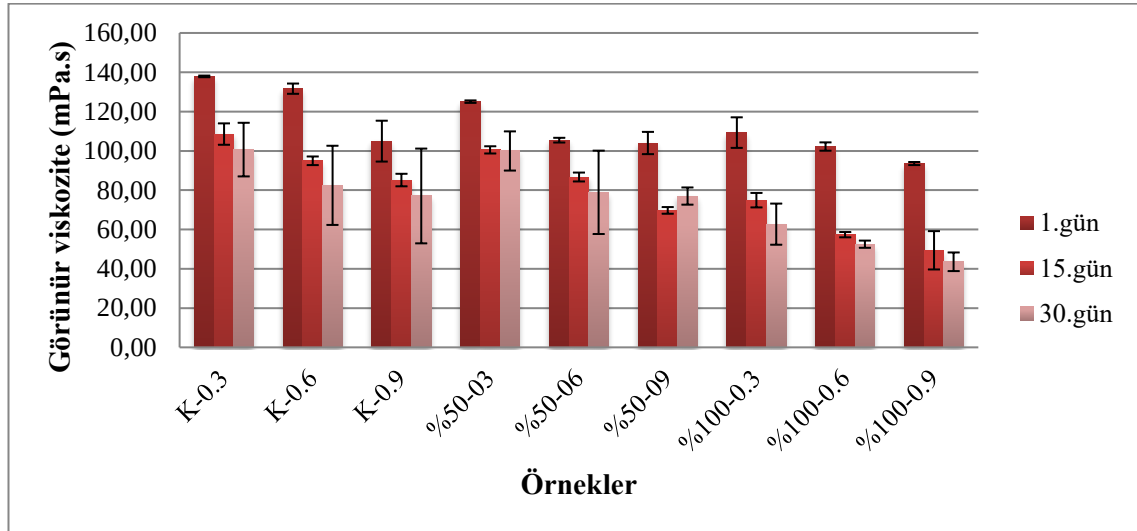
Viskozite; sıvıların, moleküllerini bir arada tutan etkileşim kuvvetleri ile akışkanı akmaya zorlayan dış kuvvetlere karşı gösterdiği dirençtir. Başka bir deyişle, sıvıda bulunan moleküllerin etkileşim kuvvetleri arttıkça sıvının viskozitesi de artmaktadır (Peker ve Helvacı 2003).

Ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri Çizelge 4.16’da verilmiştir. Örneklere ait görünür viskozite değerlerinin depolamanın ilk gününde 93.6 ile 137.9, 15. gününde 49.4 ile 108.6 ve depolamanın 30. gününde ise 43.6 ile 100.7 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.5’de görülmektedir.

Çizelge 4.16. Ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri (mPa.s)

Örnek Çeşidi	1. gün	15. gün	30. gün
K-0.3	137.9±0.4	108.6±5.4	100.7±13.6
K-0.6	131.7±2.6	95.0±2.2	82.5±20.2
K-0.9	105.0±10.4	85.2±3.2	77.1±24.1
%50-0.3	125.1±0.6	100.5±1.8	100.0±10.0
%50-0.6	105.5±1.2	86.7±2.3	78.9±21.2
%50-0.9	104.0±5.7	69.7±1.7	77.0±4.4
%100-0.3	109.3±7.8	74.9±3.7	62.7±10.47
%100-0.6	102.2±2.1	57.4±1.3	52.5±1.84
%100-0.9	93.6±0.8	49.4±9.8	43.6±4.74

K-0.3: Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **K-0.6:** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **K-0.9:** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.3:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.6:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.9:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.3:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.6:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.9:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği.



Şekil 4.5. Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri

Ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı ve

depolama zamanının ayran örneklerinin görünür viskozite değerleri üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen görünür viskozite değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Görünür viskozite değeri (mPa.s)		
	S.D.	K.O.	F
Laktoz içeriğinin azalma oranı (LO)	2	4581.75796	54.77***
Tuz oranı (TO)	2	2600.60685	31.09***
Depolama zamanı (D)	2	7413.27463	88.61***
LO x TO	4	37.74463	0.45
LO x D	4	216.84824	2.59
TO x D	4	28.08630	0.34
LO x TO x D	8	46.93699	0.56
Hata	27	83.65815	

***P <0.001

Ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılan sütlerden üretilen ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin, laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ayran örneklerine göre düşük olduğu saptanmıştır. Tuz içeriğinin artmasına bağlı olarak ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Depolama süresi uzadıkça ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.18. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen görünür viskozite değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Laktoz içeriğinin azalma oranı (%)	Görünür viskozite değeri
Kontrol*	102.589±16.37 a**
50	94.139±17.96 b
100	71.717±24.09 c
Tuz oranı (%)	
0.3	102.167±22.89 a
0.6	88.017±24.77 b
0.9	78.261±22.25 c
Depolama zamanı (Gün)	
1	112.672±15.07 a
15	80.800±17.37 b
30	74.972±21.54 b

*Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ayran örneği

**Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Ayran üretiminde fermentasyon; starter kültür aşılınmış süttün, ayran haline dönüşünceye kadar belirli bir sıcaklıkta bekletilmesi işlemidir. Fermentasyon süresince yoğurt bakterileri laktozu enzimatik yolla hidrolize ederek glikoz ve galaktoza dönüştürmektedir. Glikoz çeşitli aşamalardan geçerek laktik aside parçalanmaktadır.

Sütte asitliğin artması, kazeine başka bir deyişle kalsiyum-kazeinat-fosfat kompleksine trikalsiyum fosfat halinde bağlı bulunan kalsiyum ve fosforun çözünerek ayrılmasına neden olmaktadır. Asitlik pH 5.2-5.3 düzeyinde iken, kazein misellerinde destabilizasyon ve pıhtılaşma (jelleşme) başlamaktadır. pH değerindeki düşüşün devam etmesiyle ‘asit jel’ oluşumu gerçekleşmekte ve pH değeri kazeinin izoelektrik noktasına (pH 4.6) ulaştığında pıhtılaşma tamamlanmaktadır (Üçüncü 2005).

Lucey (2004), fermantasyon süresinin uzaması ile kazein misellerinin destabilizasyonuna bağlı olarak, pıhtılaşmanın daha yavaş gerçekleşmesinden dolayı ağ oluşumunun desteklendiğini ve bu nedenle elde edilen ürün viskozitesinin daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. O’Leary ve Woychik (1976)’in laktozu hidrolize edilmiş süttten *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* içeren starter kültür kullanarak ürettikleri yoğurtların fermantasyon sürelerinin kontrol yoğurtlarına göre daha kısa olduğunu tespit etmişlerdir.

Laktoz ve galaktoz intoleranslı bireylerin tüketimine yönelik fermente süt ürünlerinin geliştirilmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, konvansiyonel UHT süt kullanılarak üretilen ayranların (kontrol ayran örneği) görünür viskozite değerlerinin depolama süresince ortalama 1549.88 mPa.s olduğu, laktozsuz UHT süt kullanılarak üretilen ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin depolama süresince ortalama 1046.47 mPa.s olduğu tespit edilmiştir (Tonguç 2012). Schmidt vd. (2016) laktoz hidrolizinin geleneksel yoğurt ve Yunan usulü yoğurdun reolojik özellikleri üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, yoğurtların üretimini 5 farklı starter kültür (A, B, C, D, E) kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. C ve D starter kültürü kullanılarak üretilen yoğurtların ortalama görünür viskozite değerleri yaklaşık olarak sırasıyla 0.34-0.31 ve 0.37-0.31 Pa.s arasında değişmiş ve diğer örneklerle kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada bahsi geçen durumun, C ve D starter kültürleri kullanılarak üretilen yoğurt örneklerinin fermantasyon sürelerinin uzun olmasından dolayı kazeinin ağ oluşumunun desteklenmesinden ve sonuçta daha viskoz bir ürün elde edilmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. A ve E starter kültürlerinin laktozu hidrolize edilmiş sütlere aşılmasıyla üretilen yoğurtların görünür viskozite değerleri (0.16-0.24 Pa.s), aynı starter kültürlerin laktozu hidrolize edilmemiş sütlere aşılmasıyla üretilen yoğurtların görünür viskozite değerlerine (0.29-0.35 Pa.s) kıyasla daha düşük olduğu bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin tamamı göz önüne alındığında, laktozu hidrolize edilmiş yoğurt örneklerinin görünür viskozite değerleri, laktozu hidrolize edilmemiş yoğurt örneklerinin görünür viskozite değerlerinden düşük olduğu tespit edilmiştir. Nagaraj vd. (2009), laktoz içeriği azaltılmış yoğurt üretiminde laktoz hidroliz seviyelerini standartlaştırmak ve laktoz hidrolizinin yoğurdun fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada, laktoz içeriği azaltılmamış süt (kontrol grubu yoğurt örneklerinin üretiminde kullanılan süt) ve laktoz içeriği %50, %70 ve %90 oranlarında azaltılmış sütler kullanılarak yoğurt üretimi gerçekleştirmişlerdir. Laktoz içeriği azaltılmış sütlerden üretilen yoğurtların pıhtılaşma sürelerinin (≈ 180 dakika), kontrol grubu yoğurt örneğinin pıhtılaşma süresinden (≈ 210 dakika) daha az olduğu saptanmıştır ($P < 0.05$). Yoğurt üretimlerinde kullanılan süttün laktoz miktarının %50 ve %70 oranlarında azaltılması ile ortamdaki çözünebilir monosakkarit miktarındaki artışa bağlı olarak, yoğurtların daha kremi ve yumuşak bir yapı oluşturduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte laktoz hidrolizinin %90’a

çıkarılmasının, %50 ve %70 oranlarında laktoz hidrolizi gerçekleştirilen ürünlere göre daha zayıf bir yapı oluşumuna ve viskozitenin düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda bahsi geçen çalışmalar fermente süt ürünleri üretiminde kullanılan sütlerin laktoz oranlarındaki azalmaya paralel olarak görünür viskozite değerlerinde azalma belirlenmesi ile araştırmamızla benzerlik göstermektedir.

Schkoda vd. (1999) yaptıkları çalışmada, ayran örneklerindeki görünür viskozite değerlerinde tespit edilen azalmanın, tuz iyonlarının misellerin yüzeyinde itici kuvvet oluşturmaları sonucu kazein misellerinin bir araya gelme eğilimindeki azalmadan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Köksoy ve Kılıç (2003), araştırmalarında tuz miktarının ayranın reolojik özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla araştırmacılar, 2 farklı seyreltme oranı (%30 ve %50) ve 3 farklı tuz konsantrasyonu (%0.0, %0.5 ve %1.0) kullanarak ayran üretmişler ve örnekleri 4°C'de 14 gün süresince depolamışlardır. Çalışmada, su ve tuz ilavesinin reolojik özellikler üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak $P < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, su ve tuz içeriğindeki artışa bağlı olarak ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin azaldığını, diğer bir ifadeyle akışkanlıklarının arttığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda, örneklerdeki tuz oranının artmasına bağlı olarak görünür viskozite değerlerinde tespit edilen azalmanın literatür ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Farklı starter kültürler kullanılarak üretilen ayranların kalite özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, üç farklı starter kültür kullanılarak üretilen ayranların 21 günlük depolama süresince viskozite değerleri ölçülmüştür. Ayran örneklerinin depolama süresince görünür viskozite değerlerinde azalma olduğu saptanmıştır (Polat 2009). Türkmen vd. (2017) ayran üretiminde kullanılan çiğ sütün kurumadde standardizasyonunda içilebilir su yerine farklı oranlarda peyniraltı suyu (PAS) (%25, 50, 75 ve 100'ü kadar) kullanmışlardır. Çalışmada üretilen ayranların 15 günlük depolama süresince serum ayrılması, titrasyon asitliği, pH ve görünür viskozite değerleri, kurumadde ve yağ içerikleri ve duyu özellikleri belirlenmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinin tamamında görünür viskozite değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar bahsi geçen durumun, depolama süresince titrasyon asitliği değerlerinin artması sonucunda, örneklerin su tutma kapasitelerinin azalmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Çalışmamızda örneklerdeki laktoz içeriğinin azalma oranının, ilave edilen tuz miktarının ve depolama zamanının artmasıyla ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinde tespit edilen azalmanın literatürde konu ile ilgili yapılan çalışmalarla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

4.2.7. Ayran örneklerine ait reolojik analiz sonuçları

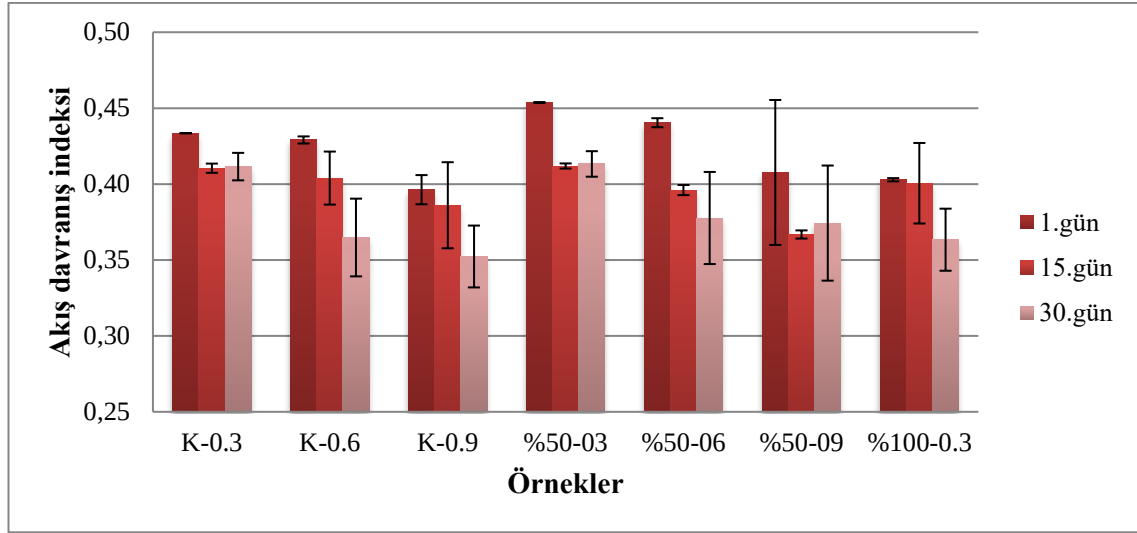
Akış davranış indeksi (n), akışkanın kayma gerilimi altında ne kadar kolaylıkla deformasyona uğrayacağını göstermektedir. Newton akışkanlarında akış davranış indeksi 1.0 iken, Newtoniyen olmayan akış tipinde $n > 1$ ise dilatant akış tipi, $n < 1$ ise pseudoplastik akış tipi olarak değerlendirilmektedir. Akış davranış indeksi değerinin sıfıra yaklaşması, ürünün elastik bir yapıya dönüştüğü anlamına gelmektedir. Kıvam katsayısı (K) ise kayma gerilimine karşı direnç olarak tanımlanmaktadır (Peker ve Helvacı 2003).

Ayran örneklerinde yapılan reolojik analizlerde kontrollü artan ve azalan kayma hızında örneklerin kayma gerilimleri ölçülerek çıkış ve iniş eğrileri elde edilmiştir. Örneklerin reolojik ölçümlerine ait çıkış ve iniş eğrilerindeki kayma gerilimi ve kayma hızı değerleri kullanılarak farklı reolojik modeller (Newton, Üslü Yasa Modeli, Bingham, Ostwald ve Herschel Bulkley) karşılaştırılmıştır. Ayran örneklerinin reolojik ölçümlerine ait çıkış ve iniş eğrilerindeki kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanmış ve model için elde edilen regresyon katsayıları diğer modellerden daha yüksek olarak 0.88 ile 0.96 arasında değişkenlik göstermiştir. Ayran örneklerine üslü yasa modeli uygulanması ile elde edilen regresyon katsayısı, akış davranış indeksi, kıvam katsayısı ve tiksotropi değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde ayran örneklerine ait akış davranış indeksi değerlerinin depolamanın ilk gününde 0.38 ile 0.45, 15. gününde 0.34 ile 0.41 ve 30. gününde 0.34 ile 0.41 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Üslü yasa modeline göre $n < 1$ olduğundan, ayran örneklerinin depolama süresince Newtoniyen olmayan pseudoplastik akış davranışı gösterdiği belirlenmiştir. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama akış davranış indeksi değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.6’da görülmektedir. Örneklerin reolojik ölçümlerine ait çıkış ve iniş eğrilerindeki kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanması ile elde edilen ortalama kıvam katsayısı değerlerinin depolama süresince 1. gün 822.8 ile 981.7 (mPa.s^n), 15. gün 816.3 ile 974.9 (mPa.s^n) ve 30. gün 808.4 ile 939.8 (mPa.s^n) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Örneklerin reolojik analizi sonucunda elde edilen iniş ve çıkış eğrilerinin arasında kalan alanın Rheo3000 yazılımı kullanılarak hesaplanması ile ayran örneklerinin tiksotropi değeri saptanmıştır. Tiksotropi, akışkanın birim hacminde bulunan moleküller arasındaki bağların koparılması için birim zamanda verilmesi gereken enerjidir (Peker ve Helvacı 2003). Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tiksotropi değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.7’de görülmektedir. Ayran örneklerine ait tiksotropi değerlerinin depolamanın ilk gününde 692.7 ile 1055.0 Pa/s, 15. gününde 569.7 ile 811.1 Pa/s ve depolamanın 30. gününde ise 334.7 ile 782.6 Pa/s arasında değiştiği tespit edilmiştir.

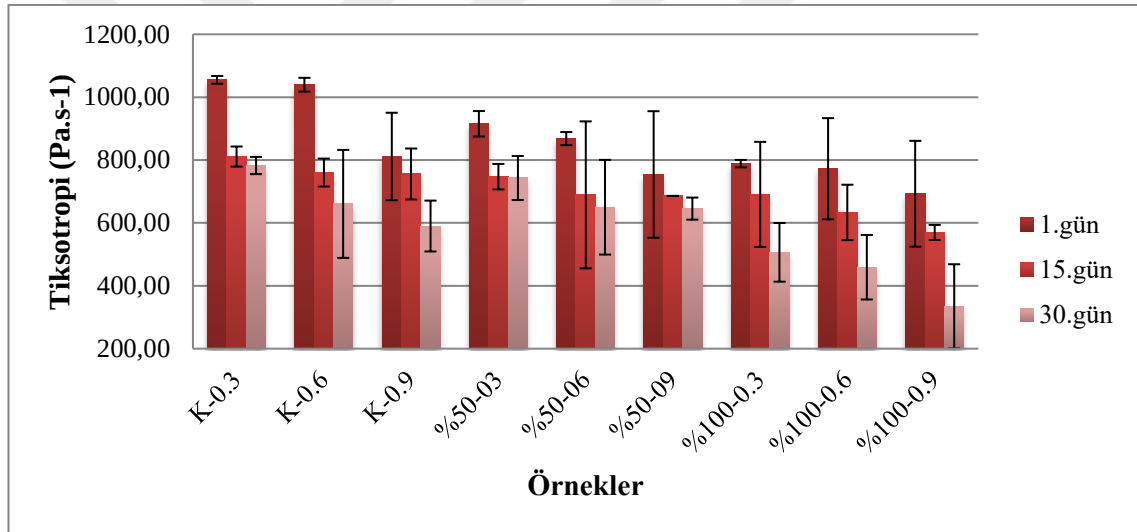
Çizelge 4.19. Ayran örneklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri

Örnek Çeşidi	Depolama süresi (Gün)	Kıvam katsayısı (mPa.s)	Akış davranış indeksi	R ²	Tiksotropi (Pa.s ⁻¹)
K-0.3	1	981.7±0.28	0.43±0.00	0.95±0.00	1055.0±12.3
	15	974.9±11.46	0.41±0.00	0.95±0.01	811.1±31.9
	30	939.8±2.62	0.41±0.01	0.95±0.01	782.6±27.4
K-0.6	1	979.3±2.90	0.43±0.00	0.95±0.00	1039.6±21.9
	15	960.2±13.08	0.40±0.02	0.95±0.00	760.1±44.4
	30	878.0±107.06	0.36±0.03	0.95±0.01	660.4±171.7
K-0.9	1	961.0±0.99	0.40±0.01	0.94±0.00	811.2±139.2
	15	951.9±0.92	0.39±0.03	0.94±0.00	755.7±81.0
	30	865.8±118.23	0.35±0.02	0.92±0.02	590.1±80.9
%50-0.3	1	975.4±1.06	0.45±0.00	0.96±0.00	915.3±40.5
	15	962.3±0.64	0.41±0.00	0.96±0.00	747.0±40.6
	30	884.6±104.86	0.41±0.01	0.95±0.01	742.9±70.0
%50-0.6	1	971.3±1.48	0.44±0.00	0.96±0.00	868.2±20.7
	15	954.4±4.89	0.40±0.00	0.96±0.01	689.2±233.8
	30	860.7±141.70	0.38±0.03	0.95±0.00	649.9±150.6
%50-0.9	1	960.7±0.21	0.41±0.05	0.96±0.01	754.1±201.3
	15	951.1±0.35	0.37±0.00	0.93±0.01	685.7±0.2
	30	853.7±119.57	0.37±0.04	0.93±0.01	645.5±35.2
%100-0.3	1	959.6±1.77	0.40±0.00	0.94±0.00	788.6±11.7
	15	954.3±4.19	0.40±0.03	0.94±0.01	690.8±167.1
	30	835.9±22.06	0.36±0.02	0.94±0.01	506.4±93.3
%100-0.6	1	824.9±0.49	0.40±0.01	0.94±0.00	772.4±160.9
	15	824.6±0.92	0.35±0.01	0.91±0.02	633.4±88.1
	30	809.2±12.94	0.35±0.03	0.90±0.00	459.1±102.6
%100-0.9	1	822.8±33.45	0.38±0.01	0.94±0.00	692.7±168.3
	15	816.3±5.02	0.34±0.01	0.90±0.04	569.7±23.9
	30	808.4±11.46	0.34±0.01	0.88±0.01	334.7±133.8

K-0.3: Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **K-0.6:** Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **K-0.9:** Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.3:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.6:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.9:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.3:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.6:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.9:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği.



Şekil 4.6. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama akış davranış indeksi



Şekil 4.7. laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tiksotropi değerleri

Ayran örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarının (laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı, depolama zamanı) örneklerin akış davranış indeksi üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayran örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından laktoz içeriğinin azalma oranı ve depolama zamanının örneklerin kıvam katsayısı değerleri üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu, tuz oranının ise $P<0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır. Ayran örneklerinin tiksotropi değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından laktoz içeriğinin azalma oranı ve depolama zamanı örneklerin tiksotropi değerleri üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu, tuz oranının ise $P<0.01$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve tiksotropi (Pa.s^{-1}) değerlerine ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Kıvam katsayısı (mPa.s)			Akış davranış indeksi		Tiksotropi	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Laktoz içeriğinin azalma oranı (LO)	2	45547.4	16,82***	0.00620	18.62***	192254.0	16.13***
Tuz oranı (TO)	2	14717.3	5.44*	0.00666	20.01***	80677.3	6.77**
Depolama zamanı (D)	2	32404.6	11,97***	0.00853	25.62***	303175.4	25.44***
LO x TO	4	3915.3	1.45	0.00008	0.25	2048.2	0.17
LO x D	4	1139.3	0.42	0.00025	0.76	15262.0	1.28
TO x D	4	111.1	0.04	0.00034	1.04	6675.4	0.56
LO x TO x D	8	1595.0	0.59	0.00028	0.85	2629.0	0.22
Hata	27	2707.8		0.00033		11918.6	

*P < 0.05 **P < 0.01 ***P < 0.001

Ayran örneklerine ait kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerinin kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin laktoz içeriği azaltılmamış sütten ve laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerine göre düşük olduğu ($P < 0.05$) tespit edilmiştir. Laktoz içeriği azaltılmamış sütten ve laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerinin kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve tiksotropi değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı ($P > 0.05$) saptanmıştır. Bununla birlikte %0.3 tuz içeren ayran örneklerine ait kıvam katsayısı değerlerinin %0.6 ve %0.9 oranlarında tuz içeren ayran örneklerine göre yüksek olduğu ($P < 0.05$), %0.6 ve %0.9 oranlarında tuz içeren ayran örneklerine ait kıvam katsayısı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı ($P > 0.05$) tespit edilmiştir. %0.3 ve %0.6 oranlarında tuz içeren ayran örneklerinin tiksotropi değerlerinin %0.9 tuz içeren ayran örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayran örneklerine ilave edilen tuz miktarının artmasıyla akış davranış indeksi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinde belirlenen akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Depolamanın 1. ve 15. günlerinde kıvam katsayısı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı ($P > 0.05$), depolamanın 30. gününde ise kıvam katsayısı değerlerinin 1. ve 15. gününde belirlenen değerlerden düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve tiksotropi (Pa.s^{-1}) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Laktoz içeriğinin azalma oranı (%)	Kıvam katsayısı (mPa.s)	Akış davranış indeksi	Tiksotropi (Pa.s^{-1})
Kontrol*	943.60±56.98 a**	0.40±0.03 a	807.30±161.89 a
50	930.42±70.44 a	0.40±0.03 a	744.21±125.42 a
100	850.64±60.02 b	0.37±0.03 b	605.30±170.38 b
Tuz oranı (%)			
0.3	940.93±54.25 a	0.41±0.03 a	782.19±154.79 a
0.6	895.81±80.70 b	0.40±0.03 b	725.80±184.74 a
0.9	887.93±77.35 b	0.37±0.03 c	648.82±161.26 b
Depolama zamanı (Gün)			
1	937.37±63.49 a	0.41±0.03 a	855.24±147.94 a
15	927.75±59.68 a	0.39±0.03 b	704.73±105.13 b
30	859.54±75.92 b	0.37±0.03 c	596.84±158.05 c

**Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ayran örneği

**Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Köksoy ve Kılıç (2003), araştırmalarında tuz miktarının ayranın reolojik özellikleri üzerine etkisini incelemiş ve tuz ilavesinin artması ile kıvam katsayısı değerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Bu amaçla ayran örnekleri 2 farklı seyreltme oranı (%30 ve %50) ve 3 farklı tuz konsantrasyonunda (%0, %0.5 ve %1) üretilerek 4°C 'de depolanmıştır. Çalışmada, su ve tuz ilavesinin reolojik özellikler üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. 30 g/100 g seviyesinde su ile 0.00, 0.05 ve 1.00 g/100 g seviyelerinde tuz kullanılarak üretilmiş ayran örneklerinin depolama boyunca kıvam katsayısı değerlerinin ortalama 508 ile 1214 mPa.s arasında, akış davranış indeksi değerlerinin ortalama 0.30 ile 0.47 arasında olduğu tespit edilmiştir. 50 g/100 g seviyesinde su ile 0.00, 0.05 ve 1.00 g/100 g seviyelerinde tuz kullanılarak üretilmiş ayran örneklerinin depolama boyunca kıvam katsayısı değerleri ortalama 18 ile 154 mPa.s arasında, akış davranış indeksi değerlerinin ortalama 0.46 ile 1.00 arasında olduğu saptanmıştır.

Farklı yöntemler kullanılarak asitlendirilmiş sütlü içeceklerin reolojik ve duyuşal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, örneklerin kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanmış ve regresyon katsayısı değerlerinin 0.57 ile 0.99 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Örneklerin akış davranış indeksi değerlerinin 0.42 ile 0.85 arasında, kıvam katsayısı değerlerinin sırasıyla 10.8 ile 1526 mPa.s^n arasında değiştiği saptanmıştır (Janhøj vd. 2008).

Başka bir çalışmada, farklı homojenizasyon (tek kademeli homojenizasyon; 150 ve 300 bar, çift kademeli homojenizasyon; 150/50 ve 300/50 bar) ve ısıtma işlem uygulamalarının (95°C 'de 80 saniye ve 95°C 'de 256 saniye), farklı oranlarda yağ içeren (%0.1, %1.0 ve %2.0) sütlerden üretilen ayran örneklerinin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, üretilen ayran örnekleri 30 gün süreyle depolanmış ve depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde reolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Depolama süresince yapılan reolojik analizler sonucunda ayran örneklerine ait akış davranış indeksi değerlerinin 0.19 ile 0.46 ve tiksotropi değerlerinin 458.2 ile 1587.9 Pa/s arasında olduğu saptanmıştır. Ayran örneklerinin tamamında

ortalama kıvam katsayısı değerleri 1000 mPa.sⁿ olarak tespit edilmiş ve depolama süresince değişiklik göstermediği belirlenmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinin akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinde azalma olduğu saptanmıştır (Yalçın 2016).

Cruz vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, %0.0, %2.0, %4.0; %6.0 ve %8.0 oranlarında oligofruktoz içeren probiyotik yoğurt örneklerinde 28 günlük depolamanın ilk ve son günlerinde reolojik analizler yapılmıştır. %0.0, %2.0, %4.0; %6.0 ve %8.0 oranlarında oligofruktoz içeren probiyotik yoğurt örneklerinde depolamanın ilk ve son gününde ölçülen akış davranış indeksi değerlerinin sırasıyla 0.142 ile 0.085, 0.346 ile 0.237, 0.387 ile 0.311, 0.360 ile 0.272, 0.249 ile 0.279 arasında olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince örneklerin akış davranış indeksi değerlerinin azaldığını ortaya koyan sonuçları ile Cruz vd. (2013) tarafından gerçekleştirilen bu çalışma, çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızda tespit edilen tiksotropi değerleri Yalçın (2016)'ın yapmış olduğu araştırmada belirlenen tiksotropi değerleri ile benzer bulunmuştur. Depolama süresince tiksotropi değerlerinde tespit edilen azalmanın söz konusu çalışma ile uyumluluk gösterdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde çalışmamızda elde edilen akış davranış indeksi değerleri, Köksoy ve Kılıç (2003), Janhøj vd. (2008), Cruz vd. (2013) ve Yalçın (2016) tarafından yapılan çalışmalarda tespit edilen akış davranış indeksi değerleri ile uyumlu bulunmuştur. Ayrıca çalışmamızda elde edilen kıvam katsayısı değerlerinin, Köksoy ve Kılıç (2003) tarafından yapılan çalışmada tespit edilen kıvam katsayısı değerleri ile benzer bulunmuştur.

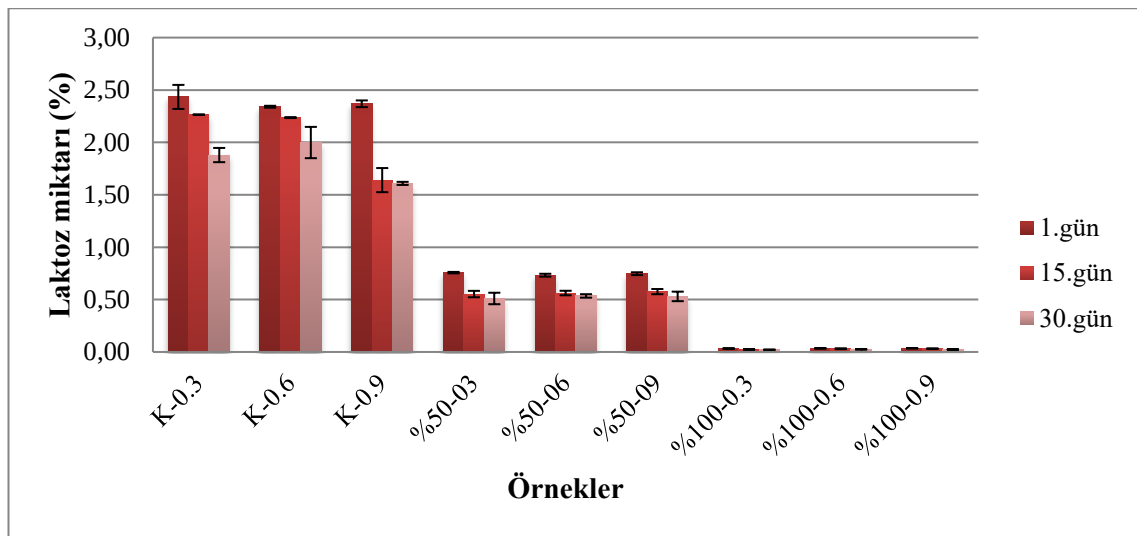
4.2.8. Ayran örneklerine ait laktoz, glikoz ve galaktoz miktarları

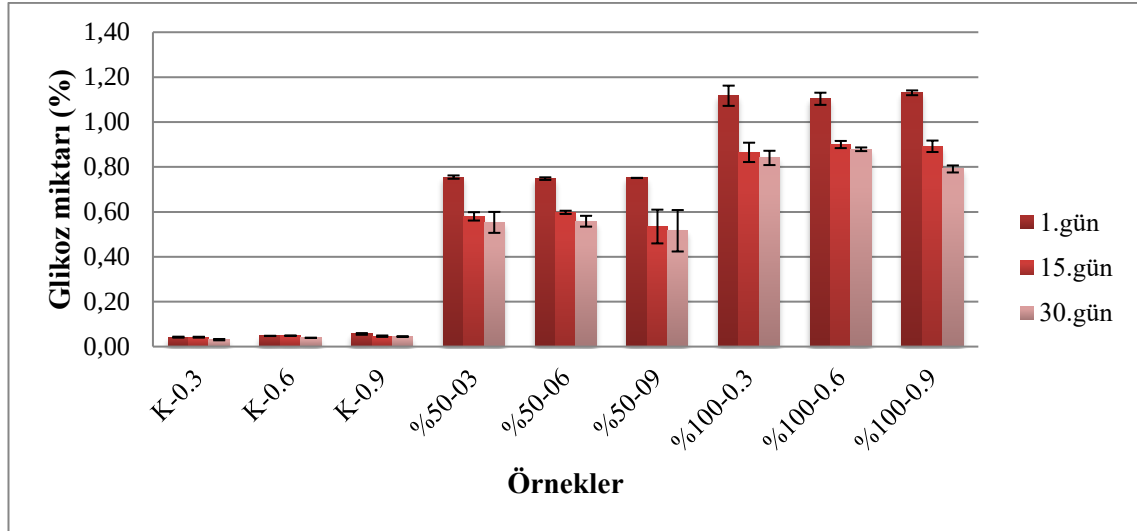
Ayran örneklerine ait ortalama laktoz, glikoz ve galaktoz miktarları Çizelge 4.22'de verilmiştir. Örneklere ait laktoz miktarlarının depolamanın ilk gününde %0.03 ile %2.43, 15. gününde %0.02 ile %2.26 ve depolamanın 30. gününde ise %0.02 ile %2.00 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolamanın ilk gününde ayran örneklerinin glikoz miktarlarının %0.04 ile %1.13, 15. gününde %0.04 ile %0.90 ve depolamanın 30. gününde ise %0.03 ile %0.88 arasında değiştiği, galaktoz miktarlarının ise depolamanın 1.gününde %0.63 ile %1.92, 15. gününde %0.62 ile %1.50 ve depolamanın 30. gününde ise %0.51 ile %1.46 arasında değiştiği saptanmıştır. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama laktoz, glikoz ve galaktoz miktarları kullanılarak hazırlanan grafikler sırasıyla Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da görülmektedir.

Çizelge 4.22. Ayran örneklerine ait ortalama laktoz, glikoz ve galaktoz miktarları (%)

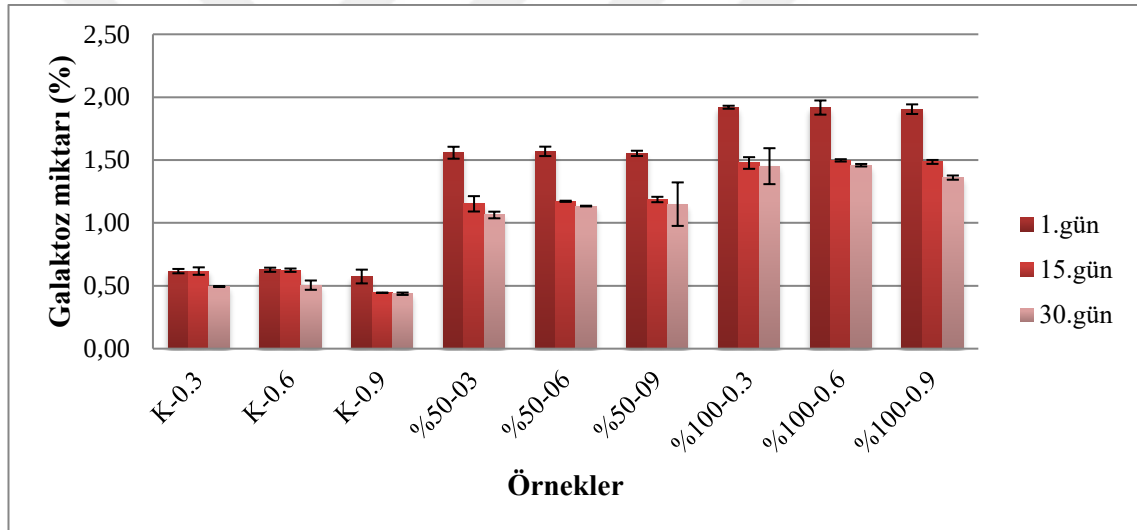
Örnek Çeşidi	Depolama süresi (Gün)	Laktoz (%)	Glikoz (%)	Galaktoz (%)
K-0.3	1	2.43±0.11	0.04±0.00	0.62±0.02
	15	2.26±0.00	0.04±0.00	0.62±0.03
	30	1.88±0.07	0.03±0.00	0.49±0.00
K-0.6	1	2.34±0.01	0.05±0.00	0.63±0.02
	15	2.24±0.00	0.05±0.00	0.62±0.01
	30	2.00±0.15	0.04±0.00	0.51±0.04
K-0.9	1	2.37±0.03	0.06±0.00	0.57±0.05
	15	1.64±0.12	0.05±0.00	0.44±0.00
	30	1.61±0.01	0.04±0.00	0.44±0.01
%50-0.3	1	0.76±0.01	0.75±0.01	1.56±0.05
	15	0.55±0.03	0.58±0.02	1.15±0.06
	30	0.51±0.05	0.55±0.05	1.06±0.03
%50-0.6	1	0.73±0.01	0.75±0.01	1.57±0.04
	15	0.56±0.02	0.60±0.01	1.17±0.00
	30	0.53±0.02	0.56±0.02	1.13±0.00
%50-0.9	1	0.75±0.01	0.75±0.00	1.55±0.02
	15	0.58±0.02	0.53±0.08	1.19±0.02
	30	0.53±0.05	0.52±0.09	1.15±0.17
%100-0.3	1	0.03±0.00	1.12±0.05	1.92±0.01
	15	0.02±0.00	0.87±0.04	1.48±0.05
	30	0.02±0.00	0.84±0.03	1.45±0.14
%100-0.6	1	0.03±0.00	1.10±0.03	1.92±0.06
	15	0.03±0.00	0.90±0.02	1.50±0.01
	30	0.02±0.00	0.88±0.01	1.46±0.01
%100-0.9	1	0.03±0.00	1.13±0.01	1.90±0.04
	15	0.03±0.00	0.89±0.03	1.48±0.02
	30	0.02±0.00	0.79±0.02	1.36±0.02

K-0.3: Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **K-0.6:** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **K-0.9:** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.3:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.6:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.9:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.3:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.6:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.9:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği.

**Şekil 4.8.** Laktoz içeriği azaltılmamış sütten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama laktoz miktarları



Şekil 4.9. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama glikoz miktarları



Şekil 4.10. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama galaktoz miktarları

Ayran örneklerinin laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarının istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından laktoz içeriğinin azalma oranı ve depolama zamanının ayran örneklerinin laktoz, glikoz ve galaktoz miktarları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır. İncelenen ana varyasyon kaynaklarından tuz oranı ayran örneklerinin laktoz miktarları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde, galaktoz miktarları üzerine $P<0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu, glikoz miktarları üzerine ise etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarına (%) ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Laktoz			Glikoz		Galaktoz	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Laktoz içeriğinin azalma oranı (LO)	2	20.22556852	8836.41***	3.75435741	3967.42***	5.2996463	2001.27***
Tuz oranı (TO)	2	0.06171296	26.96***	0.00142963	1.51	0.0096463	3.64*
Depolama zamanı (D)	2	0.31662407	138.33***	0.14250185	150.59***	0.6422240	242.52***
LO x TO	4	0.07011296	30.63***	0.00080185	0.85	0.0073046	2.76*
LO x D	4	0.11475741	50.14***	0.03449074	36.45***	0.0837574	31.63***
TO x D	4	0.02179352	9.52***	0.00126296	1.33	0.0006074	0.23
LO x TO x D	8	0.02159352	9.43***	0.00067685	0.72	0.0027865	1.05*
Hata	27	0.00228889		0.00094630		0.0026481	

*P <0.05 ***P <0.001

Ayran örneklerine ait laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerinin laktoz miktarlarının, laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerine göre düşük olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerinin glikoz ve galaktoz miktarları kontrol ve laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerine göre yüksek bulunmuştur. Laktoz parçalanma oranı arttıkça örneklerin glikoz ve galaktoz miktarlarının da arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte ana varyasyon kaynaklarından tuz oranının ayran örneklerinin glikoz miktarı değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli etkisinin olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. %0.9 oranında tuz ilave edilen ayran örneklerinin galaktoz miktarının ise %0.6 oranında tuz ilave edilen ayran örneklerine göre düşük olduğu belirlenmiştir. Üretiminde %0.9 oranında tuz ilave edilen ayran örneklerinin laktoz miktarlarının %0.3 ve %0.6 oranlarında tuz ilave edilen ayran örneklerinin laktoz miktarı göre düşük olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Depolama süresince ayran örneklerinin laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarının azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.24. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarına (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Laktoz içeriğinin azalma oranı (%)	Laktoz	Glikoz	Galaktoz
Kontrol*	2.09±0.31 a**	0.04±0.01 c	0.55±0.08 c
50	0.61±0.10 b	0.62±0.10 b	1.28±0.21 b
100	0.03±0.01 c	0.95±0.13 a	1.61±0.23 a
Tuz oranı (%)			
0.3	0.94±0.96 a	0.54±0.40 a	1.15±0.48 ba
0.6	0.94±0.95 a	0.55±0.40 a	1.17±0.48 a
0.9	0.84±0.82 b	0.53±0.39 a	1.12±0.51 b
Depolama zamanı (Gün)			
1	1.05±1.01 a	0.63±0.46 a	1.36±0.57 a
15	0.88±0.90 b	0.50±0.36 b	1.07±0.40 b
30	0.79±0.79 c	0.47±0.34 c	1.00±0.41 c

*Laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ayran örneği

**Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Venica vd. (2013) tarafından laktaz enzimi kullanarak laktoz içeriği azaltılan sütlerden içilebilir yoğurt üretimi üzerine yapılan bir çalışmada, 0.15, 0.25 ve 0.40 g/L oranlarında laktaz enzimi kullanılmıştır. Laktoz hidrolizi, ilave edilen laktaz enzim miktarının artmasıyla artış göstermiştir. Çalışmanın kontrol grubunu, laktoz içeriği azaltılmamış sütlerden üretilen içilebilir yoğurt örnekleri oluşturmuştur. Tüm örnekler 28 gün süresince 5°C’de depolanmıştır. Fermantasyon aşamasındaki süte ve depolamanın 1., 14. ve 28. günlerindeki içilebilir yoğurt örneklerinde laktoz, galaktoz ve glikoz miktarları incelenmiştir. Fermantasyonun 150. dakikasında 0.15, 0.25 ve 0.40 g/L laktaz enzim ilaveli sütlerde laktoz hidrolizinin %83 ile %90 oranları arasında olduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca içilebilir yoğurt örneklerinin laktoz hidroliz oranlarında değişim olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada, laktoz hidrolizinin devam etmemesinin laktaz enziminin düşük pH’larda inaktif olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Kontrol örneklerinin laktoz hidroliz oranları depolamanın 1. ve 14. günlerinde sırasıyla %16 ve %30 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 14. ve 28. günleri arasında laktoz hidroliz oranları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunamamıştır. Laktoz içeriği azaltılan sütlerden üretilen içilebilir yoğurt örneklerinde depolamanın 14. gününde glikoz ve galaktoz miktarının sırasıyla 15-17 g/kg ile 19-21 g/kg arasında değiştiği, kontrol grubu örneklerinde ise sırasıyla 1-2 g/kg ile 7-9 g/kg arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Wolf vd. (2015), laktaz enzimi kullanarak laktoz içeriği azaltılan süttten yoğurt üretmişlerdir. Araştırmacılar, laktaz enzimi (YNL-2) kullanarak laktoz içeriği azaltılmış yoğurt (E yoğurdu) üretimi için; fermantasyon işleminden önce 0.25 g/L seviyesinde enzim ilavesini starter kültür aşılması ile birlikte yapmışlardır. Çalışmada kontrol grubunu, enzim ilave edilmeyen süttten üretilen yoğurt (C yoğurdu) oluşturmuştur. Fermantasyon işlemi sonunda, C yoğurdunun laktoz içeriğinde %10 ile %13 arasında bir azalma olduğu belirlenirken, E yoğurdunun laktoz içeriğinde %75 ile %78 arasında bir azalma tespit edilmiştir. Nagaraj vd. (2009) tarafından laktoz içeriği azaltılmış süttten yoğurt üretiminde laktoz hidroliz seviyelerini standartlaştırmak ve laktoz hidrolizinin yoğurdun fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan çalışmada, süte 12 farklı enzim seviyesi (%0.12, 0.16, 0.20, 0.24, 0.28, 0.32, 0.36, 0.40, 0.44, 0.48, 0.52 ve 0.56 olmak üzere) uygulayarak laktoz hidrolizi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, %50, %70 ve %90 oranlarında laktoz içeriği azaltılmış sütlerin elde edilebilmesi için uygulanan farklı enzim seviyeleri arasından, sırasıyla %0.16, %0.32 ve %0.52 enzim seviyelerinin istenilen laktoz hidroliz oranlarını karşıladığı tespit edilmiştir. Abbasi ve Saedanadian (2015)’in gerçekleştirdiği bir çalışmada, %5 oranında laktoz içeren süt, 4 eşit gruba ayrılarak her birine 1.5 mL/L laktaz enzimi ilave edilmiştir. Laktaz ilaveli sütler 15, 25, 75 ve 240 dakika boyunca 39°C’de bekletilmiş ve sütlerin laktoz hidrolizasyon oranlarının sırasıyla %25, %50, %75 ve %75’den fazla olduğu belirlenmiştir. Farklı oranlarda laktoz hidrolizasyonu sağlanan sütlere laktaz enzimi aktivitesinin sonlandırılması amacıyla 75°C’de 10 dakika boyunca ısıl işlem uygulanmıştır. Söz konusu çalışmalarda elde edilen laktoz hidroliz oranlarının çalışmamızla farklılık göstermesinin, kullanılan enzim türünün ve miktarının, fermantasyon süresinin ve uygulanan üretim yönteminin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kırdar vd. (2000) tarafından laktaz enzimi kullanılarak yoğurt üretiminin gerçekleştirildiği çalışmada, kurumaddesi %15’e ayarlanan sütlere ısıl işlem (85°C’de

20 dakika) ve takiben soğutma (45°C) işlemi uygulanmış ve soğutulan sütler 4 eşit kısma ayrılmıştır. Üç eşit kısım sütün her birine %2 oranında starter kültür aşılanmış ve ilk kısım süte 0.1 mL/L, ikinci kısım süte 0.2 mL/L ve üçüncü kısım süte 0.3 mL/L olacak şekilde enzim ilave edilmiştir. Kontrol grubu olan dördüncü kısım süte ise sadece %2 oranında starter kültür aşılanmıştır. 0.1, 0.2 ve 0.3 mL/L enzim ilave edilen sütlerden üretilen yoğurt örnekleri sırasıyla A, B ve C harfleri ile, kontrol grubu örnekler ise K harfi ile kodlandırılmıştır. K örneklerinde %30 laktoz hidrolizasyonu; A, B ve C örneklerinde ise sırasıyla yaklaşık %50, %70, %90 laktoz hidrolizasyonu sağlanmıştır. Depolama boyunca laktoz hidrolizasyon oranının artış gösterdiği saptanmıştır. K, A, B ve C örneklerindeki laktoz hidrolizasyon oranlarının depolamanın 14. gününde sırasıyla %50, %65, %80 ve %95 değerlerine ulaştığı belirlenmiştir. Çalışmamızda tespit edilen laktoz içeriğinin azalma oranları ve depolama boyunca ayran örneklerinin laktoz hidrolizinin devam etmesinin Kırdar vd. (2000)'nin araştırma bulguları ile benzerlik gösterdiği değerlendirilmiştir.

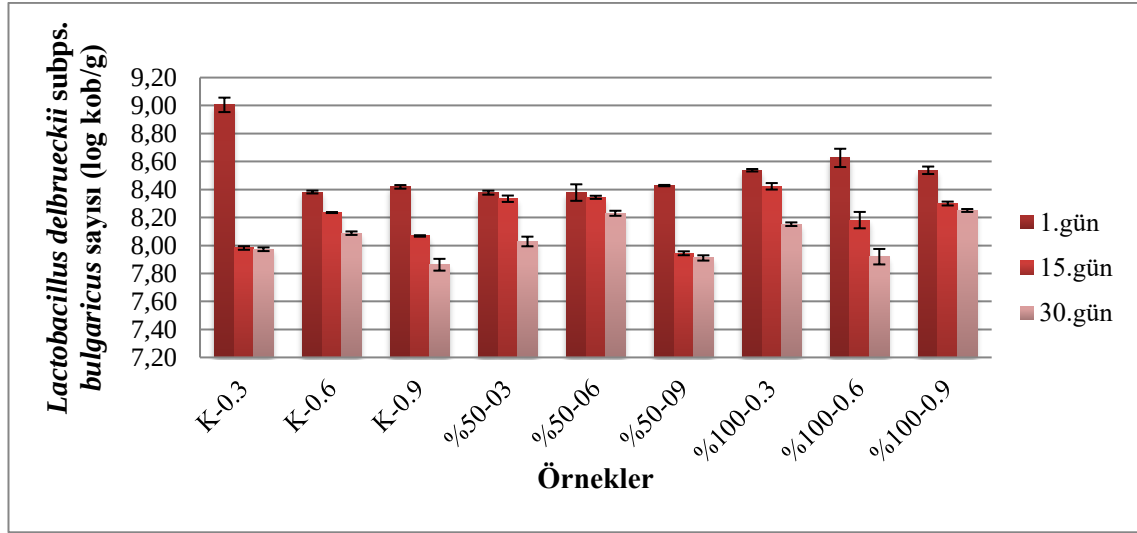
4.2.9. Ayran örneklerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları

Ayran örneklerine ait ortalama *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayılarına ait sonuçlar Çizelge 4.25'de verilmiştir. Yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda ayran örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısının depolamanın ilk gününde 8.38 ile 9.00 log kob/g, 15. gününde 7.94 ile 8.42 log kob/g ve depolamanın 30. gününde ise 7.86 ile 8.23 log kob/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayran örneklerine ait *Streptococcus thermophilus* sayılarının ise depolamanın ilk gününde 8.56 ile 9.18 log kob/g, 15. gününde 8.54 ile 8.79 log kob/g ve depolamanın 30. gününde ise 8.31 ile 8.64 log kob/g arasında değiştiği saptanmıştır. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayıları kullanılarak hazırlanan grafikler sırasıyla Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de görülmektedir.

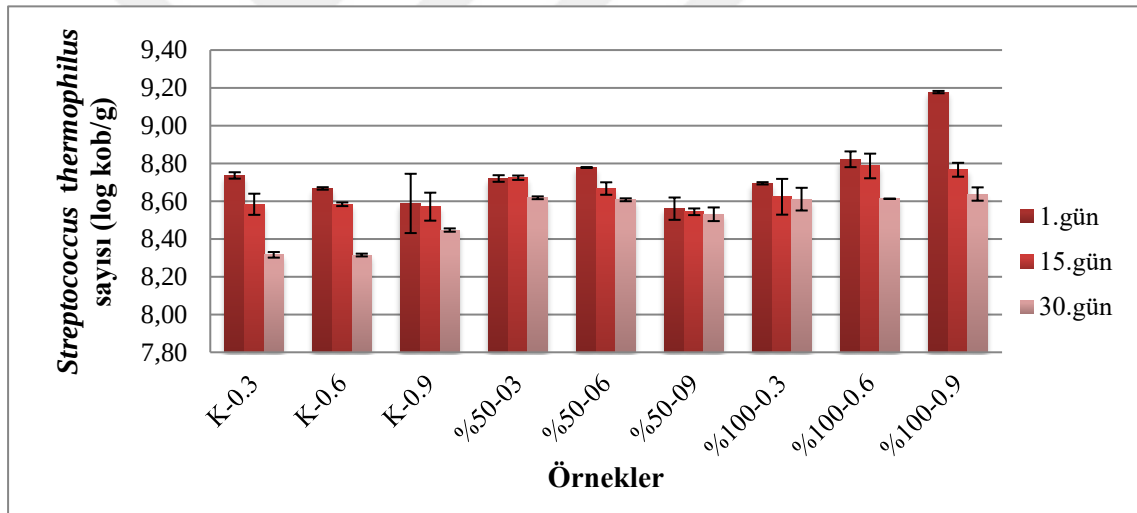
Çizelge 4.25. Ayran örneklerine ait ortalama *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayım sonuçları (log kob/g)

Örnek Çeşidi	Depolama süresi (Gün)	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subps. <i>bulgaricus</i> sayısı	<i>Streptococcus thermophilus</i> sayısı
K-0.3	1	9.00±0.05	8.74±0.02
	15	7.98±0.01	8.58±0.06
	30	7.97±0.01	8.32±0.01
K-0.6	1	8.38±0.01	8.67±0.01
	15	8.24±0.00	8.58±0.01
	30	8.09±0.01	8.31±0.01
K-0.9	1	8.42±0.01	8.59±0.16
	15	8.07±0.01	8.57±0.07
	30	7.86±0.04	8.45±0.01
%50-0.3	1	8.38±0.01	8.72±0.02
	15	8.33±0.02	8.72±0.01
	30	8.03±0.03	8.62±0.01
%50-0.6	1	8.38±0.06	8.78±0.00
	15	8.34±0.01	8.67±0.03
	30	8.23±0.02	8.61±0.01
%50-0.9	1	8.43±0.00	8.56±0.06
	15	7.94±0.01	8.54±0.02
	30	7.91±0.02	8.53±0.04
%100-0.3	1	8.54±0.01	8.69±0.01
	15	8.42±0.02	8.62±0.09
	30	8.15±0.01	8.61±0.06
%100-0.6	1	8.63±0.07	8.82±0.04
	15	8.18±0.06	8.79±0.07
	30	7.92±0.06	8.61±0.00
%100-0.9	1	8.54±0.03	9.18±0.01
	15	8.30±0.01	8.77±0.04
	30	8.25±0.01	8.64±0.04

K-0.3: Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **K-0.6:** Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **K-0.9:** Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.3:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.6:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.9:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.3:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.6:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.9:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği.



Şekil 4.11. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayıları



Şekil 4.12. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama *Streptococcus thermophilus* sayıları

Mikrobiyolojik analizlerin istatistiksel değerlendirmesi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından laktoz içeriğinin azalma oranı ve depolama süresinin ayran örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayıları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Tuz oranının ayran örneklerinde belirlenen *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayıları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu, ancak *Streptococcus thermophilus* sayıları üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayım sonuçlarına (log kob/g) ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subps. <i>Bulgaricus</i>			<i>Streptococcus thermophilus</i>	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F
Laktoz içeriğinin azalma oranı (LO)	2	0.06517222	74.88***	0.22228889	100.03***
Tuz oranı (TO)	2	0.06781667	77.92***	0.00215000	0.97
Depolama zamanı (D)	2	106.090.556	1218.91***	0.23362222	105.13***
LO x TO	4	0.05336389	61.31***	0.05514722	24.82***
LO x D	4	0.05031111	57.80***	0.02066111	9.30***
TO x D	4	0.02398889	27.56***	0.00268056	1.21
LO x TO x D	8	0.08387361	96.37***	0.02336528	10.51***
Hata	27	0.00087037		0.00222222	

*P <0.05 ***P <0.001

Ayran örneklerinde belirlenen *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayılarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.27’de sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde; laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütte üretilen ayran örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayıları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$); ancak laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütte üretilen ayran örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısının, kontrol ve laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütte üretilen ayran örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Laktoz içeriğinin azalma oranı arttıkça ayran örneklerinin *Streptococcus thermophilus* sayılarının arttığı saptanmıştır. Üretimlerinde %0.3, %0.6 ve %0.9 oranlarında tuz ilave edilen ayran örneklerindeki ilave edilen tuz oranı arttıkça örneklerdeki *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısında azalma olduğu ($P<0.05$) belirlenirken, örneklerdeki *Streptococcus thermophilus* sayıları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.005$) tespit edilmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinde belirlenen *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayılarının azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.27. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayım sonuçlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (log kob/g)

Laktoz içeriğinin azalma oranı (%)	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subps. <i>bulgaricus</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
Kontrol*	8.22±0.34 b	8.52±0.15 c
50	8.22±0.20 b	8.64±0.09 b
100	8.33±0.22 a	8.75±0.18 a
Tuz oranı (%)		
0.3	8.31±0.32 a	8.63±0.13 a
0.6	8.27±0.20 b	8.64±0.16 a
0.9	8.19±0.24 c	8.65±0.22 a
Depolama (Gün)		
1	8.52±0.34 a	8.75±0.18 a
15	8.20±0.20 b	8.64±0.11 b
30	8.05±0.22 c	8.52±0.13 c

*Laktoz içeriği azaltılmamış sütte üretilen ayran örneği

Amoroso vd. (1989), market yoğurtlarından izole ettikleri *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'un saf kültürleri ve karışık kültürlerinin laktoz, glikoz ve galaktoz içeren farklı ortamlardaki gelişimlerini ve şeker kullanımlarını incelemişlerdir. Araştırmacılar laktoz ve galaktoz içeren ortamda *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'un karışık kültürlerinin kullanılması durumunda *Streptococcus thermophilus*'un gelişiminin daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Galaktoz içeren ortamda *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'un karışık kültürlerinin kullanılması durumunda *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus*'un gelişim göstermediği, *Streptococcus thermophilus*'un ise zayıf bir gelişim gösterdiği saptanmıştır. Glikoz içeren ortamda ise *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus*'un gelişiminin *Streptococcus thermophilus*'a göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'un gelişimlerinin ortamda bulunan şeker kaynaklarının farklılığına bağlı olarak değişim gösterebileceğini belirtmişlerdir. O'Leary ve Woychik (1976), laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %70-75 oranlarında azaltılmış sütlerde *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'un karışık kültürlerinin laktoz, glikoz ve galaktoz kullanımını inceledikleri çalışmalarında, %2 oranında starter kültür aşılama sütü 43°C'de 24 saat inkübe etmişlerdir. Laktoz içeriği azaltılmış sütün %2.06 laktoz, %2.64 glikoz ve %2.31 galaktoz içerdiği belirlenmiştir. *Streptococcus thermophilus*'un süte aşılamaından hemen sonra hızla çoğalmaya başladığı ve inkübasyonun ilk saatlerinde baskın mikroorganizma olduğu tespit edilmiştir. *Streptococcus thermophilus* sabit büyüme evresindeyken, *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus*'un inkübasyonun ilk 4 saatinde gelişme hızının yavaş olduğu saptanmıştır. Çalışmada, laktoz içeriği azaltılmış sütteki laktozun, inkübasyonun ilk 4 saatinde mikroorganizmalar tarafından metabolize edildiği belirtilmiştir. Glikoz kullanımının ise inkübasyon sonuna kadar devam ettiği saptanmıştır. Araştırmacılar, çalışmalarından elde ettikleri veriler ışığında *Streptococcus thermophilus*'un hem glikoz hem de laktoz kullandığını, *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus*'un ise sadece glikoz kullandığını bildirmişlerdir. Çalışmada, her iki mikroorganizmanın da glikoz varlığında galaktozu şeker kaynağı olarak kullanmadığı saptanmıştır. Mikroorganizmaların, laktoz içeriği azaltılmış sütteki şekerleri (laktoz ve glikoz), laktoz içeriği azaltılmamış süte kıyasla daha hızlı metabolize ettikleri tespit edilmiştir. Çalışmamızda da laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerinin mikrobiyolojik analizi sonucunda farklılıklar tespit edilmiştir. Çalışmamızda laktoz içeriğinin azalma oranı arttıkça mikroorganizmaların daha fazla gelişim gösterdikleri saptanmıştır.

Pektaş (2014), süt ve süt ürünlerinden izole ettiği laktik asit bakterilerinin ekzopolisakkarit üretim yeteneklerini incelediği araştırmasında, saflaştırılan kültür izolatlarının tuza karşı toleranslarını belirlemek amacıyla, %6.0, %7.5 ve %10.0 oranlarında tuz içeren MRS agar ortamı hazırlamış ve aktif kültürlerden bu üç ortama inoküle etmiştir. İzolatlar 2 ile 7 gün süre ile anaerobik etüvlerde 35°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İzolatların farklı tuz konsantrasyonlarındaki gelişimi derecelendirilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Tuz konsantrasyonunun artırılması ile meydana gelen osmotik stres sebebiyle gelişebilen kültür sayısında azalma olduğu tespit edilmiştir. İzolatların en iyi gelişiminin %6 tuz konsantrasyonunda olduğu saptanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada, yağsız süttozundan hazırlanmış %10 kurumaddeli sütlere %0-7

aralığındaki konsantrasyonlarda NaCl ilave edilmiştir. Hazırlanan sütlere, 16 saat inkübasyona bırakılan bakterilerin bulunduğu M17 ve MRS sıvı besiyerinden %3 oranında inokülasyon yapılmış ve inkübasyona bırakılarak *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* suşunun bu ortamdaki gelişimi takip edilmiştir. Çalışmada, NaCl ilave edilmemiş gelişme ortamı kontrol örneği olarak kabul edilmiştir. %1-2 oranlarında NaCl ilavesinin *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* gelişimini teşvik ettiği, ancak %3'ün üzerindeki NaCl konsantrasyonlarında osmotik stres oluşturmaya sebebiyle *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus*'un gelişiminde yavaşlama olduğu tespit edilmiştir (Gündüz 2010). Sömer (2013), Afyon, Muğla, Isparta, Burdur ve Aydın illerinin halk pazarından toplanan farklı oranlarda tuz içeren süzme yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri ile biyojen amin içeriklerini araştırmışlardır. Muğla ilinden toplanan %0.59 ve %0.82 tuz içeriğine sahip yoğurt örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayılarının sırasıyla 8.19 ve 8.39 log kob/g, Isparta ilinden toplanan %0.88 ve %1.23 tuz içeriğine sahip yoğurt örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayılarının ise sırasıyla 6.89 ve 5.66 log kob/g olduğu belirlenmiştir. Burdur ilinden toplanan %0.64, %0.82 ve %0.97 tuz içeriğine sahip yoğurt örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayılarının sırasıyla 6.65, 6.49 ve 6.18 log kob/g, Aydın ilinden toplanan %0.76 ve %0.82 tuz içeriğine sahip yoğurt örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayılarının ise sırasıyla 6.94 ve 6.61 log kob/g olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda ayran örneklerine ilave edilen tuz miktarının artırılması ile *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayılarında azalma olduğu tespit edilmiştir.

Van de Castele vd. (2006), yoğurt ve peynir starter kültürlerinin probiyotik suşlarının sayımı için kültür ortamlarını değerlendirdikleri araştırmalarında, *Streptococcus thermophilus* sayılarını MRS ve M17 agarda sırasıyla ortalama 8.65 ve 8.75 log kob/mL, *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısını MRS agarda ortalama 8.58 log kob/mL olarak tespit etmişlerdir. Özünlü (2005), farklı ısı işlem normlarının, farklı inkübasyon sonlandırma pH'larının ve sütün farklı basınçlarda homojenizasyonunun ayran kalitesi üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada, örneklerin mikrobiyolojik analiz sonucunda *Streptococcus thermophilus* sayılarını 8.5 ile 9.0 log kob/mL değerleri arasında, *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayılarını ise 7.9 ile 8.7 log kob/mL değerleri arasında tespit etmiştir. Çalışmamızda elde edilen bulgular Özünlü (2005) ve Van de Castele vd. (2006)'nin tespit ettikleri bulgular ile uyumlu bulunmuştur.

Yapılan başka bir çalışmada, laktoz ve galaktoz intoleranslı bireylerin tüketimine yönelik fermente süt ürünleri geliştirilmiş ve ürünlerin kalite özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada, yarım yağlı konvansiyonel UHT süt (kontrol örneğinin üretiminde kullanılan süt) ve yarım yağlı laktozsuz UHT süt kullanılarak ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Depolama boyunca kontrol ayran örneğinin mikrobiyolojik analizi sonucunda *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısının depolamanın 1., 10., 20. ve 30. günlerinde sırasıyla 8.07, 8.12, 7.42 ve 7.57 log kob/mL olduğu, laktozsuz ayran örneğinde ise sırasıyla 7.85, 8.02, 7.58 ve 7.40 log kob/mL olduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca kontrol ayran örneğinin mikrobiyolojik analizi sonucunda *Streptococcus thermophilus* sayısının depolamanın 1., 10., 20. ve 30. günlerinde sırasıyla 7.37, 7.12, 7.63 ve 7.16 log kob/mL olduğu, laktozsuz ayran örneğinde ise sırasıyla 7.48, 6.97, 7.85 ve 7.22 log kob/mL olduğu saptanmıştır (Tonguç

2012). Söz konusu araştırmada elde edilen mikrobiyolojik sayım sonuçları çalışmamızda tespit edilen bulgulara kıyasla düşük bulunmuştur. Bahsi geçen bu durumun ayran üretiminde kullanılan starter kültürde bulunan bakteri suşlarının farklılığından ve örneklerin üretim parametrelerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Wolf vd. (2015), laktaz enzimi kullanarak laktoz içeriği azaltılan süttten yoğurt üretmişlerdir. Çalışmada, fermantasyon sırasında ve depolama sürecinde (5°C’de 21 gün) yoğurt örneklerinde yapılan mikrobiyolojik sayımlarda, laktoz içeriği azaltılmış yoğurt örnekleri ve kontrol yoğurt örneklerinin laktik asit bakteri sayılarının depolama süresince ortalama 10^8 kob/g’dan 10^7 kob/g’a düştüğü saptanmıştır. Çalışmamızda, depolama süresince laktik asit bakteri sayısındaki azalmanın, Tonguç (2012) ve Wolf vd. (2015) tarafından yapılan çalışmalarla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

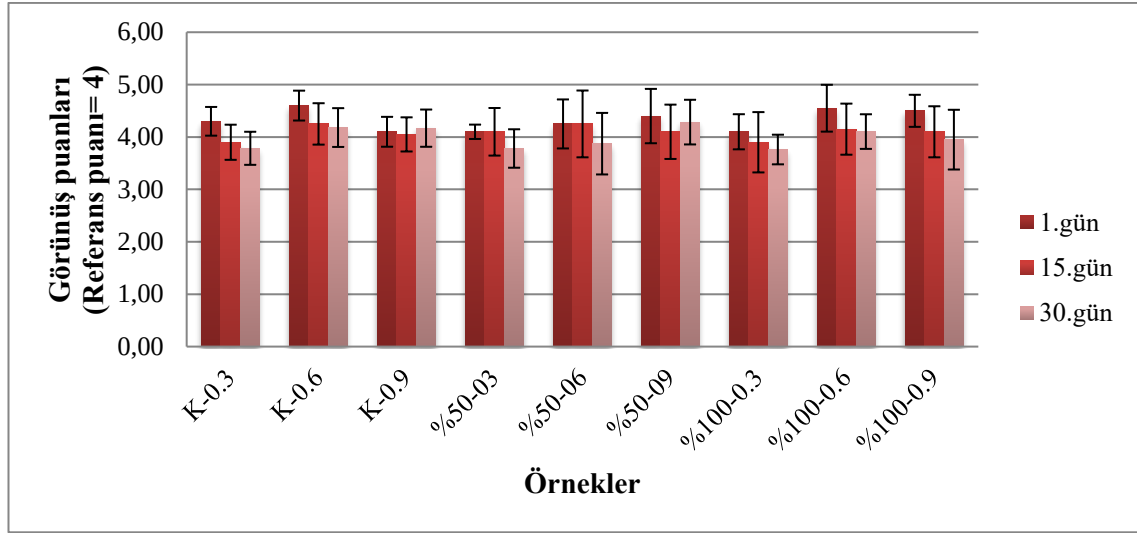
4.2.10. Ayran örneklerinin duyuşsal analiz sonuçları

Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde ayran örneklerine ait tat, tekstür ve görünüş puanları referans örneği ile karşılaştırılarak yapılan duyuşsal analizler sonucunda belirlenmiştir. Ayran örneklerine ait ortalama tat, tekstür ve görünüş puanları ile depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.28’de verilmiştir. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tat, tekstür ve görünüş puanları kullanılarak hazırlanan grafikler sırasıyla Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15’de görölmektedir. Depolama süresince duyuşsal analizi yapılan ayran örneklerinin tat puanlarının depolamanın ilk gününde sırasıyla 3.10 ile 4.30 arasında, 15. gününde 3.00 ile 4.10 arasında, depolamanın 30. gününde ise 2.80 ile 4.10 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolama süresince duyuşsal analizi yapılan ayran örneklerinin tekstür puanlarının depolamanın ilk gününde sırasıyla 4.08 ile 4.72 arasında, 15. gününde 4.12 ile 4.84 arasında, depolamanın 30. gününde ise 4.28 ile 4.52 arasında değiştiği saptanmıştır. Depolama süresince duyuşsal analizi yapılan ayran örneklerinin görünüş puanlarının depolamanın ilk gününde sırasıyla 4.10 ile 4.60 arasında, 15. gününde 3.90 ile 4.25 arasında, depolamanın 30. gününde ise 3.76 ile 4.28 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

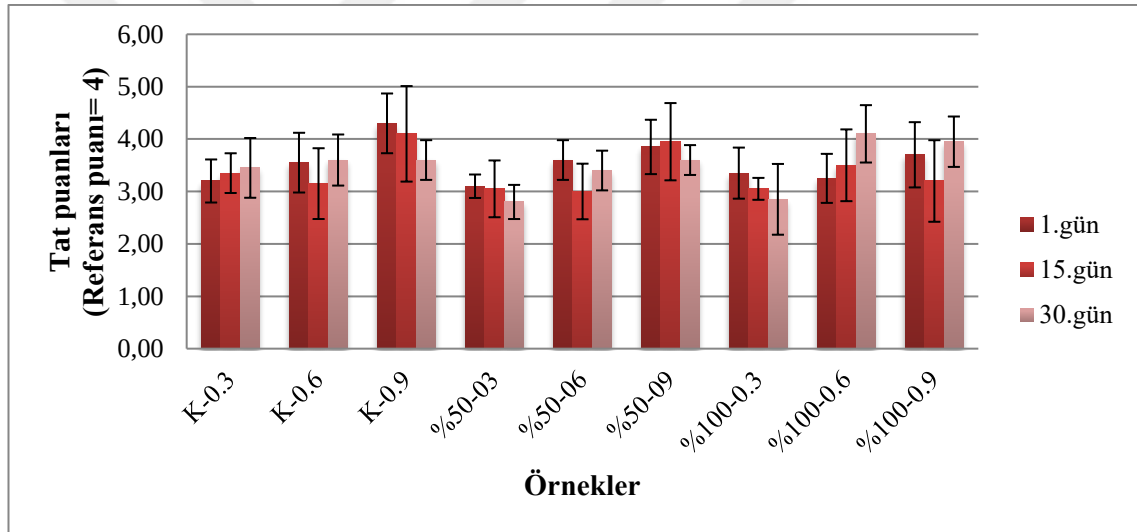
Çizelge 4.28. Ayran örneklerine ait ortalama tat, tekstür ve görünüş puanları

Örnek Çeşidi	Depolama süresi (Gün)	Görünüş	Tat	Tekstür
K-0.3	1	4.30±0.27	3.20±0.41	4.64±0.65
	15	3.90±0.34	3.35±0.38	4.76±0.48
	30	3.78±0.32	3.45±0.57	4.36±0.48
K-0.6	1	4.60±0.29	3.55±0.57	4.56±0.61
	15	4.25±0.40	3.15±0.68	4.44±0.57
	30	4.18±0.37	3.60±0.49	4.48±0.36
K-0.9	1	4.10±0.29	4.30±0.57	4.08±0.50
	15	4.05±0.33	4.10±0.91	4.68±0.27
	30	4.17±0.36	3.60±0.38	4.28±0.39
%50-0.3	1	4.10±0.14	3.10±0.22	4.36±0.52
	15	4.10±0.45	3.05±0.54	4.64±0.52
	30	3.78±0.37	2.80±0.33	4.32±0.39
%50-0.6	1	4.25±0.47	3.60±0.38	4.72±0.77
	15	4.25±0.64	3.00±0.53	4.84±0.61
	30	3.87±0.59	3.40±0.38	4.52±0.48
%50-0.9	1	4.40±0.52	3.85±0.52	4.32±0.64
	15	4.10±0.52	3.95±0.74	4.28±0.39
	30	4.28±0.43	3.60±0.29	4.36±0.62
%100-0.3	1	4.10±0.34	3.35±0.49	4.40±0.42
	15	3.90±0.58	3.05±0.21	4.52±0.52
	30	3.76±0.28	2.85±0.68	4.32±0.76
%100-0.6	1	4.55±0.45	3.25±0.47	4.40±0.37
	15	4.15±0.49	3.50±0.68	4.12±0.58
	30	4.10±0.33	4.10±0.55	4.48±0.64
%100-0.9	1	4.50±0.31	3.70±0.62	4.32±0.76
	15	4.10±0.49	3.20±0.78	4.72±0.67
	30	3.95±0.57	3.95±0.48	4.48±0.58

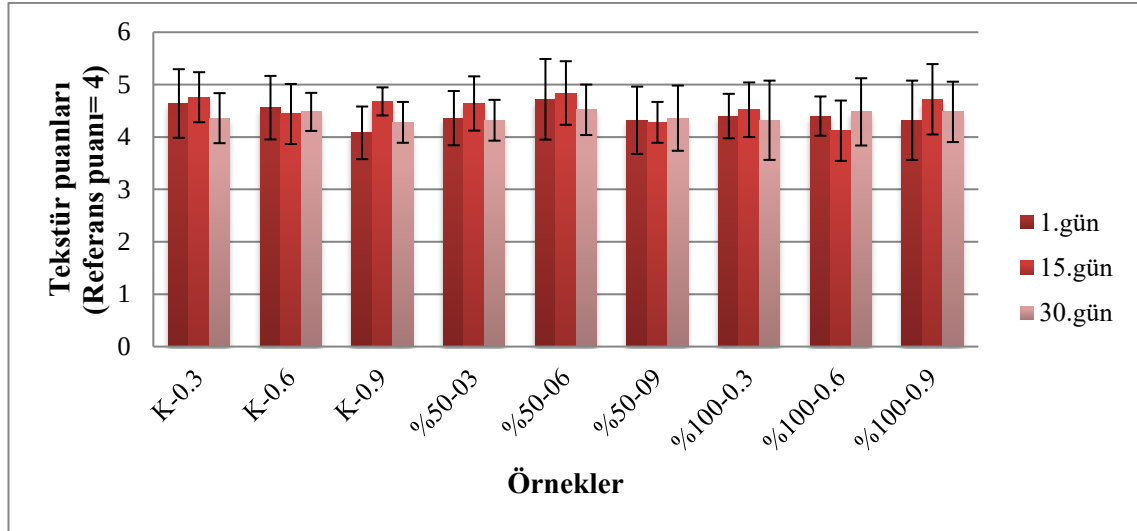
K-0.3: Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **K-0.6:** Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **K-0.9:** Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.3:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.6:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%50-0.9:** Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.3:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.3 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.6:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.6 tuz içeren ayran örneği, **%100-0.9:** Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen ve %0.9 tuz içeren ayran örneği.



Şekil 4.13. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama görünüş puanları



Şekil 4.14. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tat puanları



Şekil 4.15. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tekstür puanları

Ayran örneklerinin tat, tekstür ve görünüş puanlarının istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından laktoz içeriğinin azalma oranının görünüş, tat ve tekstür puanları üzerine etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından tuz oranının ayran örneklerinin görünüş puanları üzerine $P<0.01$ önem düzeyinde, tat puanları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu ve tekstür puanları üzerine etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. Ana varyasyon kaynaklarından depolama zamanının ise ayran örneklerinin görünüş puanları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu, tat ve tekstür puanları üzerine etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. Depolama süresince belirlenen ayran örneklerine ait ortalama tat, tekstür ve görünüş puanlarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Görünüş			Tat		Tekstür	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Laktoz oranı (LO)	2	0.00800222	0.05	0.55416667	1.91	0.05896296	0.19
Tuz oranı (TO)	2	0.94300222	5.36**	5.08472222	17.56***	0.16474074	0.54
Depolama zamanı (D)	2	1.32536000	7.53***	0.34305556	1.18	0.31851852	1.04
LO x TO	4	0.14684444	0.83	0.39722222	1.37	0.35629630	1.16
LO x D	4	0.07300222	0.41	0.28055556	0.97	0.05407407	0.18
TO x D	4	0.08125222	0.46	0.45069444	1.56	0.22918519	0.75
LO x TO x D	8	0.09351111	0.53	0.49652778	1.71	0.13340741	0.43
Hata	108	0.17594407		0.28958333		0.30681481	

P <0.01 *P <0.001

Ayran örneklerine ait ortalama tat, tekstür ve görünüş puanlarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Kontrol ayran örnekleri, laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış süttten üretilen ayran örneklerinin görünüş, tat ve tekstür puanları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı

($P>0.05$) saptanmıştır. Farklı tuz oranlarına sahip ayran örneklerinin tekstür puanları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı ($P>0.05$) görülmüştür. Tuz oranının artması ile ayran örneklerinin tat puanlarının tat puanı 4.00 olan referans ayran örneğine yaklaştığı ($P<0.05$) saptanmıştır. Farklı oranlarda tuz içeren ayran örnekleri arasında, %0.9 oranında tuz içeren ayran örneğinin 4.39 ile tekstür bakımından referans ayran örneğine en yakın puanı aldığı tespit edilmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinin tat ve tekstür puanları arasında önemli bir farklılık olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Depolamanın 15. ve 30. gününde ayran örneklerinin görünüş puanlarının, depolamanın 1. gününe göre referans ayran örneğinin görünüş puanına daha yakın olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.30. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen tat, tekstür ve görünüş puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Laktoz içeriğinin azalma oranı (%)	Görünüş	Tat	Tekstür
Kontrol*	4.15±0.37 a**	3.59±0.64 a	4.48±0.49 a
50	4.13±0.47 a	3.37±0.57 a	4.48±0.54 a
100	4.12±0.47 a	3.44±0.65 a	4.42±0.57 a
Tuz oranı (%)			
0.3	3.97±0.37 b	3.13±0.46 c	4.48±0.51 a
0.6	4.25±0.47 a	3.46±0.57 b	4.51±0.55 a
0.9	4.18±0.43 a	3.81±0.64 a	4.39±0.54 a
Depolama zamanı (Gün)			
1	4.32±0.38 a	3.54±0.57 a	4.42±0.57 a
15	4.09±0.45 b	3.48±0.69 a	4.56±0.53 a
30	3.99±0.42 b	3.37±0.60 a	4.40±0.49 a

*Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ayran örneği

**Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ayran üretiminde kullanılan toplam kurumaddesi %8'e standardize edilmiş sütteki laktozun %50'sinin glikoz ve galaktoza hidrolize olması için süt, %0.1 oranında laktaz enzimi ile 10 dakika; sütteki laktozun tamamının glikoz ve galaktoza hidrolize olması için ise süt, %0.1 oranında laktaz enzimi ile 60 dakika süresince 37°C'ye ayarlanmış inkübatörde tutulmuştur. Laktoz içerikleri %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerle enzim aktivitesini sonlandırmak ve pastörizasyon amacı ile 85°C'de 15 dakika ısı işlem uygulanmıştır. Laktoz içeriği azaltılmamış süttten üretilen ayran örnekleri çalışmanın kontrol grubunu oluşturmuştur. Her bir ayran örneği kendi içinde 3 kısma ayrılmış ve her bir kısma %0.3, %0.6 ve %0.9 oranlarında tuz ilavesi yapılmıştır. Üretilen ayranlar 200 gramlık ve kapaklı plastik ambalajlar içerisine doldurulmuş ve 30 gün süresince 4°C'de depolanmıştır. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde ayran örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir.

Laktoz içeriği azaltılmamış ve laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerinin kurumadde, protein, kül ve yağ değerleri sadece depolamanın ilk gününde belirlenmiş olup, ortalama kurumadde miktarlarının %8.24 ile %9.00 arasında, ortalama protein miktarlarının %2.12 ile %2.19 arasında, ortalama kül miktarlarının %0.76 ile %1.39 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayran örneklerinin ortalama yağ miktarlarının ise %2.4 olduğu saptanmıştır.

Laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı ve depolama zamanının ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayran örneklerinin laktoz içeriğinin azalma oranı arttıkça örneklerin titrasyon asitliği değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte ayran örneklerine ilave edilen tuz oranındaki artışa bağlı olarak titrasyon asitliği değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Depolama süresince titrasyon asitliği değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı ve depolama süresi örneklerin pH değerleri üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayran örneklerinde laktoz içeriğinin azalma oranı ve ilave edilen tuz oranındaki artışa bağlı olarak pH değerlerinde artış olduğu saptanmıştır. Depolama süresince ayran örneklerinin pH değerlerinin düştüğü belirlenmiştir.

Laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı ve depolama zamanının ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır. Laktoz içeriğinin azaltılma oranı arttıkça ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek serum ayrılması değerinin laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış ayran örneklerine ait olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte ayran örneklerine ilave edilen tuz oranının artmasına bağlı olarak da serum ayrılması değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

Proteinlerdeki parçalanmanın bir göstergesi olan proteolitik aktivite değerinin, tüm örneklerde depolama süresince arttığı tespit edilmiştir. Ayran örneklerinin proteolitik aktivite değerleri üzerine incelenen ana varyasyon kaynaklarından laktoz içeriğinin azalma oranının $P<0.05$, tuz oranının $P<0.01$ ve depolama zamanının

$P<0.001$ önem düzeylerinde etkili olduğu saptanmıştır. Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerinin proteolitik aktivite değerlerinin kontrol ve laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayran örneklerine ilave edilen tuz oranlarının artmasıyla proteolitik aktivite değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Ayran örneklerinin görünür viskozite değerleri üzerine laktoz içeriğinin azalma oranı, tuz oranı ve depolama zamanının $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır. Laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılan sütlerden üretilen ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin, laktoz içeriği azaltılmamış sütten üretilen ayran örneklerine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayran örneklerine ilave edilen tuz oranının artmasına bağlı olarak görünür viskozite değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Depolama süresi uzadıkça ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin azaldığı saptanmıştır.

Depolama süresince yapılan reolojik analizler sonucunda, ayran örneklerinin üslü yasa modeline uyan akış davranışı gösterdiği tespit edilmiştir. Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerinin kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin laktoz içeriği azaltılmamış sütten ve laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerine göre düşük olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır. Bununla birlikte %0.3 tuz içeren ayran örneklerine ait kıvam katsayısı değerlerinin %0.6 ve %0.9 oranlarında tuz içeren ayran örneklerine göre yüksek olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir. %0.3 ve %0.6 oranlarında tuz içeren ayran örneklerinin tiksotropi değerlerinin %0.9 tuz içeren ayran örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayran örneklerine ilave edilen tuz miktarının artmasıyla akış davranış indeksi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinde belirlenen akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Depolamanın 1. ve 15. günlerinde örneklerin kıvam katsayısı değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı ($P>0.05$), depolamanın 30. gününde ise örneklerin kıvam katsayısı değerlerinin 1. ve 15. gününde belirlenen değerlerden düşük olduğu tespit edilmiştir.

Laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış ayran örneklerinin laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarının sırasıyla %0.61, %0.62 ve %1.28 olduğu, laktoz içeriği %100 azaltılmış sütlerden üretilen ayran örneklerinin laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarının ise sırasıyla %0.03, %0.95 ve %1.61 olduğu belirlenmiştir. Laktoz parçalanma oranı arttıkça örneklerin glikoz ve galaktoz miktarı miktarlarının da arttığı tespit edilmiştir. Tuz oranının ayran örneklerinin laktoz ve galaktoz miktarları üzerine sırasıyla $P<0.001$ ve $P<0.05$ önem düzeylerinde etkili olduğu, glikoz miktarları üzerine ise etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. Depolama süresince ayran örneklerinin laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarının azaldığı belirlenmiştir.

Laktoz içeriği %100 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısının, kontrol ve laktoz içeriği %50 oranında azaltılmış sütten üretilen ayran örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Laktoz içeriğinin azalma oranı arttıkça ayran örneklerinin *Streptococcus thermophilus* sayılarının arttığı saptanmıştır. Üretimlerinde %0.3, %0.6 ve %0.9 oranlarında tuz ilavesi yapılan ayran örneklerindeki tuz ilave oranı arttıkça örneklerdeki *Lactobacillus delbrueckii* subps. *bulgaricus* sayısında azalma olduğu

($P<0.05$) belirlenirken, örneklerdeki *Streptococcus thermophilus* sayıları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.005$) tespit edilmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinde belirlenen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayılarının azaldığı belirlenmiştir.

Ayran örneklerinde yapılan duyusal analiz sonucunda tuz oranı ve depolama zamanının ayran örneklerinin görünüş puanları üzerinde $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu, laktoz içeriğinin azalma oranının ise etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir. Ayran örneklerinin tat puanları üzerine laktoz oranı ve depolama zamanının istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$), tuz oranının ise $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte ayran örneklerinin tekstür puanları üzerine laktoz oranı, tuz oranı ve depolama zamanının önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır.

Üretilen laktoz içeriği azaltılmış ayran örneklerinin depolama süresince belirlenen fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Tebliği'ne uygun olduğu tespit edilmiştir. Laktoz parçalanmasından dolayı meydana gelen şekerli tadı baskılamak amacıyla 3 farklı oranda tuz ilave edilen ayran örneklerinin kontrol ve referans ayran örnekleri ile karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilen duyusal analiz sonucu; laktoz içeriği %50 ve %100 oranlarında azaltılan sütlerden üretilen ve %0.9 oranında tuz içeren ayran örneklerinin görünüş, tat ve tekstür özelliklerinin referans ayran örnekleri ile benzer olduğu belirlenmiştir. Laktoz içeriği azaltılmış ayran üretimi üzerine odaklı bu çalışmada, laktoz intoleranslı bireylerin tüketebilecekleri, geleneksel ayranların duyusal özelliklerine benzer laktoz içeriği azaltılmış ayran üretiminin gerçekleştirilebileceği değerlendirilmiştir.

Bununla birlikte, gelecek çalışmalarda duyusal özelliklerinin yanı sıra fiziksel ve kimyasal özelliklerinin de geleneksel ayranlara benzediği laktoz içeriği azaltılmış ayran üretimi için, sütteki laktozun azaltılmasında farklı yöntemlerin kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Abbasi, S. and Saeedabadian, A. 2015. Influences of lactose hydrolysis of milk and sugar reduction on some physical properties of ice cream. *J. Food Sci Technol*, 52 (1): 367-374.
- Ağaoğlu, S., Alemdar, S. ve Ekici, K. 1998. Van'da açık olarak tüketime sunulan ayranların mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9 (1-2): 57-58.
- Akbulut, N., Yerlikaya, O. ve Ender, G. 2010. Meyveli ABC Fermente Süt İçeceği Üretimi, Ege Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu, Proje No: 2007-ZRF-009.
- Akgül, F.B. 2010. β -galactosidase enzimi ile yağsız sütte laktoz hidrolizinin incelenmesi ve modellenmesi. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 120 s.
- Akın, N. 1999. İnek ve koyun sütünden üretilen bazı konsantre fermente süt ürünlerinin sertliği ve duysal özellikleri. *J Vet Anim Sci*, 23 (3): 583-590.
- Akın, N. 2006. Modern Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Damla Ofset Basım evi, Konya, 456 s.
- Akoğlu, A. ve Oruç, M. 2018. Metabolik Gıda İntoleransları. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22 (2): 284-295.
- Akyüz, N. ve Coskun, H. 1995. Meyveli yoğurt üretimi. III. Milli süt ve süt ürünleri sempozyumu bildiriler kitabı, MPM Yayınları: 548, ss. 285-293.
- Alagöz, D. 2007. β -galaktozidaz ve glukoz izomeraz'ın eupergit desteğe kovalent immobilizasyonu ve immobilize enzimlerin laktoz hidrolizi ve glukoz izomerizasyonunda kullanılması. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana, 85 s.
- Amoroso, M.J., De Nadra, M.M. and Oliver, G. 1989. The growth and sugar utilization by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* isolated from market yogurt. *Le lait*, 69 (6): 519-528.
- Anonim. 1994. TS 1018 Çiğ İnek Sütü Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 14 s.
- Anonim. 1995. TS 8189 Sütte Yağ Tayini-Gerber Metodu standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 10 s.
- Anonim. 2004. Türkiye'ye özgü beslenme rehberi. T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim. 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Tebliğ No: 2009/25. T.C. Resmi Gazete 16.02.2009 tarih ve 27143 sayı. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim. 2018. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni Süt Ürünleri Üretim İstatistikleri Haziran/2018 Bülteni.

- Anonymous. 2003. Yogurt identification of characteristic microorganisms (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*). International Dairy Federation Standart. Belgium, 146 s.
- Anonymous. 2004. B-galaktosidaz Enzyme Product Specition Sheet, DSM Food specialties, ss 1-10.
- Anonymous. 2007. Milk and milk products-determination of lactose content by high-performance liquid chromatography. International Dairy Federation Standart. Belgium, ISO 22662/IDF98.
- Bingöl, Ş. 1995. Süt ve Ürünleri Sanayinde Verimlilik ve Kayıplar. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Yayın No: 548, Ankara, ss 178-204.
- Bölükbaşı, B. 2007. Trakya bölgesinde farklı köylerden alınan yoğurtlardan laktik asit bakterilerinin izolasyonu, bunların eps (ekzopolisakkarit) üretim kabiliyetlerinin belirlenmesi ve bu bakteriler kullanılarak ayran üretimine uygun kombinasyonlarının seçilmesi üzerine bir araştırma. Doktora tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 135 s.
- Church, F.C., Swaisgood, H.E., Porter, D.H. and Catignanai, G.L. 1983. Spectrophotometric assay using o-phthaldialdelhyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. *J Dairy Res*, 66: 1219-1227.
- Cruz, A., Cavalcanti, R., Guerreiro, L., Sant'ana, A., Nogueira, L., Oliveira, C., Deliza, R., Cunha, R., Faria, J. and Bolini, H. 2013. Developing a prebiotic yogurt: rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. *J Food Eng*, 114 (3): 323-330.
- Çakıroğlu, F.P. 2003. Yoğurdun besleyici ve sağlığı koruyucu etkisi. *Gıda*, 28 (1):101-104.
- Dağbaşı, S. 2009. Beta-galaktosidaz enzim üretiminin optimizasyonu ve saflaştırılması. Doktora tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir, 216 s.
- Dave, R.I. and Shah, N.P. 1996. Evaluation of media for selective enumeration of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacteria*. *J Dairy Res*, (79): 1529-1536.
- Demir, M., Ergin, F. ve Küçükçetin, A. 2017. β -galaktosidazın Süt Ürünleri Üretiminde Kullanımı. 1. Tarım ve Gıda Etiği Kongresi (Uluslararası katılımlı), 10-11 Mart, Ankara Üniversitesi, Ankara, ss 355-360.
- Demircioğlu, E. ve Kaner G. 2014. Süt ve türevleri laktoz intoleransının düşmanı mı? Yoksa bildiklerimiz yanlış mı?. *Güncel Gastroenteroloji*, 18 (1): 89-92.
- Dervişoğlu, M. 1995. Bileşimce zenginleştirilmiş inek sütlerine kola konsantresi ve aroma maddesi katılarak işlenen dondurmaların bazı nitelikleri üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 94 s.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik II). Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 1021, Ankara, 381 s.

- Folkenberg, D.M., Dejmek, P., Skriver, A. and Ipsen, R. 2006. Interactions between EPS-producing *Streptococcus thermophilus* strains in mixed yoghurt cultures. *J dairy Res.*, 73 (4): 385-393.
- Geilman, W.G. 1993. Preparation and properties of syrups made by hydrolysis of lactose. *Int Dairy Fed*, Munich, Germany, Bulletin of the IDF 289, pp 33-37.
- Gökalp, H.Y., Nas, S. ve Certel, M. 1996. Biyokimya -1 Temel Yapılar ve Kavramlar. Mühendislik Fakültesi Matbaası, Pamukkale Üniv. Mühendislik Fakültesi Ders Kitabı, Yayın No: 001, Çamlık, Denizli. 400 s.
- Gündüz, A. 2010. Model sistemlerde laktik asit bakterileri (*Lactobacillus bulgaricus* ve *Lactococcus lactis*) üzerine stres faktörlerin etkisinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi, Konya. 81 s.
- Gürsoy, O. ve Kınık, Ö. 2006. Probiyotik bakterilerin klinik uygulamalarında yeni gelişmeler-I. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43 (1): 181-188.
- Harju, M., Kallioinen, H. ve Tossavainen, O. 2012. Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: Technological aspects. *Int Dairy J*, 22 (2): 104-109.
- Hertzler, S.R., Huynh, B.C.L. and Savaiano, D.A. 1996. How much lactose is low lactose? *J Acad Nutr Diet*, 96 (3): 243-246.
- Horner, T.V., Dunn, M.L., Eggett, D.L., and Ogden, L.V. 2011. β -galactosidase activity of commercial lactase samples in raw and pasteurized milk at refrigerated temperatures. *Am Dairy Sci Assoc*, 94: 3242-3249
- Janhøj, T., Bom Frøst, M. and Ipsen, R. 2008. Sensory and rheological characterization of acidified milk drinks. *Food Hydrocolloids*, 22 (5): 798-806.
- Jelen, P. and Tossavainen, O. 2003. Low lactose and lactose-free milk and dairy products-prospects, technologies and applications. *Aust J Dairy Technol* 58(2): 161.
- Kırdar, S., Sezgin, E. ve Atamer, M. 2000. Beta d galaktosidaz enzimi kullanılarak yapılan yoğurtların kalite kriterleri üzerine bir araştırma. *Gıda Dergisi*, 25 (2): 425-430.
- Kırdar, S. ve Gün, İ. 2002. Burdur'da tüketilen süzme yoğurtların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Gıda*, 27 (1): 59-64.
- Kohneshahri, S. 2013. Yoğurt ve sütün sulandırılması ile üretilen ayranların özellikleri. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Erzurum, 57 s.
- Koska, B. 2007. İthal yoğurt kültürlerinin teknolojik ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 113 s.
- Köksoy, A. and Kılıç, M. 2003. Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink. *Int Dairy J*, 13 (10): 835-839.
- Köksoy, A. and Kılıç, M. 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids*, 18 (4): 593- 600.

- Kurt, A. 1984. Süt ve Mamüllerinin Fizik ve Kimyası. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 573 Erzurum.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. ve Çağlar, A. 1993. Süt ve Mamulleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum, ss 252-238.
- Kuş, H. 2010. İnsan orjinli probiyotik bakteriler kullanılarak probiyotik ayran üretimi. Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tekirdağ, 62 s.
- Ladero, M., Santos, A., García, J.L. and García-Ochoa, F. 2001. Activity over lactose and ONPG of a genetically engineered β -galactosidase from *Escherichia coli* in solution and immobilized: Kinetic modelling. *Enzyme and Microbial technology*, 29(2-3): 181-193.
- Lucey, J.A. 2004. Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. *Int J Dairy Technol*, 57 (2-3): 77-84
- Marteau, P. and Havenaar, R. 1997. Survival of lactic acid bacteria in a dynamic model of the stomach and small intestine: Validation and the effect of bile. *J Dairy Sci*, 80 (6): 1031-1037.
- Mckinley, M.C. 2005. The nutrition and health benefits of yoghurt. *Int J Dairy Technol*, 58 (1): 1-12.
- McSweeney, P.L.H. and Fox, P.F. 2009. Advanced Dairy Chemistry Volume 3: Lactose, Water, Salt and Minor Constituents, 3rd Ed, Springer, 793 s.
- Metin, M. 1999. Süt Teknolojisi. Ege Üniv. Mühendislik Fakültesi Yayınları: 33, İzmir, 795 s.
- Metin, M. ve Öztürk, G. 2002. Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri, Ege Meslek Yüksek Okulu Basımevi, İzmir, ss 227-243.
- Nagaraj, M., Sharanagouda, B., Manjunath, H. and Manafi, M. 2009. Standardization of different levels of lactose hydrolysis in the preparation of lactose hydrolysed yoghurt. *Iran J Vet Res*, 10 (2): 132-136.
- Numanoğlu, Y. and Sungur, S. 2004. β -galactosidase from *Kluyveromyces lactis* cell disruption and enzyme immobilization using a cellulose-gelatin carrier system. *Process Biochemistry*, 39 (6): 703-709.
- Nussinovitch, A., Chapnik, N., Gal, J. and Froy, O. 2012. Delivery of lactase using chocolate-coated agarose carriers. *Food Research International*, 46: 41-45.
- O'Leary, V.S. and Woychik, J.H. 1976. Utilization of lactose, glucose, and galactose by a mixed culture of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* in milk treated with lactase enzyme. *Appl Environ Microbio.*, 32 (1): 89-94.
- Oysun G. 1996. Süt ve Ürünlerinde Analiz Yöntemleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 504, Bornova-İzmir, 306 s.
- Özdemir, U. and Kılıç, M. 2004. Influence of fermentation conditions on rheological properties and serum separation of ayran. *Journal of Texture Studies*, 35: 415-428.

- Özünü, B. 2005, Ayran kalitesinde etkili bazı parametreler üzerine araştırmalar. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara, 127s.
- Panesar, P.S., Panesar, R., Singh, R.S., Kennedy, J.F. and Kumar, H. 2006. Microbial production, immobilization and applications of β -D-galactosidase. *J Chem Technol Biotechnol*, 81 (4): 530-543.
- Pawlowska, K., Umlawska, W. and Iwańczak, B. 2015. The impact of lactose malabsorption and lactose intolerance on dairy consumption in children and adolescents with selected gastrointestinal diseases. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 24(5): 863-871.
- Peker, S. ve Helvacı Ş.Ş. 2003. Akışkanlar Mekaniği. Literatür Yayıncılık, İstanbul, 3-80 s.
- Pektaş, S. 2014. Süt ve süt ürünlerinden izole edilen laktik asit bakterilerinin ekzopolisakkarit üretim yeteneklerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir, 187 s.
- Pilson, M.E.Q. and Kelly, A.L. 1962. Composition of the milk from *Zalophus californianus*, the California sea lion. *Science*, 135 (3498): 104-105.
- Pivarnik, L.F., Senecal, A.G. and Rand, A.G. 1995. Hydrolytic and transgalactosylic activities of commercial β -galactosidase (lactase) in food processing. *Advances in food and nutrition research. Elsevier*, 1-102 s.
- Polat, S. 2009. Farklı starter kültür kullanılarak üretilen ayranların kalite özellikleri. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana, 61 s.
- Rasic, J. and Kurman, J.A. 1978. Yogurt-Scientific Grounds, Technology, Manufacture and preparation. Distributed by: Technical Dairy Publishing House, DK-2720 Copenhagen, 466 s.
- Sanul, A.R. 1990. Laktaz Yetmezliği tanısında değişik miktarda laktoz içeren test yemekleri ile alınan sonuçlar. Uzmanlık tezi, Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi, İzmir, 30 s.
- Sanul, A.R., Özütemiz, A.Ö., Batur, Y. ve Tekeşin, O. 1994. 20 Laktaz yetmezlikli olguda laktoz içeren test yemeklerine tolerans. *İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Dergisi*. 4 (1): 37-40.
- Schkoda, P., Hechler, A. and Kessler, H.G. 1999. Effect of minerals and pH on rheological properties and syneresis on milk-based acid gels. *Int Dairy J*, 9 (3-6): 269-273.
- Schmidt, C., Mende, S., Jaros, D. and Rohm, H. 2016. Fermented milk products: effects of lactose hydrolysis and fermentation conditions on the rheological properties. *Dairy Sci. Technol.* 96 (2):199-211
- Sezgin, E. 1989. Fermente Süt Ürünlerinin Besin Değerleri ve İnsan Sağlığı Açısından Önemi. Ulusal Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu. Milli prodüktive merkezi, Ankara, ss 179-190.

- Sömer, V.F. 2013. Dayanıklı yoğurtların mikrobiyolojik, fizikokimyasal özelliklerinin ve biyojen amin içeriklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Burdur. 86 s.
- Steinkraus, K.H. 1992. Nutritional significance of fermented foods, *Food Res Int*, 27 (3): 259-267.
- Swagerty, D.L., Walling, A.D. and Klein, R.M. 2002. Lactose intolerance, *American Family Physician*, 65 (9): 1845-1851.
- Şimşek, O., Kurultay, Ş., Bilgin, B. ve Öksüz, Ö. 1994. Yoğurt Hataları. III. Milli Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, İstanbul, ss 351-356.
- Tamime, A.Y., and Robinson, R.K. 1999. Yoghurt Science and Technology. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 619 s.
- Tanrıseven, A. and Doğan, Ş. 2002. A novel method for the immobilization of β -galactosidase. *Department of Biochemistry*, 38 (1): 27-30.
- Taş, K.T. 2005. Çeşitli yağ ikame maddelerinin ayran kalite kriterleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 100s.
- Tomaschunas, M. 2013. Sensory and consumer-oriented studies on the effect of fat in different food matrices: a comparison between yoghurt, vanilla custard, Lyon-style and liver sausages. University of Hohenheim, Faculty of Natural Sciences Institute of Food Science and Biotechnology, Hamburg, 139 s.
- Tonguç, İ.E. 2006. Probiyotik ayran üretimi üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir, 153 s.
- Tonguç, İ.E. 2012. Laktoz ve galaktoz intoleranslı bireylerin tüketimine yönelik fermente süt ürünlerinin geliştirilmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir, 198 s.
- Tonguç, I. ve Karagözlü, C. 2017. Yoghurt drink for lactose and galactose intolerant patients. *Italian J Food Sci*, 29.(4): 697-706.
- Tutumlu, Ş. 2011. 10-15 yaş aralığındaki ilköğretim öğrencilerinde süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlığı, laktoz sindirim gücü ve intoleransı üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çocuk Gelişimi ve Ev Yönetimi Eğitimi Ana Bilim Dalı, Beslenme Eğitimi Bilim Dalı, Konya, 85 s.
- Türkmen, N., Akal, C. ve Koçak, C. 2017. Farklı oranlarda peynir altı suyu kullanımı ile üretilen ayranların bazı özellikleri. *Akademik Gıda*, 15 (3): 256-260.
- Uraz, D. ve Aksoy, E. 1975. Ayran. Çayır Mer'a ve Zootečni Araştırma Enstitüsü, Yayını No: 52, Ankara.
- Üçüncü, M. 2004. A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları. 1. Meta Basım, İzmir, 543 s.
- Üçüncü, M. 2005. Süt ve Mamülleri Teknolojisi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Meta Basım, İzmir, 600 s.

- Ünver, H. 2014. *Saccharomyces boulardii* kullanarak probiyotik yoğurt üretimi ve bazı prebiyotiklerin yoğurtların çeşitli nitelikleri üzerine etkisinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 107s.
- Van de Castele, S., Vanheuverzwijn, T., Ruysen, T., Van Assche, P., Swings, J. and Huys, G. 2006. Evaluation of culture media for selective enumeration of probiotic strains of lactobacilli and bifidobacteria in combination with yoghurt or cheese starters. *Int Dairy J*, 16 (12): 1470-1476.
- Vasiljevic, T. ve Jelen, P. 2001. Production of β -galactosidase for lactose hydrolysis in milk and dairy products using thermophilic lactic acid bacteria, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2: 75-85.
- Vasiljevic, T. and Jelen, P. 2003. Drying and storage of crude β -galactosidase extracts from *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* 11842. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 4 (3): 319-329.
- Vénica, C.I., Bergamini, C.V., Zalazar, C.A. and Perotti, M.C. 2013. Effect of lactose hydrolysis during manufacture and storage of drinkable yogurt. *Journal of Food & Nutritional Disorders*. 2:5; 1-7.
- Yalçın, S. 2016. Homojenizasyon ve ısıtma işlemlerinin farklı oranlarda yağ içeren sütlerden üretilen ayanın fizikokimyasal ve duyu özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Antalya, 82 s.
- Yaygın, H. 1999. Yoğurt Teknolojisi. Akdeniz Üniversitesi, Yayın No:75, Antalya, 330 s.
- Yıldırım, M. ve Yıldırım, Z. 2010. "Traditional yoghurts in Turkey", The 1st International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, ss. 74-76, 15-17. April, Tekirdağ, Turkey.
- Yıldırım, N. 2011. Laktozu indirgenmiş yoğurt üretimi. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 86 s.
- Yöney, Z. 1967. Yoğurt Teknolojisi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 289. Ankara, 101 s.
- Yüce, Ö. 2014. Karın ağrısı ile giden fonksiyonel gastrointestinal hastalıklarda laktoz ve fruktoz intolerans sıklığının araştırılması. Uzmanlık tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Çocuk Gastroenteroloji, Hepatoloji ve Beslenme Bilim Dalı, Samsun, 105s.
- Yüksekdağ, Z.N. ve Beyatlı, Y. 2003. Kefir mikroflorası ile laktik asit bakterilerinin metabolik, antimikrobiyal ve genetik özellikleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji*, 1 (2), 49-69.
- Wolf, I.V., Vénica, C.I. and Perotti, M.C. 2015. Effect of reduction of lactose in yogurts by addition of β -galactosidase enzyme on volatile compound profile and quality parameters. *Int J Sci Technol*, 50 (5): 1076-1082.

ÖZGEÇMİŞ

Handan KOCABAŞ
kocabashandan@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2017-2019	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2011-2015	Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya