ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yarrowia lipolytica, Debaryomyces hansenii VE *Kluyveromyces lactis* SUŞLARININ BEYAZ PEYNİR ÜRETİMİNDE YARDIMCI KÜLTÜR OLARAK KULLANIMI

Büşra SEVİNÇ

SÜT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2021

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Büşra SEVİNÇ tarafından hazırlanan "***Yarrowia lipolytica, Debaryomyces hansenii* ve *Kluyveromyces lactis* Suşlarının Beyaz Peynir Üretiminde Yardımcı Kültür Olarak Kullanımı**" adlı tez çalışması 14/06/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Şebnem BUDAK
Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

Eş Danışman :

Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof. Dr. Sencer BUZRUL
Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye **:** Prof. Dr. Ayşe GÜRSOY
Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

Üye **:** Doç. Dr. Şebnem BUDAK
Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Özlem YILDIRIM
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

14/06/2021

Büşra SEVİNÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Yarrowia lipolytica, Debaryomyces hansenii VE *Kluyveromyces lactis* SUŞLARININ BEYAZ PEYNİR ÜRETİMİNDE YARDIMCI KÜLTÜR OLARAK KULLANIMI

Büşra SEVİNÇ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Şebnem BUDAK

Bu çalışmada, ticari starter kültür kullanılarak gerçekleştirilen Beyaz peynir üretimlerinde üç ay süren olgunlaşma periyodunda tat ve aroma gibi duyusal özelliklerin gelişimi amacıyla üç farklı maya türü yardımcı kültür olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda dört farklı peynir üretilmiştir. Kontrol peyniri sadece ticari peynir starter kültürü içerirken, diğer üç üretimde bu kültüre ilave olarak sırasıyla *Yarrowia lipolytica*, *Debaryomyces hansenii* ve *Kluyveromyces lactis* maya suşları kullanılarak üretim yapılmıştır. Üretilen beyaz peynir örneklerinde, olgunlaşmanın 1, 30, 60. günlerinde kimyasal kompozisyon (pH ve asitlik, kurumadde, yağ, tuz, toplam protein, suda çözünen azot, olgunlaşa indeksi), mikrobiyel sayı (toplam aerobik mezofilik bakteri, maya-küf, *Lactobacillus* ve *Lactococcus* cinsi bakteri), uçucu bileşen profili, tekstür profili ile duyusal beğeni özellikleri belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre kullanılan mayaların peynir üretim ve olgunlaşması üzerine etkileri maya türüne bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. *Y. lipolytica* ilavesi ile üretilen peynirler duyusal olarak en çok beğenilen peynir olmuştur. Bu sonuca, kontrol peynir de dahil olmak üzere bu peynirin diğer peynirlere göre daha fazla yağ içeriğine sahip olması, daha ileri lipolitik aktivite nedeni ile bütirik asit başta olmak üzere kısa ve orta zincirli yağ asitlerinin yüksekliğinin neden olduğu düşünülmektedir. *D. hansenii* ilave edilen peynirlerin ise olgunlaşma indeksi değeri diğer tüm peynirlere göre daha yüksek tespit edilmiş olup, bu sonuç da bu şekilde üretilen peynirlerin ileri proteolitik aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak ileri proteolitik aktivite göstergesi olarak *D. hansenii* ile üretilen örneklerin duyusal analizler kapsamında gerçekleştirilen yapı-tekstür sonucunun ve enstrümental tekstür analizleri kapsamında elde edilen sertlik değerinin en düşük değerde tespit edilmiş olması düşünülmektedir. *K. lactis*'in ise peynir olgunlaşması esnasında laktoz metabolizması ve laktik asit oluşumu ile ilişkili olduğu belirlenmiş olup, özellikle *Lactococcus* cinsi bakterilerinin gelişimini sinerjistik şekilde teşvik ettiği düşünülmektedir.

Haziran 2021, 70 sayfa

Anahtar Kelimeler: yardımcı kültür, peynir olgunlaşması, *Yarrowia lipolytica, Debaryomyces hansenii, Kluyveromyces lactis*

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

USE OF *Yarrowia lipolytica*, *Debaryomyces hansenii* AND *Kluyveromyces lactis* AS ADJUNCT CULTURE IN BEYAZ CHEESE PRODUCTION

Büşra SEVİNÇ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Dairy Technology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şebnem BUDAK

In this study, three different types of yeast species were used as adjunct cultures to develop the taste and aromatic features of White cheese produced by using commercial starter culture during three-months of ripening period. Four different batches of cheeses have been produced, in which controlled cheese involves only commercial starter culture while the other three types have been produced with *Yarrowia lipolytica*, *Debaryomyces hansenii* and *Kluyveromyces lactis* species individually together with commercial starter culture. The chemical composition (pH, titration acidity, dry matter, fat, salt, total protein), microbial number (total aerobic mesophilic bacteria, yeast-mold, *Lactobacillus* and *Lactococcus* spp.), volatile compound profile, texture profile and sensory specifications of cheeses were determined on 1st, 30rd and 60th days of ripening.

Results revealed that the effects of the yeasts on cheese production and ripening varied depending on the yeast type. Cheese produced with the addition of *Y. lipolytica* was the most favorite cheese in terms of sensory evaluation. This result may be due to be the high content of short and medium chain fatty acids, particularly butyric acid, and also this cheese had higher fat content and more advanced lipolytic activity than other cheeses, including control cheese. The ripening index value of the cheese produced by using *D. hansenii* was found to be higher than all other cheeses, and this result indicated that it had an advanced proteolytic activity. In addition, it is thought that the structure-texture result of the sensory analyzes of the samples produced with *D. hansenii* as an indicator of advanced proteolytic activity and the hardness value obtained within the scope of the instrumental texture analyzes were determined at the lowest value. *K. lactis* was associated with lactose metabolism and lactic acid formation during cheese ripening, and it is thought to promote the development of *Lactococcus* spp. synergistically.

June 2021, 70 page

Key Words: adjunct cultures, cheese ripening, *Yarrowia lipolytica*, *Debaryomyces hansenii*, *Kluyveromyces lactis*

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın oluşumundan tamamlanmasına kadar geçen tüm süreçte, değerli fikirleri ile bana yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Şebnem Budak'a (Süt Teknolojisi Anabilim Dalı), değerli zamanlarını ayırarak, tezimin jürisine katılıp, geliştirici fikir ve öneriler getirmiş olan Prof. Dr. Sencer Buzrul (Gıda mühendisliği Anabilim Dalı) ve Prof. Dr. Ayşe Gürsoy (Süt Teknolojisi Anabilim Dalı) hocalarıma, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Atatürk Orman Çiftliği Süt Fabrikası müdürü Dr. Şahin Durna ve mesai arkadaşlarıma,

Hayatımın her anında olduğu gibi bu süreçte de anlayışları ve sevgileriyle en büyük destekçim olan canım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Büşra SEVİNÇ
Ankara, Haziran 2021

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI
ETİK i
ÖZET ii
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER DİZİNİ viii
ŞEKİL DİZİNİ ix
ÇİZELGELER DİZİNİ x
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 5
2.1 Süt Endüstrisinde Kullanılan Kültürler 5
2.1.1 Primer (starter) kültürler 5
2.1.2 Sekonder (ikincil/yardımcı/adjunct) kültürler 6
2.2 Peynirden İzole Edilen Mayalar 8
2.2.1 Yarrowia lipolytica 9
2.2.2 Debaryomyces hansenii 10
2.2.3 Kluyveromyces lactis 10
2.3 Mayaların Laktik Asit Bakterileri İle Etkileşimi 11
2.4 Mayaların Peynir Olgunlaşmasındaki Rolü 11
2.5 Mayaların Peynir Üretiminde Yardımcı Kültür Olarak Kullanılması Üzerine Yapılmış Çalışmalar 12
3. MATERYAL VE YÖNTEM 16
3.1 Materyal 16
3.1.1 Çiğ süt 16
3.1.2 Starter kültür 16
3.1.3 Maya 16
3.1.4 Peynir mayası (Rennet) 16
3.1.5 Kalsiyum klorür ($CaCl_2$) 17
3.1.6 Tuz (NaCl) 17
3.2 Yöntem 17
3.2.1 Beyaz peynirin üretimi 17
3.2.2 Uygulanan kimyasal analizler 19

3.2.2.1 Yağ içeriği 19
3.2.2.2 Toplam kuru madde (KM) içeriği 19
3.2.2.3 Tuz miktarı (KM'de) 19
3.2.2.4 pH değeri 20
3.2.2.5 Asitlik değeri 20
3.2.2.6 Protein miktarı 20
3.2.2.7 Suda çözünen azot miktarı (SÇA) 21
3.2.2.8 Olgunlaşma indeksi 21
3.2.3 Uygulanan mikrobiyolojik analizler 22
3.2.3.1 Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayımı 22
3.2.3.2 Maya ve küf sayımı 22
3.2.3.3 Lactobacillus cinsi bakteri sayımı 22
3.2.3.4 Lactococcus cinsi bakteri sayımı 23
3.2.4 Tekstür analizleri 23
3.2.5 Uçucu bileşenlerin belirlenmesi 23
3.2.6 Duyusal değerlendirme 24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 25
4.1 Çiğ Sütün Özellikleri 25
4.2 Peynirlerin Kimyasal Özellikleri 25
4.2.1 pH değeri 25
4.2.2 Titrasyon asitliği 27
4.2.3 Kuru madde İçeriği 28
4.2.4 Yağ içeriği 29
4.2.5 KM'de % yağ içeriği 30
4.2.6 KM'de % tuz İçeriği 31
4.2.7 Protein içeriği 31
4.2.8 Suda çözünen azot içeriği 32
4.2.9 Olgunlaşma indeksi 33
4.3 Peynirlerin Mikrobiyolojik Özellikleri 34
4.3.1 Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı 34
4.3.2 Maya-küf sayısı 34
4.3.3 Lactobacillus cinsi bakteri sayısı 36
4.3.4 Lactococcus cinsi bakteri sayısı 37
4.4 Peynirin Duyusal Analiz Özellikleri 38

4.4.1 Tat-koku değerlendirmesi **38**
4.4.2 Yapı-tekstür değerlendirmesi **39**
4.4.3 Renk-görünüş değerlendirmesi **39**
4.5 Tekstür Analizleri **40**
4.5.1 Sertlik (hardness) **40**
4.5.2 Yapışkanlık (adhesiveness) **41**
4.5.3 Elastikiyet (springiness) **42**
4.5.4 Esneklik (resilience) **42**
4.5.5 İç yapışkanlık (cohesiveness) **43**
4.5.6 Sakızımsılık (gumminess) **44**
4.5.7 Çiğnenebilirlik (chewiness) **44**
4.6 Uçucu Bileşen (Aroma) Profili **45**
4.6.1 Karboksilik asitler **45**
4.6.2 Alkoller **47**
4.6.3 Ketonlar **49**
4.6.4 Esterler **51**
4.6.5 Aldehitler **52**
4.6.6 Hidrokarbonlar **54**
4.6.7 Diğer (muhtelif) bileşenler **55**
5. SONUÇLAR **57**
KAYNAKLAR **65**
ÖZGEÇMİŞ ..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGELER DİZİNİ

H_2SO_4 Sülfirik Asit
HCI Hidroklorik Asit
NaOH Sodyum Hidroksit
NaCl Sodyum Klorür

Kısaltmalar

HPLC	Yüksek Basınç Sıvı Kromotografisi
RP-HPLC	Ters Faz-Yüksek Basınç Sıvı Kromotografisi
GC	Gaz Kromotografisi
GC-MS	Gaz Kromotografisi Kütle Spektrometresi
SPME	Katı Faz Mikro Ekstraksiyonu
PAS	Peyniraltı suyu
TFA	Trifloroasetik Asit
FID	Alev İyonlaştırmalı Dedektör
IS	Internal (iç) Standart
TAMB	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri
SN	Çözünür Azot
WSN	Suda Çözünür Azot
TN	Toplam Azot
LA	Laktik Asit
RH	Bağıl Nem
°SH	Soxhelet-Henkel
ANOVA	Varyans Analizi
HO	Hidrofobik
HI	Hidrofilik

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1 Beyaz peynir üretim yöntemi 18

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Gaz kromatografi-kütle spektrometresi (GC-MS) cihazının çalışma parametreleri 24
Çizelge 3.2 Gaz kromatografi-kütle spektrometresi (GC-MS) cihazının fırın sıcaklık programı 24
Çizelge 3.3 Duyusal değerlendirmede kullanılan hedonik skala 24
Çizelge 4.1 Kullanılan çiğ sütlerin bazı kimyasal özellikleri (n=2)* 25
Çizelge 4.2 Olgunlaşma süresince örneklerin pH değerlerindeki değişim (n=2)* 26
Çizelge 4.3 Olgunlaşma süresince örneklerin % LA değerlerindeki değişim (n=2)* 27
Çizelge 4.4 Olgunlaşma süresince örneklerin kuru madde değerlerindeki değişim (n=2)* 28
Çizelge 4.5 Olgunlaşma süresince örneklerin yağ değerlerindeki değişim (n=2) 29
Çizelge 4.6 Olgunlaşma süresince örneklerin KM de yağ değerlerindeki değişim (n=2)* 30
Çizelge 4.7 Olgunlaşma süresince örneklerin KM'de tuz değerlerindeki değişim (n=2)* 31
Çizelge 4.8 Olgunlaşma süresince örneklerin protein değerlerindeki değişim (n=2)* 31
Çizelge 4.9 Olgunlaşma süresince örneklerin suda çözünen azot değerlerindeki değişim (n=2)* 32
Çizelge 4.10 Olgunlaşma süresince örneklerin olgunlaşma indeksi değerlerindeki değişim (n=2)* 33
Çizelge 4.11 Olgunlaşma süresince örneklerin TAMB sayısındaki değişim (log_{10}KOB/g) (n=2)* 34
Çizelge 4.12 Üretilen peynir örneklerinin olgunlaşma süresince maya-küf sayısındaki değişim (log_{10}KOB/g) (n=2) 35
Çizelge 4.13 Üretilen peynir örneklerinin olgunlaşma süresince *Lactobacillus* cinsi bakteri sayısındaki değişim (log_{10}KOB/g) (n=2) 36
Çizelge 4.14 Üretilen peynir örneklerinin olgunlaşma süresince *Lactococcus* spp. sayısındaki değişim (log_{10}KOB/g) (n=2) 37
Çizelge 4.15 Üretilen peynir örneklerinin tat-koku değerleri (n=2)* 38
Çizelge 4.16 Üretilen peynir örneklerinin yapı-tekstür değerleri (n=2)* 39
Çizelge 4.17 Üretilen peynirlerin renk-görünüş değerleri (n=2)* 40
Çizelge 4.18 Üretilen peynir örneklerinin sertlik (hardness) değerleri (n=2)* 41
Çizelge 4.19 Üretilen peynir örneklerinin yapışkanlık (adhesiveness) değerleri (n=2)* 41
Çizelge 4.20 Üretilen peynir örneklerinin elastikiyet (springiness) değerleri (n=2)* 42
Çizelge 4.21 Üretilen peynirlerin esneklik (mm) değerleri (n=2)* 43

Çizelge 4.22 Üretilen peynirlerin iç yapışkanlık (%) değerleri (n=2)* 43
Çizelge 4.23 Üretilen peynir örneklerinin sakızımsılık (g) değerleri (n=2)* 44
Çizelge 4.24 Üretilen peynir örneklerinin çiğnenebilirlik (g·cm) değerleri (n=2)*..... 45
Çizelge 4.25 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen karboksilik asitlerin bağıl (relatif) miktarları (mg/kg) (n=2)*..... 46
Çizelge 4.26 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen alkollerin bağıl (relatif) miktarları (mg/kg) (n=2)*..... 48
Çizelge 4.27 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen keton miktarları (mg/kg) (n=2)*..... 50
Çizelge 4.28 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen ester miktarları (mg/kg) (n=2)*..... 51
Çizelge 4.29 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen aldehit miktarları (mg/kg) (n=2)*..... 53
Çizelge 4.30 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen hidrokarbon miktarları (mg/kg) (n=2)*..... 54
Çizelge 4.31 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen diğer bileşen miktarları (mg/kg) (n=2)*..... 56

1. GİRİŞ

Vücut için gerekli enerji ve besin kaynaklarımız arasında süt ve sütten üretilen peynir, yoğurt, kefir gibi süt ürünleri önemli bir yere sahiptir. Süt ürünleri arasında da zengin bileşimi, besleyicilik ve sağlık üzerine olumlu etkileri ile peynir ayrı bir yer teşkil etmektedir. Günümüzde peynir çiğ veya pastörize süt kullanılarak üretilebilmektedir. Çiğ süt kullanılarak üretilen peynirler enfeksiyon veya intoksikasyon gibi insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek önemli risk faktörleri içermektedir (Oğuz ve Andiç 2019). Bu nedenle endüstriyel peynirlerin üretiminde pastörize süt kullanılmaktadır.

Standart kalitede süt ürünleri üretilebilmesi için hammadde olarak kaliteli süt kullanımı ve üretimin hijyenik koşullarda sağlamasının yanı sıra termizasyon, pastörizasyon gibi ısıl işlemlerin uygulaması büyük önem az etmektedir. Ancak uygulanan ısıl işlemler, sütte patojen veya diğer zararlı mikroorganizmalarla birlikte, örneğin peynirin olgunlaşmasında rol oynayıp, ürüne özgü tat ve aromayı sağlayan bakterilerin de inaktif hale gelmesine neden olmaktadır (Soran ve Çelik 2018).

Peynir mikrobiyotasındaki mikroorganizmalar farklı peynir türlerinin sahip oldukları orijinal tat, aroma ve yapı gibi özelliklerin gelişmesinde özel bir yere sahiptir (Yerlikaya 2014). Çiğ sütten üretilen geleneksel peynirlerde sütten gelen ve zamanla çoğalan mikroorganizmaların oluşturduğu doğal bir mikrobiyota vardır. Bu zengin mikrobiyotada peynir işleme sıcaklığında seçici bakterilerin gelişmesiyle, bazı fark yaratan özellikler meydana getirmektedir (Montel vd. 2014).

Sütün çeşitli yöntemler kullanılarak pıhtılaştırılmasıyla elde edilen pıhtıdan suyun uzaklaştırılması ve şekil verilmesi ile elde edilen peynir; koagülasyon, süzme ve olgunlaşma olarak üç temel aşamadan meydana gelmektedir (Karabıyıklı ve Erdoğmu 2019). Olgunlaştırma peynirin lezzet, tekstür ve aroma özelliklerinin meydana geldiği en önemli aşamadır.

Peynir mikrobiyotası peynirde karakteristik tat-aroma ve tekstür gelişmesine yol açan biyokimyasal reaksiyonlarda başrolü oynamaktadır. Mikroorganizma metabolizması ve enzim aktivitesine bağlı olarak karbonhidrat, yağ ve proteinlerin parçalanması sonucu peynir istenen karakteristik özellikleri kazanmaktadır (Karabıyıklı ve Erdoğmuş 2019). Pastörize sütle üretilen peynirlerde çiğ sütün doğal mikrobiyotasından gelen ve olgunlaşmaya katkı sağladığı bilinen pek çok mikroorganizmanın sayısında ciddi ölçüde azalma meydana gelmekte ve bu şekilde geleneksel peynirlerdeki alışılagelmiş ve istenen yapı, tat ve aroma dengesi kaybolmaktadır. Peynir üretimlerinde çiğ süt kullanımı ise insan sağlığı üzerine olumsuz etki yaratma potansiyeli ve/veya bu etkinin bertaraf edilmesi amacıyla uzun olgunlaşma süresine ihtiyaç duyması nedenleri ile günümüzde endüstriyel üretimlerde tercih edilmemektedir. Bu nedenlerle, geleneksel, arzu edilen duyusal özellikleri sergileyen, standart ürün meydana getirebilmek için enzimatik aktiviteleri ile olgunlaşma sürecine fayda sağladığı belirlenmiş olan mikroorganizmaların saf kültür halinde ısıl işlem uygulanmış süte ilave edilmesi teknolojik bir zorunluluk haline gelmektedir.

Peynir üretiminde iki tip kültür kullanılmaktadır. Bunlar primer (starter) ve sekonder (yardımcı/adjunct) kültür olarak ikiye ayrılır. Primer kültürler starter kültür olarak da bilinmekte olup, çoğunlukla laktik asit bakterilerinden oluşmakta ve laktozdan laktik asit üretimini başlatma rolünü üstlenmektedir. Sekonder kültürler ise laktik asit oluşumundan ziyade peynirin karakteristik tadının meydana geldiği temel biyokimyasal reaksiyonlardan sorumludurlar (Irlinger vd. 2017). Mayalar, küfler, propiyonik asit bakterileri, coryneform bakteriler, stafilokok bakterileri ve starter olmayan laktik asit bakterilerinden oluşabilen sekonder kültürler, ileri enzimatik aktiviteleri ile özellikle peynirin olgunlaşması üzerine katkı sağlamakta, tat-aroma ve tekstür gelişimi üzerinde önemli rol oynamaktadır (Gürsoy ve Türkmen 2018). Örneğin Emmental peynirinde CO_2 oluşumu, Blue peynirde mavi damarların gelişimi veya Camembert peyniri yüzeyindeki kadife benzeri kalıpların büyümesi yardımcı kültürlerin kullanımı ile gerçekleşen oluşumlardır. Camembert peynirinde ayrıca starter kültürler kullanılmasına rağmen, olgun peynirlerin renk, aroma ve dokusal özellikleri, tamamen yardımcı kültür olarak kullanılan *Penicillium camemberti*'nin metabolik aktivitesi tarafından oluşmaktadır.

Mayalar, geleneksel olarak olgunlaştırılmış peynirlerin pek çoğunda önemli rol oynamaktadır (Oğuz ve Andiç 2019). Çoğunlukla süt işleme ortamının mikrobiyotalarında rastlanabildikleri gibi hammaddesi çiğ süt olan peynir işleme takımları, kullanılan salamuradan suya kadar doğal olarak pek çok yerde oluşabilmektedir (Yalçın vd. 2011). Mayaların süt ve süt ürünlerinde özellikle peynirlerde büyük yer edinmiş olması, ürün içinde canlılığını devam ettirebilme ve gelişebilme özelliğine sahip olduğunun, en önemlisi de süt bileşenlerini kullanabildiğinin bir kanıtı olarak gösterilebilmektedir (Gürsoy ve Kesenkaş 2011).

Peynir olgunlaşması esnasında gerçekleşen karmaşık biyokimyasal olaylarda mikrobiyal kaynaklı pıhtılaştırıcı enzimlerden yaygın olarak yararlanılmaktadır. Literatürde *Yarrowia lipolytica, Debaryomyces hansenii, Kluyveromyces lactis, Kluyveromyces marxianus, Geotrichum candidum* gibi pek çok maya türünün peynir olgunlaşmasında yardımcı kültür olarak kullanımı konusunda çeşitli çalışmalar mevcuttur (Kesenkaş ve Akbulut 2006).

Türkiye'de ortalama olarak 90 gün Beyaz peynirin olgunlaşma süresi olarak kabul edilmektedir. Ancak çoğunlukla endüstriyel Beyaz peynir üretiminde ekonomik nedenlerden dolayı bu süre oldukça kısalmakta ve bir aydan da kısa bir süre içerisinde tüketime sunulmaktadır. Bu da üretilen peynirlerin arzu edilen aroma ve yapı özelliklerine henüz ulaşamadan piyasaya sunulmasına neden olmaktadır (Göncüoğlu vd. 2009). Bu çalışmada da mayaların olgunlaşma süresi ve peynir kalitesi üzerine etkilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Özetle; sekonder kültürler peynirin olgunlaşma süresinde etkin yer alarak özellikle endüstriyel boyutta üretilen peynirlerde geleneksel tat, aroma ve yapı oluşumunu sağlamalarının yanında olgunlaşma süresi üzerine olan etkileri ile de büyük öneme sahiptir (Oğuz ve Andiç 2020). Peynir üreticileri açısından olgunlaştırma oldukça uzun süre gerektiren ve maliyeti yüksek bir işlemdir. Bu sürenin kısaltılması büyük ekonomik öneme sahiptir. Bu çalışmada da endemik doğal maya suşlarının peynir üretiminde yardımcı kültür olarak kullanılması ile olgunlaşma süresinin kısaltılması hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, daha önce geleneksel Karaman Divle Obruğu Tulum peynirinden izole edilen ve patojen olmayan bazı maya suşlarının Beyaz peynir üretiminde yardımcı kültür olarak kullanımı, olgunlaşmanın hızlandırılması ve olgunlaşma boyunca bazı kalite parametrelerinin takip edilerek belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda ticari starter kültür olarak *Lactococcus lactis subsp. cremoris* ve *Lactococcus lactis subsp. lactis* kullanılırken, her bir üretime ayrı ayrı *Y. lipolytica, D. hansenii* ve *K. lactis* mayaları yardımcı kültür olarak ilave edilmiştir. Kontrol ile birlikte 4 farklı Beyaz peynir üretilmiş olup 60 günlük olgunlaşmaya tabii tutulmuştur. Bu süre boyunca belli zamanlarda numuneler alınarak peynirlerin bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri belirlenmiştir. Beyaz peynirin karakteristik özelliklerini belirlemek amacıyla olgunlaşma süresinde 1. gün, 30. gün ve 60. gün'de alınan örneklerde aşağıda belirtilen analizler gerçekleştirilmiştir:

1. Kimyasal bileşim analizleri (yağ, toplam kuru madde, pH, asitlik, protein, tuz, suda çözünen azot, olgunlaşma indeksi),
2. Mikrobiyolojik analizler (toplam aerobik mezofilik bakteri, maya-küf, Lactobacillus cinsi bakteri, Lactococcus cinsi bakteri),
3. Tekstür profil özelliklerinin belirlenmesi,
4. Uçucu bileşen profilinin belirlenmesi,
5. Duyusal değerlendirme

Bu kapsamda, ticari laktik asit bakterileri yanında ayrıca *Y. lipolytica, D.hansenii* ve *K. lactis* maya suşlarının eklenmesinin Beyaz peynirin olgunlaşma süre ve özellikleri ile peynir kalitesini etkileyip etkilemediğinin belirlenmesine hedeflenmiştir. Ticari olarak üretilen ve ekonomik nedenlerden dolayı uzun olgunlaşma süresinin uygulanamadığı bazı peynirlerde, arzu edilen geleneksel tat- aroma ve duyusal özelliklerin iyileştirilmesinde alternatif yardımcı kültür olarak maya suşlarının kullanım potansiyelinin ve ülkemiz kültür ihtiyacını karşılama olanaklarının belirlenmesi açısından yapılan bu çalışmanın önemli olduğu değerlendirilmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Peynir, sütteki kazeinin rennet enzimi ve starter kültür kullanılarak pıhtılaştırma işlemi ve telemeden peynir altı suyunun uzaklaştırılması ile elde edilen fermente bir süt ürünü olarak tanımlanabilir. Ülkemizde olduğu gibi dünyada da çeşitli gelenesel tat, aroma ve yapıya sahip pek çok peynir çeşidi olduğu bilinmektedir. Laktik asit bakterileri, tüm peynir çeşitlerinde, hem üretim hem de olgunlaşma sırasında peynir için önemli role sahiplerdir. Birçok peynir çeşidinin mikrobiyotasını ise bakteri, küf ve mayaların oluşturduğu kompleks mikroorganizmalar meydana getirmektedir (Gürsoy ve Kesenkaş 2011). Bu karışık mikrobiyota sayesinde peynirde geleneksel tat, aroma ve yapının meydana geldiği esansiyel metabolitler oluşmaktadır.

2.1 Süt Endüstrisinde Kullanılan Kültürler

Peynir üretiminde primer kültürler ve sekonder kültürler olmak üzere kullanılan kültürler iki ana grupta toplanmaktadır.

2.1.1 Primer (starter) kültürler

Süt ürünlerinin üretiminde, sütteki temel besin maddelerinin ilk sırasında yer alan laktozun metabolizması, devamında da protein ve yağın yıkımı temel biyokimyasal reaksiyonlar olarak yer almaktadır. Laktik asit bakterileri, başlangıç kültürü olarak tercih edilen mikroorganizmaların en önemli grubunu oluşturarak özellikle laktoz ve laktat metabolizması sırasında büyük rol oynamakta (Oğuz ve Andiç 2019) olup, bu mikroorganizmalar starter kültür olarak ifade edilmektedirler. Özetle; primer kültürler, bir fermantasyon sürecini meydana getirmek için eklenen, bir veya daha fazla bakteri türünden oluşan homofermentatif laktik asit bakterileridir.

Başlangıç kültürü olarak da bilinen primer starter kültürler; sütte istenmeyen veya patojen mikroorganizmalar ile rekabet ortamı yaratarak ürüne özgü tat, koku ve tekstür gelişimini ve üründe standardizasyonu sağlar (Üçüncü 2005). Starter bakterilerin başlıca görevleri, son üründe belirli seviyede laktik asit meydana getirmek ve diğer

mikroorganizmaların etkinliklerini sınırlamaktır. Bunun yanında kısmen proteolitik aktivite ile uçucu aroma bileşenlerini oluşturmaktır (Evren 2011).

Primer kültürlerin peynir teknolojisindeki ana rolü, laktozu laktik aside metabolize etmektir. Ayrıca çoklu enzimatik aktivitelere bağlı olarak peynirin olgunlaşması sırasında lezzet ve aroma gelişimine katkıda bulunurlar (Cuffia 2019).

Peynir üretiminde *Lactococcus, Lactobacillus, Streptococcus, Leuconostoc* ve *Enterococcus* cinslere ait türler başlıca kullanılan starter kültürlerdir. Peynir çeşidine göre optimum gelişme sıcaklığı yaklaşık 30°C olan mezofilik (*Lb. lactis, Leu. lactis, Leu. mesenteroides subsp. cremoris*) veya optimum gelişme sıcaklığı yaklaşık 40°C olan termofilik (*Streptococcus thermophilus, Lb. helveticus*) starter kültürler kullanılabilmektedir (Hayaloğlu ve Özer 2011).

Geleneksel yöntemlerle üretilen birçok peynirde, sütte doğal olarak bulunan tanımlanmamış suş karışımları ise starter olmayan (rasgele gelişen) laktik asit bakterilerini temsil etmektedir (Mehlomakulu 2011).

2.1.2 Sekonder (İkincil/Yardımcı/Adjunct) kültürler

Bu mikroorganizmalar özellikle olgunlaşma esnasında gerçekleşen sekonder biyokimyasal reaksiyonlarda etkili olmaktadırlar. Destek kültür de denilen bu mikroorganizmalar, genellikle laktik asit üretmezler ve primer kültürlerle birlikte kullanılırlar. Temel görevleri, enzimatik sistemleri ile metabolik (biyokimyasal) değişimlere katkı sağlamak olan yardımcı kültürlerin olgunlaşma ve aroma gelişimi üzerine etkileri çok önemlidir. *Geotrichum candidum, Penicillium roqueforti, Penicillium camemberti, Debaryomyces hansenii, Brevibacterium linens, Propionibacterium freudenreichii* gibi mayalar, küfler ve bakteriler yanında *Corynebacterium, Micrococcus* ve heterofermentatif laktobasil cinslerine ait bazı türler en çok kullanılan yardımcı kültürlerdendir (Gürsoy 2018). Süte doğrudan ilave edilebildikleri gibi peynir gibi ürünlerde yüzeye de uygulamak mümkündür. Emmental

peynirinde CO_2 oluşumu, Mavi küflü peynirde mavi damarların gelişimi veya Camembert peyniri yüzeyinde kadife benzeri beyaz küflerin oluşması yardımcı kültürlerin etkisiyle gerçekleşmektedir. Camembert peyniri üretiminde başlangıçta primer kültürler kullanılsa da, olgunlaşma sonrasındaki peynirin rengi, aroması ve tekstürel özellikleri tamamen yardımcı kültür olarak kullanılmış olan *P. camemberti*'nin metabolik aktivitesi sonucu meydana gelmektedir. Sekonder kültürler ayrıca sentezledikleri proteaz ve lipaz enzim aktiviteleri ile olgunlaşmanın hızlanmasına da katkıda bulunmaktadır.

Yardımcı kültürler, fermentasyon sırasında laktozu laktik aside dönüştürme kabiliyetine sahip değillerdir (Engels vd. 2017). Fakat düşük pH seviyelerinde gelişebilme, laktat kullanımı gibi benzersiz özellikleri sayesinde üründe aroma, renk ve doku gelişimini sağlama, kontrol etme; karbondioksit oluşumu, proteolitik/peptidolitik, lipolitik/esterolitik ve amino asidi dönüştürme yetenekleri mevcuttur (Rattray 2003).

Peynir olgunlaşması sırasında sekonder kültürler, başlangıç kültürü desteği ile, hem aroma hem de kıvamın doğru gelişimi için hayati önem taşıyan bir dizi karmaşık biyokimyasal reaksiyonu gerçekleştirmektedir. Peynir yapımında yardımcı kültür olarak mayalar, olgunlaşma sırasında pH'ı yükseltir ve böylece peynirin tekstür ve pıhtılaşmasına katkıda bulunan laktik asit bakterilerinin gelişimini destekler (Mehlomakulu, 2011).

Sahingil vd. (2014) tarafından *Lactococcus lactis* ve *Lactococcus cremoris* başlangıç kültürü olarak kullanılmasının haricinde, *Lb. helveticus* ve *Lb. casei* suşlarının yardımcı kültür olarak ilave edilmesi ile üretilen Beyaz peynirlerin uçucu ve doku profillerinin tanımı ve miktarı üzerine kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Sonuç olarak, Beyaz salamura peynirde, olgunlaşma sıcaklığının yükselmesi ve olgunlaşma süresinin uzaması uçucu bileşik konsantrasyonlarında önemli ölçüde artışa neden olmuştur. Aynı zamanda yardımcı kültür kullanımı ile olgunlaşma sırasında peynirlerde alkoller, metil ketonlar ve asitler gibi bazı uçucu maddelerin konsantrasyonlarında artış olduğu da tespit edilmiştir (Sahingil vd. 2014).

2.2 Peynirden İzole Edilen Mayalar

Geçmişten günümüze kadar mayalar beslenmemizin pek çok alanında yer almaktadır. Ekmek, bira, şarap gibi gıdalarda olduğu gibi ekstraktlar, pigmentler ve probiyotiklerin üretimine ek olarak gıdalar, yemler ve ilaç endüstrisi için biyokimyasal maddelerin elde edilmesinde de mayalar büyük önem arz etmektedir (Kesenkaş ve Akbulut, 2006).

Peynirde çok sık karşılaşılabilir olması mayaların düşük pH, sıcaklık ve su aktivitesinde (a_w) gelişebilme özelliklerine sahip olmasındandır. Bu özelliklere ek olarak yüksek tuz konsantrasyonlarında da gelişme gösterebilmeleri mayaların peynirde kullanılabilirliğine büyük katkı sağlamaktadır (Ürkek vd. 2014). Süt işletmelerinin çevre koşullarının elverişliliği, kullanılan alet ekipmanlar, ortam ve hammadde olan çiğ sütte doğal bulaşan olarak bulunmaları diğer etkili faktörlerdendir. Ayrıca salamura da mayalar için önemli bir kontaminasyon kaynağıdır (Kesenkaş ve Akbulut 2006).

Özmen Toğay vd. (2020) tarafından yapılan bir araştırmada farklı geleneksel Türk peynirlerinden (Tulum, Kaşkaval, Mihalic, Orgu, Beyaz, Sepet ve Keçi) izole edilen 32 maya suşu moleküler yöntemlerle tanımlanmıştır. Bunlar arasında, *Debaryomyces hansenii* ve *Torulaspora delbrueckii* peynir örneklerinde tespit edilen baskın türler olarak belirlenmiştir. Tespit edilen diğer türler arasında *Saccharomyces cerevisiae, K. lactis, Kluyveromyces marxianus* yer almaktadır (Özmen Toğay vd. 2020).

Yarrowia lipolytica, mavi peynirlerin sekonder florasında en sık görülen türler arasındadır. Gkatzionis vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada *P. roqueforti* ve *Y. lipolytica* mavi peynir izolatlarını birleştiren mikrobiyolojik modellerin koku algısı, profilleme tekniği kullanılarak gerçek mavi peynirlerin kokusu ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak panelistler (n = 9) numuneleri mavi peynir koku yoğunluğuna göre sıralamışlar ve *P. roqueforti* + *Y. lipolytica* modelini, sadece *P. roqueforti* içeren kontrol modelden ayırmışlardır. Dolayısıyla, *Y. lipolytica* ile küf arasındaki sinerjinin mavi peynir kokusunun üretilmesinde etkili olabileceği görülmüştür.

Gerçekleştirilen çalışmalar göre peynir kaynaklı maya türleri çeşitlilik gösterse de; *K. marxianus, Rhodotorula mucilaginosa, D. hansenii, S. cerevisiae, Y. lipolytica, Trichosporoncutaneum (beigelii), Torulaspora delbrueckii* mayaları en sık rastlanılan 10 tür arasında yer almaktadır (Kesenkaş ve Akbulut 2006). Özellikle depo nemi ve sıcaklık gibi olgunlaşma koşulları, peynirde var olan maya çeşitliliği üzerine oldukça etkilidir.

Aşağıda peynir çeşitlerinde en fazla rastlanılan bazı maya türleri hakkında detaylı bilgi verilmektedir:

2.2.1 Yarrowia lipolytica

Peynirden en çok izole edilen *Y. lipolytica, Candida lipolytica*'nın bir telemorfudur. Mutlak aerobik olup laktik ve sitrik asitleri kullanabilmektedir. Optimum gelişme sıcaklığı 25-30ºC'dir. Ancak 5-10ºC ile 33-37ºC'lerde de gelişim gösterebilmektedir. Hücre dışı yüksek miktarda salgılanan lipolitik ve proteolitik aktiviteleri ile peynir tat ve aromasının oluşumuna katkıda bulunan en temel maya türüdür (Yalçın vd. 2011; Wyder vd. 2019).

Y. lipolytica genellikle mavi damarlı, yüzeyden olgunlaştırılan (smear) ve Tomme d'Orchies, Livarot, Havarti gibi kısa olgunlaşmış peynirlerde görülmektedir. Laktat üzerinde gelişir ancak laktoz veya galaktoz üzerinde gelişmez ve bu nedenle öncelikle peynir yüzeyinde veya boşluklu mavi damarlı peynirlerin iç kısmında bulunur. Türün 32°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gelişemediği ancak buzdolabı sıcaklığına yakın sıcaklıklarda gelişebildiği belirlenmiştir (Wyder vd. 2019)

Y. lipolytica suşları düşük sıcaklık ve yüksek tuz konsantrasyonunda lipolitik aktivitesinde azalma meydana gelsede, lipolitik aktivitenin devam ettiği yapılan çalışmalarda görülmüştür. *Y. lipolytica*'nın biyokimyasal aktiviteleri, ketonlar, alkoller, hidrokarbonlar ve esterler gibi çeşitli aroma maddelerinin oluşumuna prekürsör

bileşikleri meydana getirebilmesi gibi özellikleri sayesinde, peynirin duyusal özelliklerinde büyük etkiye sahiptir (Kesenkaş ve Akbulut 2006).

2.2.2 Debaryomyces hansenii

D. hansenii mezofilik bir mayadır. Düşük sıcaklık, yüksek tuz konsantrasyonu ve düşük su aktivitesinde (a_w: 0.65) gelişebilme özelliği sayesinde peynirlerde sık rastlanan maya türleri arasında yer almaktadır. Optimum gelişme sıcaklığı 25-30°C olan maya, aerobik ve fakültatif anaerobik gelişebilme yeteneğine sahiptir (Alzobaay ve Alzobaay 2018). Bu şekilde, laktik asiti aerobik veya anaerobik yolla katabolize edebilmektedir. Bu özelliği sayesinde de peynir yüzeyinde asitliğin düşmesine yardımcı olarak, yüzeydeki laktik ve asetik asit miktarında düşme sağlayabilmektedir. Bu özelliği ile peynirde *Clostridium butyricum* ve *Clostridium tyrobutyricum* gibi patojen bakterilere karşı inhibisyon etkisi göstermektedir (Kesenkaş ve Akbulut 2006).

D. hansenii, trigliseritten digliseride, ardından peynir aromasını geliştirmek için gerekli olan serbest yağ asitleri ve gliserole olmak üzere lipidlerde lipoliz olarak adlandırılan ileri enzimatik reaksiyonları gerçekleştirmektedir. Peynirde gerçekleşen lipid parçalanmasının ana faktörleri arasında özellikle primer ve sekonder mikroorganizmalar tarafından üretilen lipaz enzimi yer almaktadır. Yardımcı kültür olarak *D. hansenii* kullanılması gerçekleşen ileri lipoliz sonucu oluşan kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumu direkt olarak lezzetin artmasına katkı sağlamaktadır. Yağ asitleri, peynire farklı tatlar kazandıran esterler ve metil ketonlar gibi çok çeşitli aroma bileşiklerinin oluşumu esnasında öncül hammadde görevi üstlenmektedir (Alzobaay ve Alzobaay 2018).

2.2.3 Kluyveromyces lactis

Süt ve süt ürünlerinde yaygın olarak bulunan ve laktozu fermente edebilen bir türdür. Süt ürünlerindeki ana rolleri laktoz metabolizması olmakla birlikte aynı zamanda zayıf Proteolitik ve lipolitik aktivitelere sahiptir. Laktozu, proteini ve yağı metabolize ederek

peynirde olgunlaşmaya ve aroma oluşumuna katkı sağlamaktadır. Düşük pH, düşük a_w, yüksek tuz konsantrasyonu ve düşük saklama sıcaklıklarına tolerans gösterebilmektedir.

K. lactis, glikozun yanı sıra laktozu da metabolize etmektedir. Böylece glikoz ve galaktoz karışımlarını karbon kaynağı olarak kullanılabilir hale getirmektedir. *K. lactis*, laktozu hidrolize ederek şekerlerin maya tarafından kullanılmasına izin veren bir ß-galaktosidaz üretmektedir (Mehlomakulu 2011).

2.3 Mayaların Laktik Asit Bakterileri İle Etkileşimi

Geçmişten günümüze kadar pek çok fermente yiyecek ve içeceklerde mayalar laktik asit bakterileri ile etkileşim halindedir. Mayalar bu ürünlerin fermantasyonunda, alkol ve diğer aroma bileşiklerinin oluşumuyla sonuçlanan karbonhidrat fermantasyonunu gerçekleştirmekten sorumludur (Adesulu-Dahunsi vd. 2020).

Laktik asit bakterileri (LAB) ve mayalar arasında sinerjik bir etkileşim söz konusudur. Fermantasyon sırasında LAB tarafından ortam asitlendirilerek mayaların aktivitesi için uygun koşullar oluşmaktadır. Mayalar bu ortamda aktif hale gelerek vitamin, çözünür nitrojen gibi bileşikler üretmek suretiyle LAB gelişmesine katkı sağlamaktadır. LAB ile maya arasındaki bu etkileşim sayesinde son üründe istenen özellikler oluşarak fermente gıdaların besin kalitesi, duyusal özellikleri ve raf ömrü üzerine olumlu etkiler meydana gelmektedir (Adesulu-Dahunsi vd. 2020)

Starter olarak kullanılan LAB tarafından oluşan düşük pH ile mayalar tarafından üretilen alkol ve CO_2 birleşerek, istenmeyen birçok mikroorganizmalar için inhibe edici bir ortam meydana gelmektedir (Mehlomakulu 2011).

2.4 Mayaların Peynir Olgunlaşmasındaki Rolü

Peynir olgunlaşması; taze peynirlerin sıcaklık ve nem gibi parametrelerin değiştiği belirli sürelerde bekletilmesi sonucu gerçekleşen biyokimyasal etkileşimlerdir. Bu biyokimyasal reaksiyonlar birincil ve ikincil olarak iki gruba ayrılmaktadır. Birincil

reaksiyonlar lipit, protein ve laktoz parçalanması ile sitrat metabolizması; ikincil reaksiyonlar ise amino ve serbest yağ asitleri metabolizmasıdır (Karaca 2007). Olgunlaşma süresince makromoleküllü protein ve peptitlerin aminoasitlere, lipidlerin ise serbest yağ asitlerine, laktozun ise pirüvik ve laktik aside kadar yıkıldığı sırası ile proteoliz, lipoliz, glikoliz olmak üzere üç temel biyokimyasal reaksiyon gerçekleşmektedir. Birincil reaksiyonlar sonucunda oluşan aminoasit, serbest yağ asiti, organik asit ve bu esnada oluşan bazı uçucu maddeler doğrudan peynir tat ve aromasını oluşturduğu gibi, aroma oluşumunda yer alan maddelerin oluşumunda da öncül madde olarak görev almaktadır (Hayaloğlu ve Özer 2011).

Peynirin olgunlaşma mekanizmasında; starter bakteriler başlatıcı rolü alarak birincil reaksiyonları gerçekleştirmektedir. Bu reaksiyonlar sonucunda meydana gelen aminoasitler, serbest yağ asitleri ve pirüvik ve laktik asit ortam pH'sını düşürmektedirler. Özellikle ikincil olaylardan sorumlu mayalar ise olgunlaşma süresince, gerek laktik asiti kullanarak gerekse ürettikleri alkali metabolizma ürünleri ile ortam pH'sının yükselmesini sağlamaktadır. Bu durum ise bakteriyel gelişmeyi destekleyerek olgunlaşmanın ikincil reaksiyonlarına başlatıcı etki yapmaktadır (Yalçın vd. 2011).

Mayalar olgunlaşma boyunca laktozu metabolize ederek ve sonuçta meydana getirdikleri etil asetat ve butirat, etil alkol ve asetaldehit gibi metabolitler sayesinde peynirin lezzet ve aromasına katkı sağlamaktadır. Buna ek olarak özellikle starter bakterilerin gelişmesini destekleyici etkiye sahip olan B grubu vitaminleri gibi bazı gelişme faktörlerin sentezlenmesini sağlayarak etkili olmaktadır (Kesenkaş ve Akbulut 2006; Hayaloğlu ve Özer 2011).

2.5 Mayaların Peynir Üretiminde Yardımcı Kültür Olarak Kullanılması Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Ferreira ve Viljoen (2003), *D. hansenii* ve *Y. lipolytica* mayalarını laktik asit bakterilerinden oluşan starter kültüre ek olarak kullanarak Cheddar peyniri üretimi gerçekleştirmiştir. Birinci grupta starter kültüre ilave olarak *D.hansenii* kullanırken

ikinci grupta *Y. lipolytica* kullanmışlardır. Üçüncü grupta ise starter kültüre her iki maya da eklenerek üretim gerçekleştirilmiş, kontrol olan son grupta ise sadece starter kültür kullanılmıştır. Üretimi gerçekleştirilen peynirlerden olgunlaşmanın 24. ve 48. saatinde, 12. ve 30. günlerde ve sonrasında 6 ay boyunca 30 günlük aralıklarla (2., 3., 4., 5. ve 6. ayda) örnekler alınarak fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, maya ilave olan üç peynir uygulamasının hepsinde, laktik asit bakteri sayıları olgunlaşma döneminde yüksek kalmış ve 10^7 KOB/g altındaki değerlere asla düşmemiştir. Buna karşılık, kontrol örneğinde üretimden sonraki 2 gün içinde laktik asit bakteri sayılarında bir azalma (1 $\log_{10}$ birimden fazla) gözlenmiştir. Tat-aroma bakımından yapılan incelemeye göre ise; mayaların ayrı ayrı kullanıldığı üretimlerde acı ve meyvemsi tatlar tespit edilmiş, güçlü bir Cheddar aromasının hızlandırılmış gelişimine katkıda bulunduğu görülmüştür. Her iki tür de yardımcı kültür olarak kullanıldığında, olgunlaşmanın 4. ayında peynirin hafif tatlı, hoş bir tadı olduğu ve 9 ay sonrada hala iyi, güçlü tadı koruduğu belirtirilken, kontrol peynirin acı bir tada sahip olduğu tespit edilmiştir.

Feta tip peynirde yardımcı kültürlerin salamurada kullanılmasının aroma üzerine etkisini tespit etmek amacı ile Bintsis ve Robinson (2004) tarafından starter bakteriler ve mayalarla (*Y. lipolytica* ve *D. hansenii)* değişik deneme grupları oluşturulmuştur. Feta salamurasından izole edilen kültürler salamuraya ilave edilerek peynirlerin aromasında meydana gelen değişiklikler takip edilmiştir. İlgili çalışmada, laktobasiller ve mayaların birlikte kullanılmalarıyla peynirde uçucu (aroma) bileşiklerin miktarında artış tespit edilmiştir. Özellikle *D. hansenii* peynirlerinde, Feta peynirinde aranan lezzet ve aroma profilinin elde edildiği belirtilmiştir.

Kesentaş ve Akbulut (2008) tarafından yapılan bir araştırmada ise peynir üretiminde starter kültüre (*Lactococcus cremoris* ve *Lactococcus. lactis)* yardımcı kültür olarak *Y. lipolytica, D. hansenii* ve *K.marxianus* suşları eklenmiştir. Biri kontrol grubu olmak üzere 4 farklı üretimle peynirler elde edilmiştir. Tüm olgunlaşma periyodunca (90 gün) takip edilen peynirlerden sadece *Y. lipolytica* içeren peynirlerin olgunlaşma indeks değerlerinde sürekli artış (%0.71 - % 1.72) görülürken, 15. günde diğer peynirlerin olgunlaşma indeks değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak destek

kültür kullanılan peynirlerin kontrole kıyasla daha düşük laktik asit içeriği ve daha yüksek pH değerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Özellikle *Y. lipolytica* (%LA %0.98, pH 5.08) içeren peynirlerde farkın daha dikkat çekici olduğu görülmüştür.

Fransız sert peynir çeşidi olan Cantalet peynirinin lezzet gelişimini desteklemek amacıyla Freitas vd. (2011) tarafından yapılan bir araştırmada, *K. lactis* ve *Pichia fermentans* mayaları yardımcı kültür olarak kullanılmıştır. GC-MS kullanılarak yapılan analiz sonucuna göre *K. lactis* eklenen peynirlerin aroma profillerinin (özellikle etanol, etil heksanoat, 4 aldehit ve 2 dallı zincirli asit), kontrol ve *P. fermentans* peynirlerine kıyasla daha yüksek seviyelerde oluştuğu bildirilmiştir.

Sørensen vd. (2011) tarafından yapılan başka bir çalışmada peynir yüzeyi modelinde *Y. lipolytica, S. cerevisiae* ve *D. hansenii* tarafından lezzet bileşiği üretimi araştırılmıştır. *Y. lipolytica* ile üretilen peynirlerin öncelikle sülfitler, furanlar ve kısa zincirli ketonları ürettiği; *S. cerevisiae* esterleri ve *D. hansenii* dallı zincirli aldehitler ve alkolleri ürettiği tespit edilmiştir. Araştırmanın sonucu olarak da mayaların olgunlaşma kültürü olarak kullanılmasının peynirin lezzetini etkileme potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir.

Y. lipolytica ve *K. lactis* mayalarının mavi peynir üretiminde yardımcı kültür olarak kullanımının peynir aroması üzerine etkisini inceleyen Price vd. (2014), *Y. lipolytica*'nın olgunlaşmayı teşvik ederek keton üretimini arttırabileceğini bildirmektedir. Aynı çalışmada, *K. lactis* kullanımının mavi peynirlerde bulunan *P. roqueforti*'nin ürettiği ketonların oluşumunu inhibe edebildiği de gösterilmiştir.

Centeno vd. (2017) tarafından yapılan benzer bir diğer çalışmada ise starter kültüre ek olarak *Kocuria varians* ve *Y. lipolytica* yardımcı kültür olarak kullanılmıştır. Olgunlaşmanın 21. gününde peynirlerden numune alınarak fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve uçucu bileşik analizleri yapılmıştır. Peynirler, a_w ve pH bakımından incelendiğinde en yüksek değer *Y. lipolytica* örneğinde tespit edilmiştir. Yağ asitlerinden asetik asit, propanoik asit, butanoik asit ve 4-hidroksi bütanoik asit kontrol örneğinde tespit edilememişken, en yüksek *Y. lipolytica* örneklerinde olduğu

görülmüştür. Tekstür analizine göre de *Y. lipolytica*'nın kontrol örneğinden çok daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Alzobaay ve Alzobaay (2018) tarafından yapılan bir araştırmaya göre ise, *Lactococcus lactis* ile *Lactococcus cremoris'i* starter kültür, *D. hansenii* ise yardımcı kültür olarak kullılarak Monterey peyniri üretimi gerçekleştirilmiştir. M1 (%100 starter bakteri), M2 (% 50 starter bakteri + %50 canlı maya) ve M3 (%50 starter bakteri ve %50 ölü maya) olmak üzere %2 oranında *D. hansenii* eklenerek hazırlanan örnekler 56 günlük olgunlaşma boyunca takip edilmiştir. Olgunlaşmanın 14. gününe kadar M2 peynirinin starter bakteri sayısında (8×10^8 KOB/g) bir artış tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonucuna göre peynirler tat/aroma bakımından karşılaştırıldığında olgunlaşmanın sonuna doğru M1 peynirlerinin puanı 45 tam puan üzerinden 35 iken *D. hansenii* ile üretilen M2 peynirlerinin puanının 42'e ulaştığı görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çiğ süt

Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Bölümü Eğitim, Araştırma ve Uygulama İşletmesinden elde edilen çiftlik inek sütü kullanılmıştır. Çiğ süt 78^{o}C'de 60 sn ısıl işleme tabi tutularak 38^{o}C mayalama sıcaklığına soğutulmuştur.

3.1.2 Starter kültür

Chr HANSEN firmasına ait R-703 kodlu *Lactococcus cremoris* ve *Lactococcus lactis* suşlarını içeren mezofilik homofermentatif kültür yaklaşık 1 ton süt için 1 paket (50U) olacak şekilde kullanılmıştır.

3.1.3 Maya

Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Bölümü kültür koleksiyonunda bulunan öncesinde çiğ sütten üretilmiş olan geleneksel Tulum peynirinden izole edilen *Y. lipolytica*, *D. hansenii* ve *K. lactis* suşlarının stok kültürleri 5 ml'lik Malt Ekstrakt Broth'a 100 µl olarak aktarılarak canlandırılmıştır. 25^{o}C'de 72 saat inkübasyona bırakılan kültürler, ikinci canlandırma için 108^{o}C de 7 dk sterilize edilen %10'luk rekonstitüe süte inoküle edilmiştir. Canlandırılan kültürler 50 ml rekonstitüe süte eklenerek peynir üretiminde kullanılmıştır.

3.1.4 Peynir mayası (Rennet)

Araştırmada, üretilen peynirlerde 1:16000 kuvvetindeki %100 dana şirdeninden yapılan Naturen (Chr Hansen, Türkiye) peynir mayası 10 kat seyreltilerek kullanılmıştır.

3.1.5 Kalsiyum klorür ($CaCl_2$)

Solvay Chemical firmasından temin edilen kalsiyum klorür peynir sütüne %0.02 oranında %50'lik çözeltisinden ilave edilmiştir.

3.1.6 Tuz (NaCl)

Peynirlerin salamurasında Salina marka karınca başı tuz kullanılmıştır. % 14 ve % 6 Bome'ye ayarlanan salamuralar ısıl işleme tabi tutularak hazır hale getirilmiştir.

3.2 Yöntem

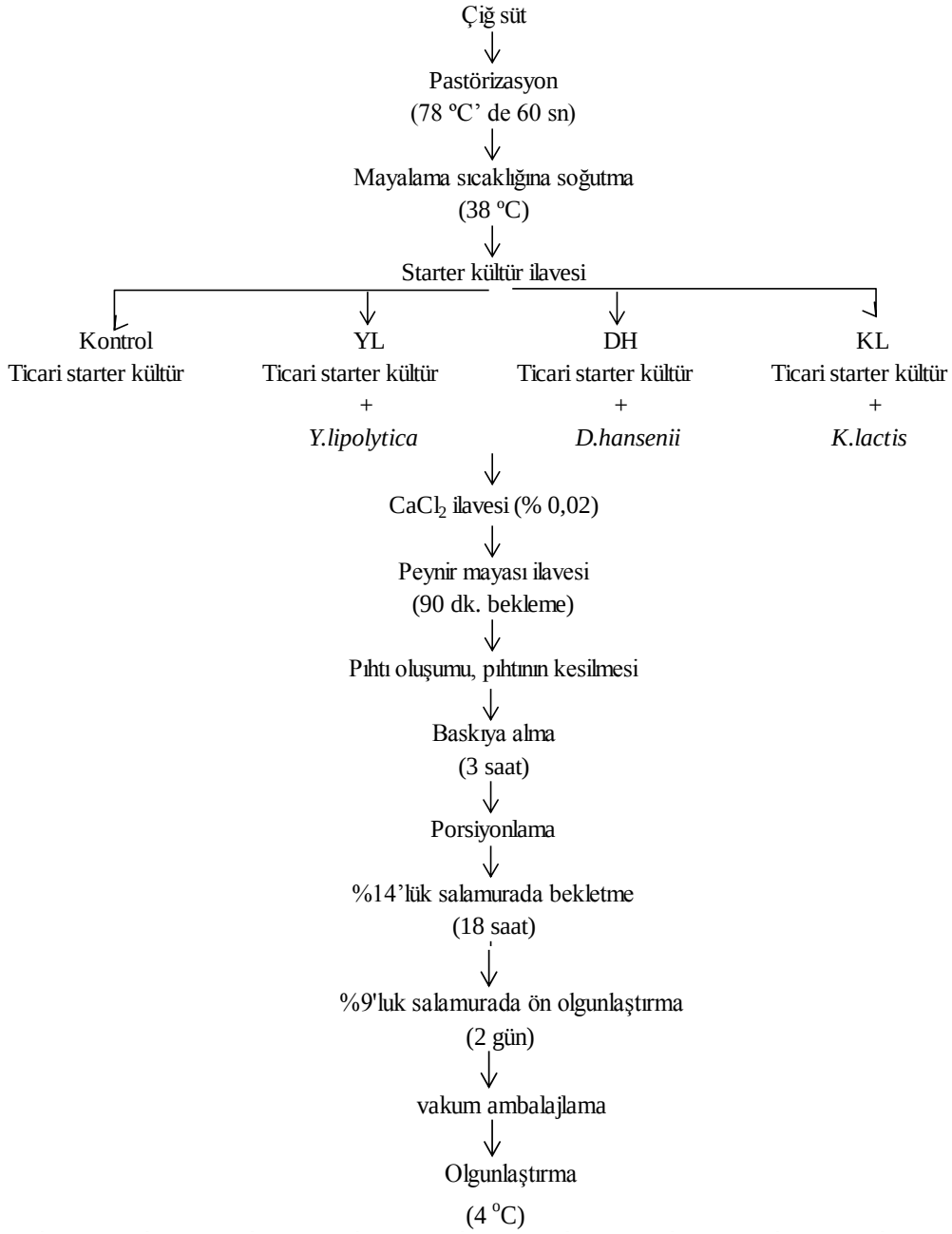
3.2.1 Beyaz peynirin üretimi

Tez çalışmasında, üretimler Ankara Üniversitesi Eğitim, Araştırma ve Uygulama Süt İşletmesinde yapılmış olup sadece inek sütü kullanılmıştır. Farklı zamanlarda (15 gün ara ile) Tekerrür 1 ve Tekerrür 2 olmak üzere 2 farklı üretim gerçekleştirilmiştir. Bu üretimlerde de sadece starter kültür kullanılarak üretilen Beyaz peynirler kontrol (K), starter kültüre ek olarak *Y. lipolytica* suşu ile üretilenler (YL), *D. hansenii* suşu ile üretilenler (DH) ve *K. lactis* suşu kullanılarak üretilen peynirler (KL) olmak üzere 4 grupta üretimler gerçekleştirilmiştir.

Üretim yöntemi Şekil 3.1'de şematik olarak özetlenmiş olup, ayrıca aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

İlk olarak üretimde kullanılacak çiğ süt plakalı eşanjörde 78°C'de 60 sn ısıl işlem uygulanarak 38°C'ye soğutulmuştur. Mayalama sıcaklığına getirilmiş süte ilk olarak $CaCl_2$ belirtilen oranda her tekneye ilave edilmiştir. Daha sonra (K) kodlu kontrol örneğinde sadece ticari laktik starter kültür, (YL) kodlu örnekte starter kültüre ek olarak *Y. lipolytica* suşu, (DH) kodlu örnekte starter kültüre ek *D. hansenii* suşu ve (KL) kodlu örnekte starter kültüre ek *K. lactis* suşu olacak şekilde ayrı ayrı teknelerde maya ve

starter kültür süte katılmıştır. Maya kuvveti tespit edilerek 90 dk sonra pıhtı kesilecek şekilde ilave edilmesi gereken rennin enzimi hazırlanmıştır. Belirlenen süre sonra pıhtı kesilerek peynir altı suyu ayrılmaya başlanmıştır Teleme 180 dk baskıda bekletildikten sonra porsiyonlama işlemi yapılarak %14'lük salamurada 18 saat bekletildikten %9'luk salamurada da 2 gün ön olgunlaştırma yapıldıktan sonra vakum ambalajlanarak 4°C'de olgunlaşmaya bırakılmıştır.



Şekil 3.1 Beyaz peynir üretim yöntemi

3.2.2 Uygulanan kimyasal analizler

3.2.2.1 Yağ içeriği

Süt bütirometresi kullanılarak Gerber santrijünde % olarak belirlenmiştir. Bütirometre kadehçiğine 3 g peynir örneği tartılıp, 1.55'lik H_2SO_4 ilave edildikten sonra 60°C'deki su banyosunda peynir eriyene kadar beklenmiştir. Daha sonra 1 ml amil alkol ilave edilmiş ve bütirometre seviyesi asit ile tamamlanmıştır. Bütirometrenin tıpası kapatıldıktan sonra 5 dk süreyle santrifüj edilmiş ve ölçülü kısımdan 100 g örnekteki yağ miktarı gram cinsinden bulunmuştur (Metin 2008).

3.2.2.2 Toplam kuru madde (KM) içeriği

Belli miktardaki peynir örneğinin 105°C'de sabit tartıma ulaşana kadar yakılması ile Gravimetrik yöntemle % (w/w) olarak hesaplanmıştır (Metin 2008). Kuru maddede % yağ içeriği de yağ miktarının kuru maddeye oranlanması ile belirlenmiştir.

3.2.2.3 Tuz miktarı (KM'de)

Belli miktardaki peynirin 0.1 N gümüş nitrat çözeltisiyle titre edilerek hesaplamıştır. 10 g tartılan ve 40°C'de 100 ml saf su ile homojen hale getirilen numuneden 5 ml çekilmiştir. Renk indikatörü olan potasyum kromat(K_2CrO_4) eklendikten sonra $AgNO_3$ ile titrasyon işlemi yapılmıştır. Aşağıdaki formül kullanılarak %tuz hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Tuz} = \frac{V \times N \times 0.0585}{m} \times 100$$

V: kullanılan $AgNO_3$ miktarı (ml)
N: $AgNO_3$ normalitesi
m: numune miktarı

3.2.2.4 pH değeri

pH metre (Mettler Toledo MP 225) kullanılarak peynirlerde pH ölçümü gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.5 Asitlik değeri

0.1 N sodyum hidroksit ile titrasyon yapılarak % laktik asit (% LA) cinsinden hesaplanmıştır. Havanda ezilen peynir örneğinden erlen içerisine 10 g tartılmış ve üzerine 40°C'de 105 ml saf su ilave edilerek homojen hale getirilmiştir. Sonrasında filtre kâğıdından süzülmüş ve süzüntüden 25 ml alındıktan sonra içerisine 2-3 damla % 1'lik fenolftalein renk indikatörü olarak eklenerek NaOH ile yaklaşık 30 sn kalıcı açık pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan NaOH miktarından % LA miktarı bulunmuştur (Metin 2008).

$$\%\ \text{laktik asit} = \frac{V \times 0.009}{m} \times 100$$

V: Titrasyonda harcanan 0.1 N NaOH çözeltisi (ml)
m: Titrasyonda kullanılan peynir miktarı (g)

3.2.2.6 Protein miktarı

Toplam azot içeriği mikro kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Gripon vd. 1975). Kjeldahl balonlarına 1 g örnek tartılarak üzerine 1 ml bakır sülfat ($CuSO_4$), 1 ölçek potasyum sülfat (K_2SO_4) ve derişik (%98'lik) sülfürik asit (H_2SO_4) ilave edilmiştir. Bu şekilde berrak beyaz renk elde dilinceye kadar yakma ünitesinde bekletilmiştir. Destilasyon işlemini takiben kesin normalitesi bilinen 0.05 N HCI ile titre edilmiştir. Toplam azot değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Gripon vd. 1975).

$$\text{Toplam azot} = \frac{1.4007 \times Nk \times V}{m}$$

Nk: 0.05 N HCI çözeltisinin kesin normalitesi

V: Harcanan HCI miktarı, ml

m: Örnek miktar, g

Toplam azotun 6.38 katsayısı ile çarpılmasıyla protein miktarı tespit edilmiştir.

3.2.2.7 Suda çözünen azot miktarı (SÇA)

10 g peynir örneği tartılıp üzerine pH 7.0'ye ayarlanmış 0.5 M trisodyum sitrat 40 ml olarak eklenmiştir. Karışım yaklaşık 15-20 dk 40°C'lik su banyosunda tutulmuştur. Daha sonra karışım 30 sn aralıkla 4 kez karıştırılmıştır. Sonrasında 200 ml'lik balon jojeye aktarılmış ve çizgisine kadar saf su ilave edilmiştir. Hazırlanan bu örneklerden suda çözünen azot için 150 ml alınarak pH 1N HCl ile 4.4'e ayarlanmıştır. Sonrasında 200 ml'lik balon jojeye aktarılmış ve Whatman 42 kağıdı ile 2 defa filtre edilmiştir. Filtre edilen çözeltiden 5 ml mikro Kjeldahl balonuna alınmış sırasıyla 1 ml % 0.5'lik $CuSO_4$, 1 spatül K_2SO_4 ve 5 ml H_2SO_4 konulduktan sonra berrak renk elde edilinceye kadar yakılmıştır. Destilasyon işleminin ardından 0.05 N HCl ile pembe renk elde edilene kadar titre edilmiştir.

$$\text{SÇA} = \frac{1.4 \times N \times V}{g}$$

N: Titrasyonda kullanılan HCl'in normalitesi

V: Titrasyonda harcanan HCl miktarı (ml)

g: Örnek miktarı

3.2.2.8 Olgunlaşma indeksi

Peynir örneklerinin olgunlaşma düzeyleri, suda çözünen azot miktarının toplam azot miktarına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Hesaplamada aşağıda verilen formüle göre yapılmıştır.

$$\text{Olgunlaşma indeksi} = \frac{\text{SÇA}}{\text{Toplam Azot}} \times 100$$

3.2.3 Uygulanan mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler için 10 g peynir örneği 90 ml ¼ Ringer çözeltisi ile karıştırılarak Stomacher'da (Bag Mixer 400 VW, Interscience, France) homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenizattan alınan seyreltiler, uygun besiyerine inoküle edilerek, aşağıda belirtilen mikrobiyel gruplar sayılmıştır Mikrobiyolojik analizlerde kullanılan besiyerleri, ekim tekniği ve inkübasyon şartları aşağıda verilmiştir (Harrigan ve McCance 1976; Harrigan 1998; Anonymous 2005).

3.2.3.1 Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayımı

Bu amaçla, Plate Count Agar (Merck) besiyeri dökme yöntemine göre ekim yapılan petrilere dökülerek, 28-30ºC'de 48 saat bekletilmiş ve süre sonunda koloniler sayılmıştır.

3.2.3.2 Maya ve küf sayımı

Bu amaçla Potato Dextrose Agar (Merck) besiyeri kullanılmış, petrilerdeki besiyerine yayma yöntemine göre ekim yapılarak 28 ^{o}C'de 48 saat bekletilmiş ve süre sonunda oluşan koloniler sayılmıştır.

3.2.3.3 *Lactobacillus* cinsi bakteri sayımı

Man Rogosa Sharpe Agar (MRS) besiyeri kullanılmıştır. Dilüsyonlardan yayma plak prensibinde petriler hazırlanarak 30°C'de anaerobik jar içerisinde 24-48 saat bekletilmiştir. İşlem sonunda petri kutularında gelişen koloniler sayılarak sonuçlar kob/g olarak verilmiştir (ISO 15214 1998).

3.2.3.4 *Lactococcus* cinsi bakteri sayımı

Bu amaçla, M-17 Agar (Merck) besiyeri pH 7.2'e ayarlanarak kullanılmış, yayma yöntemle ekim yapılan petriler 30ºC'de 48 saat inkübe edilerek, süre sonunda oluşan koloniler sayılmıştır.

3.2.4 Tekstür analizleri

Peynirler de olgunlaşma boyunca Texture Profile Analzyer (Stable MicroSystem, UK) cihazı kullanılarak ve iki döngülü kompresyon testi yapılarak tekstür profil özellikleri belirlenmiştir (Avsar 2010).

3.2.5 Uçucu bileşenlerin belirlenmesi

Örneklerdeki aroma ve uçucu bileşenler GC-MS kullanılarak Lee vd. (2003)'e göre tespit edilmiştir. 5 g numune 20 ml'lik viallere alınarak 5 µl IS (8,1 ppb; metanol içerisinde 2 metil-3 heptanon) eklenmiştir. Sonra 50°C'de 20 dk ısıtıcı da bekletilmiştir. Uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu, solventsiz ekstraksiyon tekniği (SPME) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 75 µm carboxen/ polidimetil siloksan fiber (CAR/PDMS, Supelco, PA, USA) 60ºC'de 30 dk headspace koşullarına maruz bırakılmış ve bu süre sonunda fiberin aroma maddelerini tutması sağlanarak, cihaza yerleştirilmiştir. Analizde kullanılacak GC/MS'in çalışma parametreleri çizelge 3.1'de fırın sıcaklık programı çizelge 3.2'de verilmiştir.

Bağıl miktarları, oluşan pik alanlarının ve GC-MS'deki Wiley 7 ve NIST0.5 kütüphaneleri ile referans standart çözeltisinin miktarı orantılanarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.1 Gaz kromatografi-kütle spektrometresi (GC-MS) cihazının çalışma parametreleri

Kolon	DB-Wax (30 m × 0.25 mm × 0.25 µm)
Enjeksiyon Sıcaklığı	240°C
He gazı akış hızı	1.0 ml/dk
Dedektör Sıcaklığı	250 °C
Scan mode	35-500 m/z at 5.19 scans/s
Threshold	150
Splitless Inlet	

Çizelge 3.2 Gaz kromatografi-kütle spektrometresi (GC-MS) cihazının fırın sıcaklık programı

Artış	**Sıcaklık (°C)**	**Bekleme (dk)**
	50	10
5°C/dk	110	-
10°C/dk	240	-
	250	15

3.2.6 Duyusal değerlendirme

Peynirlerin renk, görünüm, tat ve koku özellikleri çizelge 3.3'deki hedonik skala kullanılarak Anonim (2006)'ya göre belirlenmiştir. Panelist olarak eğitilmiş panelistlerden oluşan 7 kişilik grup oluşturulmuştur.

Çizelge 3.3 Duyusal değerlendirmede kullanılan hedonik skala

ÖZELLİKLER	**KUSURLAR**
Renk ve görünüş Tam puan: 5	Homojen olmayan renk Doğal olmayan renk Yüzeyde mikroorganizma gelişimi
Yapı ve Tekstür Tam puan: 5	Çok zayıf ya da çok sıkı Taneli (kaba pıhtılı) yapı Kuru yapı
Tat ve koku Tam puan: 10	Yağımsı tat Aşırı asidik tat Mayamsı tat Acı tat Ekşi tat Yabancı tat (yemimsi, ahırımsı, kimyasal vb.)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Çiğ Sütün Özellikleri

Peynir üretiminde hammadde olarak kullanılan sütlerin kimyasal özelliklerine ait analiz sonuçları standart hatalarıyla birlikte (Ortalama ± standart sapma) çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kullanılan çiğ sütlerin bazı kimyasal özellikleri (n=2)*

Kimyasal özellikler	**Çiğ Süt**
Titrasyon Asitliği (°SH)	6.15 ± 0.05
pH	6.66 ± 0.05
Kurumadde (%)	12.95 ± 0.15
Yağ (%)	3.40 ± 0.10

*n=Tekerrür sayısı (Çizelgedeki değerler 2 tekerrür ortalamasıdır)

4.2 Peynirlerin Kimyasal Özellikleri

4.2.1 pH değeri

Olgunlaşma aşamalarındaki örneklerin pH değerleri ve standart sapma değerleri çizelge 4.2'de gösterilmektedir.

Olgunlaşma boyunca kontrol örneğinde pH'da azalma görülürken, maya bulunan diğer örneklerde pH artışı görülmüştür. Bunun nedeni olarak starter bakteriler tarafından üretilen asitlerin maya ve küfler tarafından asimilasyonu gösterilmektedir (Yalçın vd. 2011).

Çizelge 4.2 Olgunlaşma süresince örneklerin pH değerlerindeki değişim (n=2)*

pH Değeri	G1	G30	G60#
C	4.99 ± 0.04 ^{DEF}	4.88 ± 0.02 ^{EF}	4.82 ± 0.01 ^{F}
YL	5.23±0.02 ^{BC}	5.28±0.02 ^{BC}	5.41±0.04 ^{AB}
DH	5.19±0.12 ^{BCD}	5.10±0.01 ^{CDE}	5.20±0.02 ^{BCD}
KL	5.18±0.01 ^{CD}	5.31±0.02 ^{BC}	5.59±0.04 ^{A}

* Farklı büyük harfler (A, B...F) taşıyan örneklerin pH değerleri arasındaki fark (P<0.05) önemlidir.
#G1, G30 ve G60 olgunlaşmanın 1., 30. ve 60. gününü ifade etmektedir.

pH değeri bakımından örnekler ve depolama günleri arasında interaksiyon tespit edilmiştir (P<0.05).

Peynir olgunlaşması esnasındaki esas mekanizmanın; starter kültür içeriğinin yanısıra özellikle olgunlaşmada görev alan sekonder mikroorganizmaların dahil olduğu laktat metabolizması olduğu belirtilmektedir. Genel olarak mayalar olgunlaşma periyodu boyunca, ortam pH'sını azaltan laktik asiti kullanarak pH'da artışa neden olmakta ve bu şekilde starter kültür içerisinde bulunan bakterilerin gelişimini teşvik ederek olgunlaşmanın ikinci yarısını başlatmaktadır (Kesenkaş ve Akbulut 2006). Mayaların olgunlaşma periyodunda peynir pH'sında oluşturdukları bu değişimde proteoliz aktiviteleri sonucu oluşturdukları bazı alkali metabolizma ürünlerinin de etkisinin olduğu bilinmektedir (Yalçın vd. 2011). Laktik asit bakterileri ile birlikte özellikle mayalar tarafından gerçekleşen laktat metabolizmasının, asetat, format, etil alkol, CO_2 gibi ürünlerin oluşumuna imkan vererek pek çok peynir çeşidinde esas olarak aroma oluşumu ve yapı gelişimini teşvik ettiği belirtilmektedir (Mc Sweeney 2004).

Ayrıca mayalar ekstraselüler olarak yüksek düzeyde sentezledikleri lipaz ve proteaz enzimleri ile gerçekleştirdikleri biyokimyasal aktiviteler ile de peynirde pH ve asitlik değerlerinde değişime neden olabilmektedir. Proteaz katalizörlüğünde gerçekleşen proteoliz reaksiyonunda, peynirdeki protein matriksinin kırılması sonucu oluşan karboksil grupları ve amino gruplarına suyun bağlanması ile a_w'de düşme ve pH'da artış olduğu bilinmektedir. Bu değişikliklerin aynı zamanda peynirin çiğneme esnasında

yapısında spesifik olarak bulunan bazı bileşiklerin serbest hale geçmesini kolaylaştırdığı da bildirilmektedir (Sousa vd. 2001).

4.2.2 Titrasyon asitliği

Olgunlaşma aşamalarında örneklerin titrasyon asitliğinin % laktik asit (%LA) cinsinden değerleri, standart sapma değerleri ile birlikte Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Olgunlaşma süresince örneklerin % LA değerlerindeki değişim (n=2)*

Titrasyon asitliği (%LA)	**G1**	**G30**	**G60**
C	1.01 ± 0.02^{EF}	1.56 ± 0.03^{C}	1.90 ± 0.02^{B}
YL	1.29 ± 0.04^{D}	1.84 ± 0.07^{B}	0.90 ± 0.05^{F}
DH	1.72 ± 0.01^{BC}	2.14 ± 0.02^{A}	1.35 ± 0.06^{D}
KL	1.89 ± 0.04^{B}	2.23 ± 0.02^{A}	1.20 ± 0.01^{DE}

*Farklı büyük harf (A, B…F) taşıyan örneklerin %LA değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

Titrasyon asitliği bakımından örnekler ve depolama günleri arasında interaksiyon tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Peynirde laktik asit oluşumunun laktozun laktik aside dönüşümü ve lipoliz olayları sonucu gerçekleştiği bilinmektedir (Wyder ve Puhan 1999). Olgunlaşmanın ilk 30 gününde tüm örneklerin %LA düzeyinde laktozdan laktik asit oluşumundan kaynaklanan bir artış gözlenmiştir. En fazla artış *K. lactis* (KL) suşu ile üretilen KL kodlu peynir örneğinde görülürken, en az artış Kontrol (C) örneğinde tespit edilmiştir. Bu durumun, KL suşunun laktozu fermente ederek laktik asit oluşturma kabiliyetinde bir bakteri olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Olgunlaşmanın ilerleyen periyodunda C örneği hariç tüm örneklerde meydana gelen asitlik azalışı ise mevcut mayalar tarafından laktik asidin sekonder biyokimyasal reaksiyonlarla keton, alkol, lakton, ester, aldehit gibi diğer aroma maddelerine dönüşümü şeklinde açıklanabilmektedir (Freitas vd. 1999; Mc Sweeney 2004). C örneğinde ise asitlik artışı

büyük olasılıkla devam eden starter kültür aktivitesi sonucu olgunlaşma sonuna kadar artış göstermiştir.

Y. lipolytica'nın sahip olduğu yüksek lipolitik aktivite nedeniyle (Collins ve Mc Sweeney 2003) YL kodlu örnekte olgunlaşmanın ilk periyodunda görülen % LA düzeyindeki artışın çoğunlukla lipoliz reaksiyonu sonucu oluştuğu, bu nedenle KL ve DH kodlu örneklerden farklı bir artış, azalış eğilimi gösterdiği düşünülmektedir.

4.2.3 Kurumadde İçeriği

Olgunlaşma aşamalarında örneklerin kuru madde değerleri ve standart sapma değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Örnekler arasında olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında interaksiyon görülmemiştir ($P>0.05$). Ancak örnek ve depolama günleri sonuçlarının birbirleriyle bağlantılı olmadan kendi içlerinde önemli farklılığa sahip olduğu görülmüştür ($P<0.05$).

Çizelge 4.4 Olgunlaşma süresince örneklerin kuru madde değerlerindeki değişim (n=2)*

% Kurumadde	G1	G30	G60	Ortalama
C	42.65 ± 0.15	44.04 ± 0.16	46.24 ± 0.27	44.31±1.48 ^{A}
YL	43.05 ± 0.18	45.50 ± 0.60	47.68 ± 0.33	45.41±1.89 ^{B}
DH	43.58 ± 0.63	43.78 ± 0.12	47.77 ± 0.24	45.04±1.93 ^{B}
KL	44.93 ± 0.54	46.62 ± 1.10	49.04 ± 0.18	46.86±1.69 ^{B}
Ortalama	43.55± 0.80 ^{c}	44.99± 1.05 ^{b}	47.68± 0.89 ^{a}	

*****Aynı sütundaki farklı büyük harfler örnekler arasında farklılığı göstermektedir ($P<0.05$). Aynı satırdaki farklı küçük harfler depolama günleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($P<0.05$).

Tüm örneklerde kurumadde oranları olgunlaşma süresince artış göstermiştir. Bu artışın maya içeren örneklerde maya varlığından kaynaklanan yüksek asitlik nedeni ile pıhtıda

meydana gelen kasılmanın artması sonucu daha yüksek oranda sinereze (peynir suyu kaybı) neden olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kontrol örneği (C) ile karşılaştırıldığında olgunlaşma sonunda kurumadde miktarı maya ilavesi ile üretilen tüm örneklerde (YL, DH, KL) daha düşük tespit edilmiştir. Bu farklılığın nedeninin bahsi geçen örneklerdeki maya faaliyeti sonucu oluşan ileri proteolitik aktivite ile kazein matriksinde oluşan çözünme ve lipoliz reaksiyonu sonucu oluşan parçalanma ürünlerinden bir kısmının peynir kitlesinden uzaklaşmasına bağlı olduğu bildirilmiştir (Kurt ve Çağlar 1993).

4.2.4 Yağ içeriği

Olgunlaşma aşamalarında örneklerin yağ değerleri, standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Olgunlaşma süresince örneklerin yağ değerlerindeki değişim (n=2)

Yağ (%)	G1	G30	G60	Ortalama
C	18.50 ± 0.50	19.50 ± 0.50	19.50 ± 0.50	19.17±0.47 ^{B}
YL	19.00 ± 0.00	20.50 ± 0.50	22.00 ± 0.00	20.50±1.23 ^{A}
DH	17.00 ± 0.00	17.50 ± 0.50	18.00 ± 0.00	17.50±0.41 ^{C}
KL	17.50 ± 0.50	18.50 ± 0.50	18.00 ± 0.00	18.00±0.41 ^{C}
Ortalama	18.00 ± 0.79 ^{b}	19.00 ± 1.12 ^{a}	19.38 ± 1.64 ^{a}	

***** Aynı sütundaki farklı büyük harfler örnekler arasında farklılığı göstermektedir (P<0.05). Aynı satırdaki farklı küçük harfler depolama günleri arasındaki farklılığı göstermektedir (P<0.05).

Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında ilişki görülmemiştir (P>0.05). Ancak örnek ve depolama günleri sonuçlarının birbirleriyle bağlantılı olmadan kendi içlerinde önemli farklılığa sahip olduğu görülmüştür (P<0.05).

YL örneğinde diğer tüm örneklere kıyasla olgunlaşma ilerledikçe % yağ değerinde artış gözlenmiştir. Bu durumun *Y. lipolytica*'nın endüstriyel gıdalarda kullanımında yüksek lipit birikimi göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. *Y. lipolytica*'nın, tarımsal sanayi sektörünün atıklarından ve yan ürünlerinden hücre kuru kütlesinin%50'sine

kadar lipit konsantrasyonunu arttırma ve biriktirme kabiliyetine sahip olduğu rapor edilmiştir (Papanikolaou vd. 2007; Tsigie vd. 2012). Aynı zamanda, *Y. lipolytica*'nın lipit sentezinde özellikle uçucu yağ asitlerini kullandığı, gliseol ve glukoz gibi bir yardımcı substrat varlığında üretim verimliliğinin arttığı bildirilmektedir (Pereira vd. 2021). DH ve KL kodlu örneklerde % yağ miktarında olgunlaşma sürecinde benzer bir değişim görülmektedir (P>0.05).

4.2.5 KM'de % yağ içeriği

Olgunlaşma aşamalarında örneklerin KM'de % yağ değerleri, standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Olgunlaşma süresince örneklerin KM de yağ değerlerindeki değişim (n=2)*

KM'de Yağ (%)	**G1**	**G30**	**G60**	**Ortalama**
C	43.37 ± 1.02	44.71 ± 0.53	42.62 ± 0.40	43.57±0.86 ^{A}
YL	44.14 ± 0.19	45.08 ± 1.69	46.15 ± 0.32	45.12±0.82 ^{A}
DH	39.02 ± 0.57	39.97 ± 1.04	38.11 ± 0.62	39.03±0.76 ^{B}
KL	38.94 ± 0.65	39.68 ± 0.14	36.71 ± 0.13	38.44±1.26 ^{B}
Ortalama	41.37 ± 2.40 ^{ab}	42.36 ± 2.54 ^{a}	40.90 ± 3.74 ^{b}	

*Aynı sütundaki farklı büyük harfler örnekler arasında farklılığı göstermektedir (P<0.05). Aynı satırdaki farklı küçük harfler depolama günleri arasındaki farklılığı göstermektedir (P<0.05).

Örnekler arasında olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında ilişki görülmemiştir (P>0.05). Ancak örnek ve depolama günleri sonuçlarının birbirleriyle bağlantılı olmadan kendi içlerinde önemli farklılığa sahip olduğu görülmüştür (P<0.05).

Olgunlaşma periyodu boyunca % yağ sonucuyla paralel olarak *Y.lipolytica* içeren YL kodlu peynirlerde en yüksek KM'de % yağ oranı (ortalama 45.12) tespit edilmiştir. YL hariç diğer peynirlerde olgunlaşmanın sonuna doğru bu değerde azalmalar görülürken yüksek lipit birikimine sahip YL peynirleri olgunlaşma boyunca artarak ilerlemiştir.

4.2.6 KM'de % tuz içeriği

Olgunlaşma aşamalarında örneklerin KM'de % tuz değerleri, standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Olgunlaşma süresince örneklerin KM'de tuz değerlerindeki değişim (n=2)*

KM'de Tuz (%)	G1	G30	G60
C	7.07 ± 0.15 ^{E}	7.42 ± 0.09 ^{D}	7.97 ± 0.02 ^{BC}
YL	7.54 ± 0.03 ^{D}	7.73 ± 0.04 ^{CD}	7.92 ± 0.06 ^{BC}
DH	7.70 ± 0.02 ^{CD}	7.99 ± 0.07 ^{BC}	8.15 ± 0.05 ^{AB}
KL	7.93 ± 0.03 ^{BC}	8.08 ± 0.03 ^{AB}	8.39 ± 0.03 ^{A}

* Farklı büyük harf (A, B…E) taşıyan örneklerin kuru maddede tuz değerleri arasındaki fark P<0.05 önemlidir.

KM'de tuz oranlarında tüm olgunlaşma süresinde artış meydana gelmiştir. Olgunlaşmanın ilk günlerinde görülen KM'de tuz oranlarındaki artış peynir örneklerinin nem kaybına bağlı olduğu, ancak olgunlaşma sonlarına doğru meydana gelen artışın peynir örneklerinde maya faaliyetine bağlı olarak gerçekleşen proteolitik ve lipolitik enzim faaliyetleri sonucu oluşan parçalanma sonucu oluştuğu düşünülmektedir (Kurt ve Çağlar 1993).

4.2.7 Protein içeriği

Olgunlaşma aşamalarında örneklerin protein değerleri ve standart sapma değerleri çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Olgunlaşma süresince örneklerin protein değerlerindeki değişim (n=2)*

Protein (%)	G1	G30	G60	Ortalama
C	15.22 ± 0.53	14.88 ± 0.36	14.76 ± 0.70	14.95±0.20 ^{AB}
YL	14.35 ± 0.12	14.54 ± 0.12	14.67 ± 0.02	14.52±0.13 ^{B}
DH	14.76 ± 0.14	15.02 ± 0.13	15.20 ± 0.10	14.99±0.18 ^{AB}
KL	15.09 ± 0.03	15.31 ± 0.07	15.65 ± 0.17	15.35±0.23 ^{A}

*Aynı sütundaki farklı büyük harfler örnekler arasında farklılığı göstermektedir (P<0.05).

Örnekler arasında olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında interaksiyon görülmemiştir (P>0.05). Ancak örnek ve depolama günleri sonuçlarının birbirleriyle bağlantılı olmadan kendi içlerinde önemli farklılığa sahip olduğu görülmüştür (P<0.05).

Protein içeriği bakımından örnekler arasında önemli farklılıklar belirlenmemiş olup (P>0.05), gözlenen değişimin esas olarak kuru madde içeriklerindeki değişimlerden ileri geldiği düşünülebilir. Elde edilen protein değerleri, starter kültüre ek olarak *K. varians* ve *Y. lipolytica*'nın yardımcı kültür olarak kullanılması ile üretilen peynir örneklerinde elde edilen sonuçlara benzer tespit edilmiştir (Centeno 2017).

4.2.8 Suda çözünen azot içeriği

Olgunlaşma aşamalarında örneklerin suda çözünen azot değerleri, standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.9'da verilmiştir.

Olgunlaşma süresinde tüm peynir örneklerinin suda çözünen azot oranları artış göstermiş, ancak kontrol örneğine göre maya ilavesi ile üretilen peynirlerde görülen artış önemli düzeyde farklı belirlenmiştir.

Çizelge 4.9 Olgunlaşma süresince örneklerin suda çözünen azot değerlerindeki değişim (n=2)*

Suda Çözünen Azot (%)	**G1**	**G30**	**G60**
C	1.65 ± 0.08^{G}	1.86 ± 0.05^{G}	2.70 ± 0.12^{F}
YL	4.60 ± 0.03^{E}	4.68 ± 0.06^{E}	4.845 ± 0.05^{DE}
DH	5.65 ± 0.03^{B}	5.70 ± 0.01^{B}	6.37 ± 0.03^{A}
KL	5.06 ± 0.01^{CD}	5.20 ± 0.03^{C}	5.51 ± 0.03^{B}

* Farklı büyük harf (A, B…G) taşıyan örneklerin suda çözünen azot değerleri arasındaki fark P<0.05 önemlidir.

Sekonder mikroorganizmaların depolama süresinde proteolize neden olduğu ve bu nedenle azot içeriğini etkilediği belirtilmektedir (Cinbas ve Kılıç 2006). YL, DH ve KL peynirlerinde de azotlu maddeleri oluşturan kazein ve para-kazeinin bir kısmının mayaların proteolitik ve lipolitik aktiviteleri ile parçalandığı, peptit ve serbest aminoasit gibi suda çözünür bileşiklere dönüştüğü düşünülmektedir (Kosikowski ve Mistry 1997).

4.2.9 Olgunlaşma indeksi

Olgunlaşma aşamalarında örneklerin olgunlaşma indeksi değerleri, standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.10'da verilmiştir.

Suda çözünen azot içeriğine bağlı olarak olgunlaşma indeksi de tüm örneklerde olgunlaşmanın tamamında artış göstermiştir. C örneğinin olgunlaşma indeksi maya kullanımı ile üretilen diğer peynirlerden önemli düzeyde düşük bir değerde tespit edilmiştir. Elde edilen sonucu destekler şekilde, Law (1987) tarafından olgunlaşma süresince olgunlaşma indeksinde meydana gelen artışın proteolitik bakteriler, starter ve starter olmayan laktik asit bakterileri, maya ve küf gibi mikroorganizmaların sentezlediği proteolitik enzimlerin neden olduğu rapor edilmiştir.

Çizelge 4.10 Olgunlaşma süresince örneklerin olgunlaşma indeksi değerlerindeki değişim (n=2)*

Olgunlaşma indeksi	G1	G30	G60
C	10.77 ± 0.09^{H}	12.50 ± 0.04^{G}	18.21 ± 0.03^{F}
YL	32.02 ± 0.44^{E}	32.20 ± 0.38^{E}	33.04 ± 0.28^{DE}
DH	38.25 ± 0.20^{B}	37.92 ± 0.30^{B}	41.91 ± 0.08^{A}
KL	33.54 ± 0.12^{DE}	33.98 ± 0.34^{CD}	35.22 ± 0.58^{C}

* Farklı büyük harf (A, B…H) taşıyan örneklerin olgunlaşma indeksi değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

4.3 Peynirlerin Mikrobiyolojik Özellikleri

4.3.1 Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı

Olgunlaşma süresinde, üretilen peynir örneklerinin TAMB sayıları standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.11'de verilmiştir.

Sadece ticari peynir kültürü kullanılarak üretilen kontrol peynirde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının olgunlaşmanın 30. gününe kadar artış göstererek 7.97 $\log_{10}$KOB/g'dan 8.10 $\log_{10}$KOB/g'a ulaştığı belirlenmiştir. Maya ilave edilmiş diğer peynirlerde ise olgunlaşma periyodu boyunca TAMB sayısında azalma tespit edilmiştir. Bu durumun, mayaların ortama hakim olmaları ile meydana gelen rekabetçi besin tüketimine, düşük a_w ve peynirdeki yüksek tuz konsantrasyonuna bağlı olduğu düşünülmektedir (Alzobaay ve Alzobaay 2018).

Çizelge 4.11 Olgunlaşma süresince örneklerin TAMB sayısındaki değişim ($\log_{10}$KOB/g) (n=2)*

TAMB Sayısı	G1	G30	G60
C	7.97 ± 0.11^{AB}	8.10 ± 0.18^{A}	6.84 ± 0.07^{CD}
YL	8.30 ± 0.19^{A}	7.71 ± 0.25^{ABC}	6.63 ± 0.12^{D}
DH	7.83 ± 0.13^{ABC}	7.02 ± 0.11^{BCD}	5.20 ± 0.09^{E}
KL	8.45 ± 0.41^{A}	7.74 ± 0.07^{ABC}	5.41 ± 0.17^{E}

* Farklı büyük harf (A, B…E) taşıyan örneklerin TAMB değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

4.3.2 Maya-Küf sayısı

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin maya ve küf sayıları, standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.12'de verilmiştir.

Örnekler arasında olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında interaksiyon görülmemiştir (P>0.05). Ancak örnek ve depolama günleri sonuçlarının birbirleriyle bağlantılı olmadan kendi içlerinde önemli farklılığa sahip olduğu görülmüştür (P<0.05).

Kontrol örneğinde olgunlaşma boyunca maya ve küfe rastlanmazken olgunlaşmanın ilk günü en fazla maya-küf sayısı DH örneğinde tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni, *D. hansenii*' nin mezofilik özellikte olmasının yanı sıra yüksek tuz konsantrasyonu ve düşük su aktivitesine toleranslı olması sonucu peynir üretim ve olgunlaşma şartlarına daha dirençli olması şeklinde yorumlanabilir (Alzobaay ve Alzobaay 2018). Olgunlaşma periyodu sonunda en yüksek sayının DH örneğinde tespit edilmesinin de aynı nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Olgunlaşma başında maya-küf tespit edilen tüm örneklerde olgunlaşmanın sonuna doğru azalma görülmüştür. Alzobaay (2018) tarafından yapılan benzer bir çalışmada da 56 günlük olgunlaşma boyunca *D. hansenii* sayısında azalma gözlenmiştir. Bu durumun peynirin nem oranının düşmesinden veya peynir olgunlaşmasındaki düşük sıcaklığın mayanın etkinliğini azaltmasından kaynaklandığı raporlanmıştır. Benzer şekilde bizim çalışmamızda da maya ilavesi ile üretilen peynirlerde KM değerleri olgunlaşma süresince artış göstermektedir.

Çizelge 4.12 Üretilen peynir örneklerinin olgunlaşma süresince maya-küf sayısındaki değişim (log_{10}KOB/g) (n=2)

Maya- Küf Sayısı	**G1**	**G30**	**G60**	**Ortalama**
C	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00±0.00 ^{B}
YL	4.47 ± 0.25	5.00 ± 0.07	3.38 ± 0.03	4.28±0.67 ^{A}
DH	5.07 ± 0.12	4.77 ± 0.28	3.89 ± 0.21	4.58±0.50 ^{A}
KL	4.66 ± 0.52	5.21 ± 0.27	3.72 ± 0.52	4.53±0.62 ^{A}
Ortalama	4.73±0.25 ^{a}	4.99±0.18 ^{a}	3.66±0.21 ^{b}	

*Aynı sütundaki farklı büyük harfler örnekler arasında farklılığı göstermektedir (P<0.05). Aynı satırdaki farklı küçük harfler depolama günleri arasındaki farklılığı göstermektedir (P<0.05).

4.3.3 *Lactobacillus* cinsi bakteri sayısı

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin *Lactobacillus* spp. sayıları ve standart sapma değerleri çizelge 4.13'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda Örnek ve Depolama Günü interaksiyonu istatistiki açıdan önemli bulunmazken ($P>0.05$) depolama günlerindeki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Çizelge 4.13 Üretilen peynir örneklerinin olgunlaşma süresince *Lactobacillus* cinsi bakteri sayısındaki değişim (log_{10}KOB/g) (n=2)

***Lactobacillus* spp. sayısı (log_{10}KOB/g)**	**G1**	**G30**	**G60**
C	8.20 ± 0.07	8.46 ± 0.04	8.92 ± 0.08
YL	7.72 ± 0.51	7.84 ± 0.41	8.77 ± 0.04
DH	7.63 ± 0.33	7.79 ± 0.35	8.36 ± 0.31
KL	7.85 ± 0.36	7.58 ± 0.74	8.30 ± 0.62
Ortalama	7.85±0.22 ^{b}	7.92±0.33 ^{ab}	8.59 ± 0.26 ^{a}

* Aynı satırdaki farklı küçük harfler depolama günleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($P<0.05$).

Peynirlerde laktik asit bakterilerinin temel grubu olan *Lactobacillus* cinsi bakteriler olgunlaşma periyodu boyunca artan bir eğilim göstermiş olup, özellikle olgunlaşmanın ikinci yarısında hızlı bir artış izlenmiştir. Peynir gruplarında *Lactobacillus* cinsi bakterilerin kaynağının çiğ sütün doğal mikroflorası olduğu düşünülmektedir.

Tüm olgunlaşma periyodu boyunca en yüksek *Lactobacillus* cinsi bakteri sayısı kontrol örneğinde tespit edilmiş olup, maya ilavesi yapılan diğer peynir örneklerinde de olgunlaşma boyunca benzer oranlarda belirlenmiştir ($P>0.05$). Bu yönü ile Centeno vd. (2017) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.3.4 *Lactococcus* cinsi bakteri sayısı

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin *Lactococcus* cinsi bakteri sayıları ve standart sapma değerleri çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Üretilen peynir örneklerinin olgunlaşma süresince *Lactococcus* spp. sayısındaki değişim (log_{10}KOB/g) (n=2)

***Lactococcus spp.* sayısı (log_{10}KOB/g)**	**G1**	**G30**	**G60**
C	8.22 ± 0.14^{ABCD}	8.62 ± 0.39^{ABC}	8.90 ± 0.28^{A}
YL	8.34 ± 0.02^{ABCD}	7.11 ± 0.04^{CD}	6.88 ± 0.06^{D}
DH	7.21 ± 0.11^{BCD}	8.77 ± 0.43^{AB}	8.74 ± 0.38^{AB}
KL	8.15 ± 0.11^{ABCD}	8.50 ± 0.55^{ABC}	9.09 ± 0.20^{A}

* Farklı büyük harf (A, B…D) taşıyan örneklerin *Lactococcus* cinsi bakteri sayısındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

YL peynirinin *Lactococcus* cinsi bakteri sayısının depolama süresince azaldığı, 8.34 log_{10}KOB/g'dan 6.88 log_{10}KOB/g'a düştüğü belirlenmiştir. Olgunlaşma periyodu boyunca en yüksek değere KL peynirinde rastlanmış olup 8.15 log_{10}KOB/g'dan 9.09 log_{10}KOB/g'a ulaşmıştır. KL örneğinde kontrol örneğinden bile daha yüksek *Lactococcus* cinsi bakteri sayısı tespit edilmesi nedeni, *K. lactis*'in laktozu fermente etme ve laktik aside dönüştürme yeteneğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. *K. lactis* tarafından oluşturulan asidik ortam *Lactococcus* cinsi bakterilerin yaşama ve gelişmesini teşvik edici özellik gösterebilmektedir (Belloch vd. 2011). *Y. lipolytica* ve *D. hansenii* ise peynirde daha çok lipolitik ve proteolitik aktiviteler sorumlu olduğu için bu reaksiyonlar esnasında oluşan metabolit ve diğer ürünler *Lactococcus spp*. üzerinde inhibitif etki yapabilme potansiyelindedir.

4.4 Peynirin Duyusal Analiz Özellikleri

4.4.1 Tat-koku değerlendirmesi

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin duyusal analiz sonucu tat-koku değerleri ve standart sapma değerleri çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.15 Üretilen peynir örneklerinin tat-koku değerleri (n=2)*

Tat-koku	G1	G30	G60
C	7.60 ± 0.40^{ABC}	7.40 ± 0.10^{BC}	7.85 ± 0.15^{ABC}
YL	8.10 ± 0.60^{AB}	8.25 ± 0.25^{AB}	8.85 ± 0.15^{A}
DH	8.45 ± 0.05^{AB}	7.60 ± 0.10^{ABC}	7.95 ± 0.05^{ABC}
KL	8.60 ± 0.10^{AB}	7.25 ± 0.25^{BC}	6.60 ± 0.10^{C}

*Farklı büyük harf (A, B…E) taşıyan örneklerin tat-koku değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

Tat ve koku beğenileri bakımından maya ilave edilerek üretilen peynirler C örneği ile karşılaştırıldığında, YL ve DH örnekleri daha fazla beğenilirken, KL örneği C örneğine kıyasla beğenilmemiştir.

YL örneği tat ve koku bakımından en beğenilen örnek olmuştur. Muhtemel lipolize bağlı arzu edilen aroma aktif bileşiklerin sayı ve çeşidine bağlı olarak beğeni de artan bir eğilim göstermiş olabilir. KL örneğinde ise ilk 30 gün tat-koku beğenisi daha yüksek belirlenirken olgunlaşmanın ikinci ayından itibaren belirgin bir şekilde düşüş gözlenmiştir. Bu durumun *K. lactis*'in enzimatik faaliyetler ile gerçekleştirdiği sekonder biyokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan metabolitlerden, istenmeyen aroma bileşiklerinden veya oluşan bileşik yoğunluğunun tat-aroma üzerine olumsuz etkisinden kaynaklandığı ileri sürülebilir (Leclercq-Perlat 2004).

DH örneği ise yapı ve tesktürde yumuşama ile kendini gösterirken, nispeten yüksek tat-aroma beğenisi kazanması nedeniyle aynı zamanda arzu edilen aroma bileşiklerinin de oluştuğu düşünülebilir. Alzobaay ve Alzobaay (2018) tarafından elde edilen sonuçlarla

paralel olarak DH peynirinin olgunlaşma periyodunun sonunda kontrol örneğine kıyasla daha fazla beğeni aldığı tespit edilmiştir.

4.4.2 Yapı-tekstür değerlendirmesi

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin duyusal analiz sonucu yapı-tekstür değerleri ve standart sapma değerleri çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16 Üretilen peynir örneklerinin yapı-tekstür değerleri (n=2)*

Yapı-tekstür	G1	G30	G60
C	4.40 ± 0.00^{ABC}	4.50 ± 0.20^{ABC}	4.55 ± 0.05^{ABC}
YL	4.70 ± 0.00^{A}	4.70 ± 0.10^{A}	4.80 ± 0.00^{A}
DH	4.20 ± 0.10^{BCD}	4.10 ± 0.10^{CD}	3.75 ± 0.05^{D}
KL	4.65 ± 0.05^{AB}	4.40 ± 0.10^{ABC}	4.35 ± 0.05^{ABC}

*Aynı periyotta farklı büyük harfi (A, B..) taşıyan örneklerin yapı-tekstür değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

YL örneği yapı ve tekstür bakımından oldukça yüksek bir beğeni puanı alırken, en düşük puanı DH örneği almıştır. DH ve KL örneklerinde yapı ve tekstür olgunlaşma ilerledikçe peynirlerin yumuşamaya başlaması sonucu başlangıç değerlerinden daha düşük puan almıştır. C örneği ise tüm olgunlaşma süresinde farklı bir değişim göstermeden benzer beğeni puanları toplamıştır.

4.4.3 Renk-Görünüş değerlendirmesi

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin duyusal analiz sonucu renk-görünüş değerleri ve standart sapma değerleri çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Üretilen peynirlerin renk-görünüş değerleri (n=2)*

Renk-Görünüş	G1	G30	G60
C	5.00 ± 0.00	5.00 ± 0.00	4.85 ± 0.15
YL	5.00 ± 0.00	5.00 ± 0.00	5.00 ± 0.00
DH	5.00 ± 0.00	5.00 ± 0.00	4.80 ± 0.10
KL	5.00 ± 0.00	5.00 ± 0.00	4.75 ± 0.05
Ortalama	5.00 ± 0.00 [a]	5.00 ± 0.00 [a]	4.85 ± 0.09 [b]

*Aynı satırdaki farklı küçük harfler depolama günleri arasındaki farklılığı göstermektedir (P<0.05).

Renk ve görünüş beğenisi bakımından örnekler arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Ancak en yüksek puanı YL örneği almıştır (P>0.05).

4.5 Tekstür Analizleri

4.5.1 Sertlik (Hardness)

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin tekstür özelliklerinden sertlik (hardness) değerleri, standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.18'de verilmiştir.

Olgunlaşma boyunca tüm peynirlerde sertlik azalış göstermektedir. Maya ilavesi ile üretilen peynirlerden en sert peynir YL olarak belirlenmiş, DH ve KL ise C örneğinden daha düşük sertlik değerlerinde belirlenmiştir. Bu durum daha önce genel bileşim kısmında tartışıldığı gibi bu iki peynirde başlangıç asitliğinin yüksek olmasından dolayı pıhtının kasılması ve ilk 30 günlük aşamada daha sert bir yapıya bürünmesinden ve tuz alımından kaynaklanıp, daha sonra tuzun bünyede dağılması ile yapının gevşemesi ve serum sızması şeklinde yorumlanabilir. Bu örneklerde gelişen proteolizin de yapıyı zayıflattığı ve bu nedenle C örneğinden daha düşük sertlik değerleri gösterdiği düşünülmektedir. *Y. lipolytica*'nın ise proteolizden çok lipoliz olayını gerçekleştirdiği bilinmektedir. Bu durumun, YL örneği sertlik değerinin, proteoliz olayının baskın görüldüğü DH örneklerinde önemli düzeyde yüksek (P<0.05) belirlenmesinin nedeni olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.18 Üretilen peynir örneklerinin sertlik (hardness) değerleri (n=2)*

Sertlik (Hardness) (g)	G1	G30	G60
C	1125.31 ± 52.23 ^{ABC}	1054.55 ± 24.04 ^{BCD}	973.38 ± 23.55 ^{CD}
YL	1224.48 ± 69.91 ^{AB}	1058.28 ± 37. 90 ^{BCD}	994.11 ± 24.12 ^{BCD}
DH	1227.92 ± 27.55 ^{AB}	849.24 ± 13.64 ^{DE}	661.08 ± 23.19 ^{E}
KL	1308.44 ± 56.19 ^{A}	659.78 ± 70.92 ^{E}	910.62 ± 23.23 ^{CD}

* Farklı büyük harf (A, B…E) taşıyan örneklerin sertlik (hardness) değerleri arasındaki fark P<0.05 önemlidir.

4.5.2 Yapışkanlık (Adhesiveness)

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin tekstür özelliklerinden yapışkanlık (adhesiveness) değerleri, standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.19'da verilmiştir.

Peynirlerin yapışkanlığı genellikle çiğneme sırasında numunenin dişlere yapışma derecesine bağlıdır (Gwartney, Larick ve Foegeding, 2004). Negatif işaret, belirleme sırasında stresin aşağıya doğru yönlendirildiği anlamına gelir. C örneğinde olgunlaşma boyunca yapışkanlık değeri artarken, maya ilavesi ile üretilen diğer tüm örneklerde değişken birer eğilim takip edilmiştir. Tüm peynirler arasında, DH örneği gerek olgunlaşma başı gerekse sonunda en düşük değeri göstermiştir. Sertlik ile paralel şekilde en yüksek değeri YL örneği vermiştir.

Çizelge 4.19 Üretilen peynir örneklerinin yapışkanlık (adhesiveness) değerleri (n=2)*

Yapışkanlık Adhesiveness) (g.sec)	G1	G30	G60
C	-2.07 ± 0.25	-3.34 ± 0.19	-4.43 ± 0.08
YL	-2.33 ± 0.06	0.15 ± 4.98	-5.92 ± 0.19
DH	-0.09 ± 2.31	-2.07 ± 0.01	-1.76 ± 0.00
KL	-2.49 ± 0.01	-0.04 ± 3.07	-4.64 ± 0.07

4.5.3 Elastikiyet (Springiness)

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin tekstür özelliklerinden elastikiyet (springiness) değerleri ve standart sapma değerleri çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Üretilen peynir örneklerinin elastikiyet (springiness) değerleri (n=2)*

Elastikiyet (Springiness) (cm)	**G1**	**G30**	**G60**
C	0.92 ± 0.00^{B}	1.01 ± 0.01^{B}	1.03 ± 0.04^{B}
YL	0.92 ± 0.00^{B}	1.02 ± 0.03^{B}	1.06 ± 0.06^{B}
DH	0.93 ± 0.00^{B}	1.06 ± 0.94^{A}	1.31 ± 0.00^{B}
KL	0.93 ± 0.00^{B}	1.00 ± 0.01^{B}	1.16 ± 0.06^{B}

* Farklı büyük harf (A, B) taşıyan örneklerin elastikiyet (springiness) değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

Elastikiyet, peynirin orta dil ve damakta kısmi sıkışmanın ardından orijinal şeklini aldığı noktayı temsil eder (Gwartney, Larick ve Foegeding, 2004). Peynirlerin olgunlaşması sırasında kalıntı koagulant ve protein parçalanması nedenleri ile elastikiyette artış beklenir (Soares Pinto vd. 2009). Ancak, nem kaybı gibi diğer değişiklikler sonucu etkileyebilir. Proteoliz gelişimi, protein zincirlerini rahatlatarak veya düşük moleküler ağırlıklı peptit oluşumu ile zayıf bir protein ağına neden olarak yüksek elastikiyete yol açan bir faktördür (Pena-Serna, Penna ve Lopes Filho, 2016). Everard vd. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada olgunlaşma sırasında benzer şekilde elastikiyette bir artış gözlenmiştir.

4.5.4 Esneklik (Resilience)

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin tekstür özelliklerinden esneklik (resilience) değerleri ve standart sapma değerleri çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Üretilen peynirlerin esneklik (mm) değerleri (n=2)*

Esneklik (mm)	G1	G30	G60
C	0.50 ± 0.01^{CD}	0.52 ± 0.00^{CD}	0.50 ± 0.02^{D}
YL	0.51 ± 0.01^{CD}	0.52 ± 0.00^{CD}	0.53 ± 0.01^{BCD}
DH	0.50 ± 0.01^{CD}	0.59 ± 0.00^{AB}	0.62 ± 0.02^{A}
KL	0.51 ± 0.01^{CD}	0.54 ± 0.01^{BCD}	0.55 ± 0.01^{BC}

*Farklı büyük harf (A, B…D) taşıyan örneklerin esneklik (resilience) değerleri arasındaki fark P<0.05 önemlidir.

Olgunlaşmanın 60. gününde DH peynirinin en yüksek esneklik değerine (0.62 mm) sahip olduğu görülmüştür. Aynı şekilde nem içeriği olarak da DH peyniri olgunlaşmanın 60. gününde en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda, Bayram ve Tarakçı (2020) tarafından tespit edilen esneklik ve nem ilişkisini destekler sonuçlar elde edilmiştir.

4.5.5 İç Yapışkanlık (Cohesiveness)

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin tekstür özelliklerinden iç yapışkanlık (cohesiveness) değerleri ve standart sapma değerleri çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22 Üretilen peynirlerin iç yapışkanlık (%) değerleri (n=2)*

İç Yapışkanlık (%)	G1	G30	G60
C	0.87 ± 0.01^{A}	0.85 ± 0.00^{AB}	0.86 ± 0.01^{AB}
YL	0.84 ± 0.01^{AB}	0.84 ± 0.01^{AB}	0.86 ± 0.00^{AB}
DH	0.86 ± 0.00^{AB}	0.86 ± 0.02^{AB}	0.82 ± 0.00^{B}
KL	0.87 ± 0.00^{A}	0.85 ± 0.01^{AB}	0.83 ± 0.01^{AB}

* Farklı büyük harf (A, B) taşıyan örneklerin iç yapışkanlık (cohesiveness) değerleri arasındaki fark P<0.05 önemlidir.

İç yapışkanlık peynirin ikinci sıkıştırmaya gösterdiği direncin sıkıştırmadaki davranışa oranı olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir değişle de ürün yapısını oluşturan iç bağlar arasındaki güçtür (Bayram ve Tarakçı 2020). Olgunlaşma periyodu boyunca tüm peynirlerde iç yapışkanlık değerleri % 0.82 ile % 0.87 arasında farklılıklar göstermiştir.

4.5.6 Sakızımsılık (Gumminess)

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin tekstür özelliklerinden sakızımsılık (gumminess) değerleri, standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.23'te verilmiştir.

Sakızımsılık, yarı katı bir gıdanın yutulabilecek düzeye kadar parçalanması için gereken enerjidir. Sertlik ve esneklik ile ilişkilidir (Szczeniak 2002). Bu çalışma örneklerinde de olgunlaşma boyunca sertlik de görülen azalış sakızımsılıkda da gözlenmiştir DH örneği C örneğinden önemli düzeyde düşük sakızımsılık değeri gösterirken, YL ve KL örnekleri yüksek değerlerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.23 Üretilen peynir örneklerinin sakızımsılık (g) değerleri (n=2)*

Sakızımsılık (g)	**G1**	**G30**	**G60**
C	1007.61 ± 64.88 ^{ABC}	993.48 ± 61.29 ^{ABCD}	663.57 ± 27.37 ^{FG}
YL	1194.57 ± 64.24 ^{A}	769.26 ± 46.49 ^{DEF}	711.47 ± 3.81 ^{EFG}
DH	820.18 ± 21.80 ^{CDEF}	709.30 ± 31.90 ^{EFG}	489.18 ± 26.02 ^{G}
KL	1089.67 ± 37.63 ^{AB}	846.78 ± 7.00 ^{CDEF}	923.49 ± 26.76 ^{BCDE}

* Farklı büyük harf (A, B…G) taşıyan örneklerin sakızımsılık (gumminess) değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

4.5.7 Çiğnenebilirlik (Chewiness)

Olgunlaşma süresinde, üretilen örneklerin tekstür özelliklerinden çiğnenebilirlik (chewiness) değerleri, standart sapma değerleri ile birlikte çizelge 4.24'de verilmiştir.

Çiğnenebilirlik, katı bir gıdanın yutulabilecek düzeye kadar çiğnenmesi için gereken enerji olarak tanımlanır. Peynirin tadını destekleyen ve ağız doluluğu hissini sağlayan bir duyusal özelliktir (Zheng, Liu, ve Mo, 2016). Sakızımsılık ve elastikiyet ile ilişkilidir (Szczesniak 2002). Soares Pinto vd (2009), geleneksel Minas Serro peynirinde olgunlaşma boyunca çiğnenebilirlikte gördüğü artışı, bu sürede nemin azalması ve sertliğin artması ile ilişkilendirmiştir.

Çizelge 4.24 Üretilen peynir örneklerinin çiğnenebilirlik (g·cm) değerleri (n=2)*

Çiğnenebilirlik (g·cm)	**G1**	**G30**	**G60**
C	1947.10 ± 8.89 ^{D}	2535.22 ± 33.50 ^{BCD}	2681.32 ± 51.36 ^{ABCD}
YL	2005.68 ± 29.52 ^{D}	1522.67 ± 682.89 ^{D}	3811.22 ± 95.54 ^{A}
DH	1691.07 ± 51.65 ^{D}	2422.04 ± 113.03 ^{CD}	3703.24 ± 242.35 ^{AB}
KL	1827.05 ± 3.81 ^{D}	2465.63 ± 46.29 ^{CD}	3500.26 ± 29.49 ^{ABC}

* Farklı büyük harf (A, B, C, D) taşıyan örneklerin çiğnenebilirlik (chewiness) değerleri arasındaki fark P<0.05 önemlidir.

4.6 Uçucu Bileşen (Aroma) Profili

4.6.1 Karboksilik asitler

Olgunlaşma süresince saptanan karboksilik asit miktarlarının ortalamaları ve standart sapmaları çizelge 4.25'te verilmiştir.

Peynir örneklerinde oluşan karboksilik asitlerin oluşumu başlıca 3 temel biyokimyasal reaksiyon ile oluşmaktadır. Bunlar; lipoliz, laktoz metabolizması ve aminoasit deaminasyonu'dur (Curioni ve Bosset 2002). Bu mekanizmalar oluşan yağ asidi çeşidi üzerinde etkilidir. Bütirik asit özellikle enzimatik lipoliz reaksiyonu ile oluşurken (Molimard ve Spinnler 1996), asetik ve propiyonik asitler çoğunlukla laktozun laktat'a metabolize olması, laktat'ın ise mikroorganizmalar tarafından sekonder reaksiyonlar ile asetik ve propiyonik asite dönüşümü ile oluşur (McSweeney ve Sousa 2000). 2-metil, 3-

metil butanoik veya propanoik asit gibi dallanmış zincirli yağ asitlerinin ise aminoasit katabolizması sonucu oluştuğu bildirilmektedir (McSweeney ve Sousa 2000).

Çizelge 4.25 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen karboksilik asitlerin bağıl (relatif) miktarları (mg/kg) (n=2)*

Asidik bileşikler		G1	G30	G60
Bütirik asit (bütanoik asit)	**C**	0.44 ± 0.15^{E}	1.04 ± 0.03^{D}	1.50 ± 0.05^{C}
	YL	0.58 ± 0.04^{E}	1.81 ± 0.01^{BC}	3.39 ± 0.12^{A}
	DH	0.62 ± 0.06^{DE}	1.64 ± 0.14^{BC}	1.06 ± 0.02^{D}
	KL	1.04 ± 0.03^{D}	1.70 ± 0.06^{BC}	1.99 ± 0.07^{B}
Asetik asit	**C**	0.68 ± 0.02	1.32 ± 0.04	1.27 ± 0.01
	YL	1.40 ± 0.06	1.23 ± 0.21	1.46 ± 0.03
	DH	1.47 ± 0.46	1.63 ± 0.23	1.68 ± 0.18
	KL	0.69 ± 0.03	1.32 ± 0.04	1.99 ± 0.71
Heksanoik asit (Kaprik asit)	**C**	0.43 ± 0.03^{D}	1.77 ± 0.06^{C}	3.38 ± 0.25^{B}
	YL	1.26 ± 0.13^{CD}	1.63 ± 0.11^{C}	3.06 ± 0.00^{B}
	DH	1.70 ± 0.18^{C}	2.80 ± 0.11^{B}	1.19 ± 0.08^{CD}
	KL	3.64 ± 0.39^{AB}	1.77 ± 0.06^{C}	4.50 ± 0.15^{A}
Oktanoik asit (kaprilik asit)	**C**	0.49 ± 0.05^{B}	0.80 ± 0.03^{B}	1.60 ± 0.05^{AB}
	YL	0.62 ± 0.09^{B}	0.78 ± 0.00^{B}	1.41 ± 0.01^{AB}
	DH	0.93 ± 0.14^{B}	1.59 ± 0.31^{AB}	1.06 ± 0.01^{B}
	KL	3.15 ± 1.08^{A}	0.80 ± 0.03^{B}	1.24 ± 0.07^{B}
Dekanoik asit	**C**	0.21 ± 0.02^{DE}	0.45 ± 0.05^{BCD}	0.61 ± 0.01^{BC}
	YL	0.21 ± 0.02^{DE}	0.29 ± 0.01^{DE}	0.42 ± 0.02^{CD}
	DH	0.27 ± 0.05^{DE}	0.29 ± 0.06^{DE}	0.46 ± 0.10^{BCD}
	KL	1.25 ± 0.09^{A}	0.09 ± 0.01^{E}	0.73 ± 0.06^{AB}
4-metil-3-pentenoik asit	**C**	0.00 ± 0.00^{D}	0.05 ± 0.00^{CD}	0.00 ± 0.00^{D}
	YL	0.24 ± 0.02^{B}	0.08 ± 0.01^{C}	0.00 ± 0.00^{D}
	DH	0.31 ± 0.03^{A}	0.00 ± 0.00^{D}	0.00 ± 0.00^{D}
	KL	0.00 ± 0.00^{D}	0.05 ± 0.00^{CD}	0.00 ± 0.00^{D}

* Farklı büyük harf taşıyan örneklerin karboksilik asit değerleri ortalamaları arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir. Harflendirme yapılmayan değerler arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Veriler incelendiğinde, bütirik asitin en fazla YL kodlu örnekte tespit edilmesi, *Y. lipolytica*'nın lipolizi teşvik ettiği şeklinde yorumlanırken, asetik asitin sırasıyla KL ve DH kodlu örneklerde en çok bulunması *K. lactis* ve *D. hansenii*'nin üretilen peynirlerde laktoz metabolizmasından sorumlu mikroorganizmalar olduğu düşünülmektedir. Belirtilen karboksilik asitlerin, olgunlaşma süresince artan bir eğilim göstermesi bu oluşumların mikrobiyel aktivite ile desteklendiği düşüncesini doğrulamaktadır. YL kodlu örneğin duyusal analizlerde tat-koku bakımından en fazla beğenilen örnek olmasından yola çıkılarak bütirik asitin peynirde istenilen tat-aroma oluşumu için uygun konsantrasyonda oluştuğu söylenebilir.

Kaprik ve kaprilik gibi diğer kısa ve orta zincirli yağ asitleri de lipoliz sonucu oluşan karboksilik asitler olarak bilinmektedir. Olgunlaşma boyunca artan bir eğilim gösteren bu asitlerin varlığı kontrol örneğine göre YL örneğinde önemli farklılık göstermemiş ($P>0.05$), DH örneğinde ise kontrol örneğinden daha düşük tespit edilmiştir. Kaprik asit bakımından KL örneği diğer tüm örneklere göre yüksek bir konsantrasyonda belirlenmiştir ($P<0.05$). Dekanoik asit miktarında ise örnekler arasında ve olgunlaşma süresince belirgin bir farklılık tespit edilememiş olup, bu yağ asidi oluşumunun mikrobiyel aktiviteden bağımsız olduğu ve/veya süt kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Dallanmış zincirli bir yağ asidi olan 4-metil- 3-pentenoik asit ise örneklerde başlangıçta az miktar tespit edilirken, olgunlaşma sonunda hiçbir örnekte tespit edilememiştir. Bu durum ise, üretilen peynirlerde aminoasit katabolizmasının karboksilik ait oluşumunda etkili bir yol olmadığını göstermektedir.

4.6.2 Alkoller

Olgunlaşma süresince saptanan alkol miktarlarının ortalamaları ve standart sapmaları çizelge 4.26'da verilmiştir.

Peynirde farklı metabolik olaylar sonucu alkoller meydana gelmektedir. Örneğin laktozun fermente olması, ketonların indirgenmesi, amino asit ve yağ asitlerinin metabolizması sonucu alkol oluşmaktadır (Molimard ve Spinnler, 1996). Peynirde maya-küf aktivitesinin salgıladıkları geniş enzim spektrumu ile alkol oluşumundan

önemli faktörler arasında yer aldığı bilinmektedir (Bontinis vd. 2012). Çalışmamız kapsamında, analiz edilen örneklerde etil alkol, 3-metil 1-bütanol ve 1-heksanol tüm örneklerde ve tüm olgunlaşma süresince tespit edilirken, çizelge 4.26'da verilen diğer alkoller bazı örneklerde ve farklı zamanlarda iz miktarda belirlenmiştir.

Çizelge 4.26 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen alkollerin bağıl (relatif) miktarları (mg/kg) (n=2)*

Alkoller	**G1**		**G30**	**G60**
Etil alkol	**C**	0.60 ± 0.06^{D}	0.70 ± 0.04^{D}	1.16 ± 0.03^{D}
	YL	0.77 ± 0.06^{D}	0.90 ± 0.11^{D}	0.73 ± 0.09^{D}
	DH	6.93 ± 0.65^{B}	4.19 ± 0.23^{C}	3.77 ± 0.12^{C}
	KL	8.94 ± 0.22^{A}	1.68 ± 0.06^{D}	0.96 ± 0.03^{D}
3-metil 1- bütanol (İzopentil alkol= İzoamil alkol)	**C**	0.58 ± 0.16^{B}	0.25 ± 0.01^{B}	0.12 ± 0.02^{B}
	YL	0.38 ± 0.04^{B}	0.16 ± 0.01^{B}	0.31 ± 0.01^{B}
	DH	0.58 ± 0.13^{B}	0.17 ± 0.03^{B}	0.36 ± 0.012^{B}
	KL	0.22 ± 0.03^{B}	0.28 ± 0.02^{B}	1.25 ± 0.28^{A}
1-heksanol	**C**	0.00 ± 0.00	0.18 ± 0.01	0.23 ± 0.03
	YL	0.00 ± 0.00	0.20 ± 0.00	0.32 ± 0.02
	DH	0.00 ± 0.00	1.61 ± 1.61	0.25 ± 0.02
	KL	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.01	0.18 ± 0.00
3-pentanol	**C**	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}
	YL	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}
	DH	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}
	KL	0.07 ± 0.01^{A}	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}
2-methylpropanol	**C**	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}
	YL	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}
	DH	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}
	KL	0.00 ± 0.00^{B}	0.30 ± 0.17^{A}	0.50 ± 0.01^{A}

* Farklı büyük harf taşıyan örneklerin alkol değerleri ortalamaları arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir. Harflendirme yapılmayan değerler arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır ($P>0.05$)

Tüm örneklerde etil alkol temel alkol olarak belirlenmiştir. Etil alkol oluşumu olgunlaşma başında en fazla KL ve DH kodlu örneklerde belirlenirken, olgunlaşma ile

azalan bir eğilim göstermiştir. Peynirlerde etil alkol oluşumunun başlıca laktoz fermantasyonu ve alanin katabolizması ile gerçekleştiği ve esterlerin oluşumunda önemli rolleri olduğu bildirilmiştir (Molimard ve Spinnler 1996, Mc Sweeney ve Sousa 2000). Alkollerin olgunlaşma periyodunda azalmasının sebebinin ise esterleri oluşturmak için asitler ile reaksiyona girmesinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Molimard ve Spinnler 1996). Olgunlaşma sonunda en fazla etil alkol oluşumu DH kodlu örnekte tespit edilmiştir ($P<0.05$). Primer bir alkol olan 3-metil 1-butanol ise en fazla KL kodlu örnekte belirlenmiştir ($P<0.05$). Primer alkoller, laktoz metabolizması sonucu oluşmakta olup (Curioni ve Bosset 2002). *K. lactis*'in bu oluşumu teşvik ettiği tekrar doğrulanmıştır. Ayrıca, 3-metil 1-butanol'un düşük belirlenme eşik değerlerine sahip olduğu (Carbonell vd. 2002), bu nedenle peynir aroması oluşumunda önemli rol oynadığı bildirilmektedir. 1- heksanol ise ikincil bir alkol olup, olgunlaşma ile artan bir oluşum göstermektedir. İkincil ve doymamış alkollerin de yağ asitlerinin katabolizması ile oluştuğu rapor edilmiştir (Curioni ve Bosset 2002). YL örneğinde bulunan *Y. lipolytica*'nın güçlü lipolitik aktivitesinin, 1-heksanolün bu örnekte en yüksek düzeyde ve artarak oluşmasının nedeni olduğu düşünülmektedir. Tüm bu sonuçlardan farklı maya türlerinin farklı alkol oluşumları üzerine söz sahibi olduğu düşünülebilir.

Atanossova vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, *D.hansenii* ve *K. lactis* türlerinin peynirde temel alkol üreticisi mayalar olduğu belirtilmektedir.

4.6.3 Ketonlar

Olgunlaşma süresince saptanan keton miktarları ve standart sapmaları çizelge 4.27'de verilmiştir.Ketonların özellikle maya ilavesi ile üretilen ve küfle olgunlaşan peynirlerde yüksek konsantrasyonda bulunduğu ve sekonder alkollere indirgenebilen ara bileşenler olduğu belirtilmektedir. Maya ve küflerin ileri enzim sistemleri bu oluşumlar üzerinde söz sahibidir (Hayaloğlu vd. 2007). Maya ilavesi ile üretilen peynirlerde ileri enzimatik aktivitelerin keton oluşumlarını teşvik ettiği ve kontrol peynirlere kıyasla keton bileşiklerinin çeşit ve miktar bakımından daha fazla tespit edildikleri belirlenmiştir. Düşük algılanma eşik değerleri ve kekremsi kokuları ile ketonların peynir aroması üzerine spesifik katkı sağladıkları bilinmektedir (Curioni ve Bosset 2002).

Çizelge 4.27 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen keton miktarları (mg/kg) (n=2)*

Ketonlar		G1	G30	G60
2,3-Butanedion (diasetil)	**C**	0.41 ± 0.12 ^{A}	0.00±0.00 ^{C}	0.10±0.01 ^{BC}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.08± 0.01 ^{BC}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	DH	0.20 ± 0.02 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
2-Heptanon (amil metil keton)	**C**	0.17 ± 0.05 ^{DE}	0.00 ± 0.00 ^{E}	0.28 ± 0.033 ^{CD}
	YL	0.15 ± 0.01 ^{DE}	0.00 ± 0.00 ^{E}	0.69 ± 0.06 ^{A}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{E}	0.44 ± 0.05 ^{BC}	0.49 ± 0.06 ^{AB}
	KL	0.16 ± 0.02 ^{DE}	0.53 ± 0.06 ^{AB}	0.18 ± 0.01 ^{DE}
2-Propanon	**C**	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.64 ± 0.01 ^{A}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.55 ± 0.14 ^{A}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.09 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
3-hidroksi-2-butanon (acetoin)	**C**	3.59 ± 1.06 ^{A}	0.48 ± 0.03 ^{B}	0.83 ± 0.04 ^{B}
	YL	1.09 ± 0.07 ^{B}	0.46 ± 0.00 ^{B}	0.68 ± 0.00 ^{B}
	DH	2.38 ± 0.69 ^{AB}	0.47 ± 0.05 ^{B}	0.47 ± 0.00 ^{B}
	KL	0.63 ± 0.03 ^{B}	0.48 ± 0.03 ^{B}	1.05 ± 0.11 ^{B}
2-Nonanon	**C**	0.11 ± 0.02 ^{DE}	0.61 ± 0.03 ^{A}	0.39 ± 0.03 ^{B}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{E}	0.08 ± 0.01 ^{DE}	0.38 ± 0.03 ^{B}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{E}	0.18 ± 0.02 ^{CD}	0.29 ± 0.04 ^{BC}
	KL	0.14 ± 0.00 ^{D}	0.08 ± 0.01 ^{DE}	0.53 ± 0.03 ^{A}
2-bütanon (metil etil keton)	**C**	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	YL	0.10 ± 0.03 ^{BC}	0.18 ± 0.03 ^{B}	0.52 ± 0.10 ^{A}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
2-pentanon (etil aseton)	**C**	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.11 ± 0.01 ^{B}	0.41 ± 0.01 ^{A}

* Farklı büyük harf taşıyan örneklerin keton değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

Çalışmamız kapsamında tespit edilen keton bileşiklerinde dalgalanma ve düzensizlik mevcut olup, kimi bileşiğin olgunlaşma ile arttığı kimisinin ise azaldığı belirlenmiştir. 2,3-butanedion ve 3-hidroksi-2-butanon olgunlaşma ile azalırken, 2-heptanon ve 2-nonanon gibi metil ketonlar artan bir eğilim göstermiştir. Bu değişkenliğin oluşan reaksiyonların çeşidine ve oluşum mekanizmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Örneğin; 2-3 butanedion, enzimler ile önce asetoine sonra sırasıyla bütan-2,3-ol ve 2-bütanon'a, son olarak da 2-bütanole indirgenmektedir (Bontinis vd. 2012). Artış gösteren metil ketonlar ise öncesinde lipoliz reaksiyonu ile oluşan serbest yağ asitlerinin, mayalar aracılığı ile metil ketonlara dönüşmesi ile oluşmaktadır.

2-heptanon ve 2 butanon en fazla YL kodlu örnekte tespit edilirken, 2-pentanon sadece KL kodlu örnekte belirlenmiştir. 2 butanon, mikroorganizmalar aracılığı ile laktozdan veya sitrat metabolizması yoluyla 2,3 bütandiondan oluşmaktadır (Mc Sweeney ve Sousa 2000). Bu biyokimyasal dönüşümler, keton bileşik tespit ve konsantrasyonlarındaki dalgalanmaların nedeni olarak düşünülmektedir. Benzer bir çalışmada *Y. lipolytica*'nın peynir yüzeyine uygulanması kısa zincirli keton oluşumu ile ilişkilendirilmiştir (Sorensen vd. 2011).

4.6.4 Esterler

Olgunlaşma süresince saptanan ester miktarları ve standart sapmaları çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen ester miktarları (mg/kg) (n=2)*

Esterler		**G1**	**G30**	**G60**
Phenethyl acetat	**C**	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.16 ± 0.01 ^{B}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.47 ± 0.02 ^{A}
Ethyl acetat	**C**	0.00 ± 0.00 ^{D}	0.00 ± 0.00 ^{D}	0.00 ± 0.00 ^{D}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{D}	0.00 ± 0.00 ^{D}	0.00 ± 0.00 ^{D}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{D}	0.00 ± 0.00 ^{D}	0.00 ± 0.00 ^{D}
	KL	0.14 ± 0.01 ^{C}	0.24 ± 0.03 ^{B}	0.91 ± 0.04 ^{A}

* Farklı büyük harf (A, B…E) taşıyan örneklerin ester değerleri arasındaki fark P<0.05 önemlidir.

Peynirde esterler, genellikle kısa zincirli serbest yağ asitlerinin alkoller ile esterifikasyonu sonucu oluşmaktadır. Tatlı, çiçeğimsi, meyvemsi ve mayamsı kokulara sahiptir (Bontinis vd. 2012). Düşük algılanma eşik değerine sahip oldukları için düşük konsantrasyonda bulunsalar bile peynir aromasında söz sahibidirler (Molimard ve Spinnler 1996). Ester oluşumuna etkili olan mikroorganizmalar çoğunlukla mayalar ve küflerdir (Molimard ve Spinnler 1996).

Yaptığımız çalışmada, etil asetat ve fenetil asetat olmak üzere iki ester bileşiği tespit edilmiş olup, bu bileşikler olgunlaşma sonunda oluşmakta veya olgunlaşma ile miktarları artmaktadır. Ester miktarındaki bu artış; olgunlaşma ilerledikçe maya populasyonunun artışı ile veya asit ve alkol esterifikasyonu ile olgunlaşma sonunda bazı alkollerin miktarındaki azalma ile ilişkili olabilir (Delgado vd. 2010). Çalışmamızda sadece KL örneğinde belirlenen etil asetatın, asetik asit ve laktoz fermantasyonu sonucu oluşan primer ve ikincil alkoller arasında oluşan esterleşme reaksiyonları ile oluştuğu bildirilmektedir (Curioni ve Bosset 2002). Etil asetat pek çok farklı peynir çeşidinde rastlanan bir uçucu bileşik olup peynirde "meyvemsi" kokuyu oluşturur. Fenetil asetat ise C ve YL örneğinde tüm olgunlaşma süresince tespit edilmeyip, DH ve KL örneğinde olgunlaşma sonunda tespit edilmiştir.

4.6.5 Aldehitler

Olgunlaşma süresince saptanan aldehit miktarları ve standart sapmaları çizelge 4.29'da verilmiştir.

Peynirde aldehitler çoğunlukla aminoasit katabolizması veya 'Strecker degradasyonu' ile oluşmaktadır (Munoz vd. 2003). Aldehitler, geçiş bileşenleri şeklinde davranarak, olgunlaşma esnasında alkol ve asitlere dönüşürler (Munoz vd. 2003). Algılanma eşik değerleri düşük düzeylerde olduğu için toplam uçucu bileşen kompozisyonunda az yer kaplamalarına rağmen aroma üzerine etkilidirler (Curioni ve Bosset 2002). Aynı zamanda düşük aldehit miktarının peynirde istenilen olgunlaşmayı gösterdiği, yüksek aldehit konsantrasyonunun ise arzu edilmeyen tat oluşumuna yol açtığı bildirilmektedir (Moio ve Addeo 1998).

Çizelge 4.29 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen aldehit miktarları (mg/kg) (n=2)*

Aldehitler		**G1**	**G30**	**G60**
Heksanal	**C**	0.21 ± 0.03 ^{AB}	0.12 ± 0.00 ^{B}	0.11 ± 0.01 ^{B}
	YL	0.19 ± 0.05 ^{AB}	0.08 ± 0.01 ^{B}	0.11 ± 0.00 ^{B}
	DH	0.16 ± 0.05 ^{AB}	0.16 ± 0.02 ^{AB}	0.08 ± 0.02 ^{B}
	KL	0.16 ± 0.00 ^{AB}	0.12 ± 0.00 ^{B}	0.44 ± 0.16 ^{A}
3-metil butanal	**C**	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.54 ± 0.13 ^{A}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
2-metil butanal	**C**	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.84 ± 0.12 ^{A}	1.06 ± 0.23 ^{A}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{A}	0.00 ± 0.00 ^{B}
benzaldehit	**C**	0.16 ± 0.01 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.35 ± 0.04 ^{A}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
asetaldehit	**C**	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.84 ± 0.08 ^{A}
pentanal	**C**	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	KL	0.13 ± 0.07 ^{A}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}

***** Farklı büyük harf (A, B…E) taşıyan örneklerin aldehit değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

Elde edilen aldehit konsantrasyonunda dalgalanmalar yaşanmıştır. Fermente ürünlerin olgunlaşması ve/veya depolanması sırasında aldehit konsantrasyonunda dalgalanmalar yaşanabildiği belirtilmektedir (Moio ve Addeo 1998). Tespit edilen aldehit bileşenlerinden 2-metil butanal, 3-metil butanal ve benzaldehit DH örneği, asetaldehit ise KL örneği ile ilişkilendirilebilir. Heksanal ise olgunlaşma süresince dalgalanma göstererek tüm örneklerde tespit edilmesine rağmen, olgunlaşma sonunda en yüksek KL örneğinde tespit edilmiştir ($P<0.05$). Bu sonuçlara göre, çalışmamız kapsamında üretilen peynirlerde aldehit üretiminden sorumlu suşların *D. hansenii* ve *K. lactis* olduğu düşünülmektedir.

Sorensen vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, *D. hansenii*'nin yüzeye uygulandığı peynirlerde diğer peynirlerden farklı şekilde aldehit konsantrasyonunun daha fazla belirlendiği rapor edilmiştir.

4.6.6 Hidrokarbonlar

Olgunlaşma süresince saptanan hidrokarbon miktarları ve standart sapmaları çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen hidrokarbon miktarları (mg/kg) (n=2)*

Hidrokarbonlar		**G1**	**G30**	**G60**
Etan	**C**	0.00 ± 0.00^{D}	1.06 ± 0.07^{D}	4.38 ± 0.18^{C}
	YL	0.00 ± 0.00^{D}	0.00 ± 0.00^{D}	11.31 ± 0.63^{A}
	DH	0.46 ± 0.10^{D}	1.24 ± 0.18^{D}	8.16 ± 1.05^{B}
	KL	0.70 ± 0.00^{D}	1.06 ± 0.07^{D}	0.00 ± 0.00^{D}
Heptan	**C**	0.00 ± 0.00^{D}	0.16 ± 0.03^{D}	4.99 ± 0.29^{A}
	YL	0.00 ± 0.00^{D}	0.36 ± 0.00^{D}	4.81 ± 0.32^{A}
	DH	0.00 ± 0.00^{D}	0.17 ± 0.01^{D}	2.91 ± 0.32^{BC}
	KL	1.35 ± 0.11^{CD}	0.05 ± 0.00^{D}	3.27 ± 0.93^{AB}
2,2,4,6,6-pentamethyl-heptane	**C**	0.27 ± 0.04^{BC}	1.27 ± 0.11^{A}	0.36 ± 0.06^{B}
	YL	0.15 ± 0.03^{BC}	0.00 ± 0.00^{C}	0.00 ± 0.00^{C}
	DH	0.00 ± 0.00^{C}	0.00 ± 0.00^{C}	0.00 ± 0.00^{C}
	KL	0.00 ± 0.00^{C}	0.00 ± 0.00^{C}	0.35 ± 0.15^{B}
n-oktan	**C**	0.00 ± 0.00^{B}	0.19 ± 0.04^{A}	0.00 ± 0.00^{B}
	YL	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}
	DH	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}
	KL	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}	0.00 ± 0.00^{B}

***** Farklı büyük harf (A, B…E) taşıyan örneklerin hidrokarbon değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

Hidrokarbonların peynirde lipid otooksidasyonu ile oluştuğu veya saman, ot gibi hayvan yemlerinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Barbieri vd. 1994). Peynirde sıklıkla rapor edilmesine rağmen, genellikle düşük konsantrasyonlarda belirlenmesi ve yüksek algılanma eşik değerleri nedeniyle peynir aromasına temel bir katkı sağlamamaktadır.

Aynı zamanda bu bileşikler diğer aromatik bileşenlerin prekürsörü olarak rol oynamaktadır (Carbonell vd. 2002).

Elde edilen sonuçlara göre etan ve heptan tüm örneklerde belirlenmiş olup, olgunlaşma süresince artan bir eğilim göstermiştir. Etan en fazla YL örneğinde belirlenmiş olup ($P<0.05$), oluşumu lipid varlığı ile ilişkilendirilmiştir. Heptan ise kontrol örneğinde en yüksek düzeyde belirlendiğinden, oluşumunun ilave edilen mayalardan bağımsız olduğu düşünülmektedir. Diğer hidrokarbon bileşiklerin oluşumu örnekler ve olgunlaşma zamanları bakımından değişkenlik göstermektedir.

Elde edilen sonuçlarla ile benzer şekilde, Sorensen vd. (2011), *Y. lipolytica* ve *D. hansenii* ve *Saccharomyces cerevisia*'nın peynir yüzeyine ayrı ayrı uygulanması ile aroma bileşikleri oluşumu üzerine etkilerini tespit etmek amacıyla gerçekleştirdikleri bir çalışmada sülfitli bileşik ve furanları *Y. lipolytica* ile ilişkili aroma bileşenleri olarak rapor etmişlerdir. Ancak, Atanassova vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada, *D. hansenii*'nin sülfür bileşiklerinin üretiminden sorumlu temel maya çeşidi olduğu belirtilmektedir.

4.6.7 Diğer (muhtelif) bileşenler

Olgunlaşma süresince saptanan diğer bileşen miktarları ve standart sapmaları Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Sülfür bileşiklerinin çeşitli peynirlerde aroma profiline katkı sağladığı (Mc Sweeney ve Sousa 2000), diğer bileşenler ile reaksiyona girerek farklı uçucu aroma bileşiklerini oluşturdukları bildirilmektedir (Juan vd. 2007). Sülfür bileşenleri, peynir olgunlaşması esnasında metiyonin içeren peptitlerin degradasyonu yoluyla dimetil disülfit ve trisülfite dönüşmesi ile oluşmaktadır (Hayaloğlu ve Karabulut 2013c). Bu bileşenler, soğan, sarımsak benzeri veya çok olgun peynir kokuları ile tanımlanmaktadır. Algılanma eşik değerleri çok düşüktür ve iz miktarda bulunsalar bile olgun peynir benzeri kokular

oluşturabilmektedir. Özellikle maya ve küfle olgunlaşan peynirlerde olgunlaşma sonu aromasına katkı sağlamaktadır (Bontinis vd. 2012).

Çizelge 4.31 Üretilen peynir örneklerinin tespit edilen diğer bileşen miktarları (mg/kg) (n=2)*

Diğer bileşenler		**G1**	**G30**	**G60**
delta-Decalactone	**C**	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.11 ± 0.01 ^{A}	0.16 ± 0.00 ^{A}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.11 ± 0.01 ^{A}	0.17 ± 0.05 ^{A}
Dimetil sülfit	**C**	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.16 ± 0.01 ^{B}	1.17 ± 0.04 ^{A}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
Methanethiol	**C**	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.39 ± 0.02 ^{B}	1.03 ± 0.06 ^{A}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
2-pentyfuran	**C**	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.53 ± 0.05 ^{A}	0.64 ± 0.21 ^{A}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
Toluene	**C**	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.07 ± 0.02 ^{B}	1.26 ± 0.02 ^{A}
	YL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}	0.00 ± 0.00 ^{C}
2-bütanamin	**C**	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	YL	0.08 ± 0.01 ^{A}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	DH	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}
	KL	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}	0.00 ± 0.00 ^{B}

* Farklı büyük harf (A, B…E) taşıyan örneklerin sülfür değerleri arasındaki fark $P<0.05$ önemlidir.

Çalışmamız kapsamında muhtelif bileşiklerden en fazla uçucu sülfür bileşikleri ve furanlar belirlenmiştir. Sülfür bileşiklerinden dimetil disülfüt ve metanetiyol ile furanlardan 2-pentilfuran YL kodlu örnekte olgunlaşma sürecinde artan bir eğilimle belirlenmiştir. Laktonlardan delta-dekalakton ise C ve KL kodlu örneklerde yine olgunlaşma ile artış tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirme kapsamında YL kodlu örneğin tat-koku bakımından en fazla beğeni kazanmasında bu bileşiklerin etkili olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR

Mayalar, suşa bağlı olarak bazı gıda ürünlerinde özellikle olumsuz tat-aroma gelişimi nedeni ile bozulma etmeni olabilmektedirler. Ancak, özellikle peynirler başta olmak üzere bazı fermente gıdalar için pH'da artış meydana getirmeleri ve yüksek enzim aktiviteleri sonucu gerçekleştirdikleri diğer biyokimyasal reaksiyonlar ile arzu edilen metabolitleri oluşturmaları açısından olumlu bir etki de gösterebilmektedir. Bu kapsamda peynir üretiminde mayaların destek kültür olarak kullanımı sonucu olgunlaşma aşamasında özellikle lipolitik ve proteolitik enzimatik aktiviteleri sonucu tat-aroma gelişiminin sağlandığı yönünde bazı çalışmalar mevcuttur.

Bu tez çalışması kapsamında, ticari starter kültür kullanımı yanında ayrıca üç farklı maya türü (*Y. lipolytica*, *D. hansenii*, *K. lactis*) ayrı ayrı yardımcı kültür olarak kullanılarak farklı Beyaz peynir üretimleri gerçekleştirilmiştir. Maya türleri kullanılarak elde edilen peynirler, sadece kültür kullanılarak üretilen peynir (Kontrol) ile karşılaştırılarak kimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel, uçucu bileşenler ve duyusal analizlere tabi tutulmuşlardır. Dört farklı parti üretim ile elde edilen peynirlerin özellikleri bakımından karşılaştırılması amacıyla kategoriler halinde elde edilen sonuç ve değerlendirmeler aşağıda listelenmektedir:

Kimyasal Özellikleri Bakımından Genel Değerlendirme:

- pH değeri ve titrasyon asitliği bakımından örnekler ve depolama günleri arasında interaksiyon tespit edilmiştir ($P<0.05$). Olgunlaşma boyunca kontrol örneğinde pH'da azalma görülürken, maya bulunan diğer örneklerde pH artışı görülmüştür. Olgunlaşmanın ilk 30 gününde tüm örneklerin % LA düzeyinde laktozdan laktik asit oluşumundan kaynaklanan bir artış gözlenmiştir. En fazla artış *K. lactis* suşu ile üretilen KL kodlu peynir örneğinde görülürken, en az artış Kontrol (C) örneğinde tespit edilmiştir. Olgunlaşmanın ilerleyen periyodunda maya içeren tüm örneklerde asitlik azalışı meydana gelirken C örneğinde ise asitlik artışı starter kültür aktivitesi sonucu olgunlaşma sonuna kadar devam etmiştir.

- Kuru madde, yağ ve kuru maddede yağ bakımından olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında interaksiyon görülmemiştir ($P>0.05$). Ancak örnek ve depolama günleri sonuçlarının birbirleriyle bağlantılı olmadan kendi içlerinde önemli farklılığa sahip olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Tüm örneklerde kurumadde oranları olgunlaşma süresince ilk 30 gün artış göstermiş, ancak olgunlaşma sonuna doğru yeniden azalma eğiliminde olmuştur. Kontrol örneği (C) ile karşılaştırıldığında olgunlaşma sonunda kuru madde miktarı maya ilavesi ile üretilen tüm örneklerde (YL, DH, KL) daha düşük tespit edilmiştir. *Y. lipolytica* suşu ile üretilen YL örneğinde diğer tüm örneklere kıyasla olgunlaşma ilerledikçe % yağ değerinde artış gözlenmiştir. DH ve KL kodlu örneklerde % yağ miktarında olgunlaşma sürecinde benzer bir değişim görülmektedir ($P>0.05$). Olgunlaşma periyodu boyunca % yağ sonucuyla paralel olarak YL kodlu peynirlerde en yüksek KM'de % yağ oranı (ortalama 45.12) tespit edilmiştir. YL hariç diğer peynirlerde olgunlaşmanın sonuna doğru bu değerde azalmalar görülürken yüksek lipit birikimine sahip YL peynirleri olgunlaşma boyunca artarak ilerlemiştir.
- Olgunlaşma süresince tuz değerlerinin değişimi önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Kuru maddede tuz oranlarında tüm olgunlaşma süresinde artış meydana gelmiştir. Olgunlaşma periyodunun sonunda kuru maddede tuz değeri en düşük %7.92 ile YL peynirlerinde tespit edilmiştir. En yüksek değer ise %8.39 ile KL kodlu peynirlerde ölçülmüştür.
- Protein bakımından olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında interaksiyon görülmemiştir ($P>0.05$). Ancak örnek ve depolama günleri sonuçlarının birbirleriyle bağlantılı olmadan kendi içlerinde önemli farklılığa sahip olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Olgunlaşma periyodu boyunca C peynirinde azalma görülürken, maya içeren diğer tüm peynirlerde bu değer artarak ilerlemiştir.
- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında suda çözünen azot değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Olgunlaşma süresinde tüm peynir örneklerinin suda çözünen azot oranları artış göstermiş, ancak C örneğine göre maya ilavesi ile üretilen peynirlerde görülen artış önemli düzeyde farklı belirlenmiştir.

- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında olgunlaşma indeksi değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Tüm peynir örneklerinde olgunlaşmanın tamamında artış tespit edilmiştir. Olgunlaşmanın sonunda C örneğinin olgunlaşma indeksi 18.21 ölçülerek maya kullanımı ile üretilen diğer peynirlerden önemli düzeyde düşük bir değerde tespit edilmiştir. YL, DH ve KL peynirlerinin sonucu ise sırasıyla 33.04, 41.91 ve 35.22 olarak belirlenmiştir.

Mikrobiyolojik özellikler bakımından genel değerlendirme:

- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında TAMB sayıları bakımından fark önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Ticari peynir kültürü kullanılarak üretilen C peynirde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının olgunlaşmanın 30. gününe kadar bir artış göstermiş olduğu; 7.97 $\log_{10}$KOB/g'dan 8.10 $\log_{10}$KOB/g'a ulaştığı belirlenmiştir. Maya ilave edilmiş diğer peynirlerde ise olgunlaşma periyodu boyunca TAMB sayısında azalma tespit edilmiştir.
- Maya-küf sayıları bakımından olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında interaksiyon görülmemiştir ($P>0.05$). Ancak örnek ve depolama günleri sonuçlarının birbirleriyle bağlantılı olmadan kendi içlerinde önemli farklılığa sahip olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Maya ve küfe olgunlaşma boyunca kontrol örneğinde rastlanmazken olgunlaşmanın ilk günü en fazla 5.07 $\log_{10}$KOB/g ile DH örneğinde tespit edilmiştir. C hariç diğer tüm örneklerde maya küf sayısı olgunlaşmanın sonuna doğru azalma göstermiştir.
- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında *Lactobacillus* cinsi bakteri sayısı bakımından ilişki önemli bulunmazken ($P>0.05$), depolama günlerinde oluşan farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Bu periyod boyunca tüm peynir örneklerinde *Lactobacillus* cinsi bakteri sayısı artış göstermiştir. C örneğinde olgunlaşmanın 1., 30. ve 60. günler sırasıyla 8.20 $\log_{10}$KOB/g , 8.46 $\log_{10}$KOB/g ve 8.92 $\log_{10}$KOB/g *Lactobacillus* cinsi bakteri değerleri tespit edilen en yüksek miktarlar olduğu görülmüştür.
- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında *Lactococcus* cinsi bakteri sayısı bakımından ilişki önemli bulunmuştur ($P<0.05$) YL peynirinin *Lactococcus* cinsi bakteri sayısının depolama süresince azaldığı, 8.34

log_{10}KOB/g'dan 6.88 log_{10}KOB/g'a ulaştığı tespit edilmiştir. Olgunlaşma periyodu boyunca en yüksek değere KL peynirinde rastlanmış olup 8.15 log_{10}KOB/g'dan 9.09 log_{10}KOB/g'a ulaşmıştır.

Duyusal özellikler bakımından genel değerlendirme:

- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında tat-koku değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Maya ilave edilerek üretilen peynirler kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, YL ve DH örnekleri daha fazla beğenilirken, KL örneği C örneğine kıyasla beğenilmemiştir. YL örneği tat ve koku bakımından 8.85 puan alarak en beğenilen peynir olmuştur. KL örneğinde ilk 30 gün daha yüksek belirlenirken olgunlaşmanın ikinci ayında itibaren belirgin bir şekilde düşüş gözlenmiştir.
- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında yapı-tekstür değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0.05$). YL örneği yapı ve tekstür bakımından 4.80 puanla oldukça yüksek bir beğeni puanı alırken, en düşük puanı 3.75'le DH örneği almıştır. C örneği ise tüm olgunlaşma süresinde farklı bir değişim göstermeden benzer beğeni puanları toplamıştır
- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında renk-görünüş değerlerindeki değişimin önemsiz olduğu bulunmuştur ($P>0.05$). En yüksek değeri 5 tam puan alarak YL örneği alsa da tüm peynir örnekleri arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

Tekstürel özellikler bakımından genel değerlendirme:

- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında sertlik (hardness) değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Olgunlaşma boyunca tüm peynirlerde sertlik azalış göstermiştir. Maya ilavesi ile üretilen peynirlerden en sert peynir YL olarak belirlenmiş olup DH örneği ile arasında önemli düzeyde fark meydana gelmiştir ($P<0.05$).
- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında yapışkanlık (adhesiveness) değerlerindeki değişimin önemsiz olduğu bulunmuştur ($P>0.05$). C örneğinde olgunlaşma boyunca yapışkanlık değeri artarken, maya ilavesi ile üretilen diğer tüm örneklerde değişken bir eğilim tespit edilmiştir. Tüm peynirler

arasında, DH örneği gerek olgunlaşma başı gerekse sonunda en düşük değeri göstermiştir. Sertlik ile paralel şekilde en yüksek değeri YL örneği vermiştir.

- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında elastikiyet (springiness) değerlerindeki farklılık önemli görülmüştür ($P<0.05$). Tüm peynir örneklerinde olgunlaşma periyodu boyunca artış tespit edilmiştir. En yüksek artış DH peynirinde meydana gelmiş olup olgunlaşmanın ilk günü 0.93 cm olan elastikiyet değeri olgunlaşmanın son günü 1.31 cm'e yükseldiği belirlenmiştir. Olgunlaşmanın sonunda kontrol örneğinin elastikiyet değeri 1.03 cm ölçülmüş olup diğer örneklerle kıyaslandığında en düşük değer olduğu görülmüştür.
- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında esneklik (resilience) değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Olgunlaşma periyodu boyunca oluşan esneklik sonuçları 0.50 mm ile 0.62 mm arasında farklılık göstermiştir. Olgunlaşmanın 60. gününde DH peynirinin en yüksek esneklik değerine (0.62 mm) sahip olduğu görülmüştür. Kontrol örneği ise 0.50 mm ile en düşük esneklik değerine sahip olduğu belirlenmiştir.
- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında iç yapışkanlık (cohesiveness) değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Olgunlaşma periyodu boyunca tüm peynirlerde iç yapışkanlık değerleri %0.82 ile %0.87 arasında farklılıklar göstermiştir. %0.82 ile en düşük iç yapışkanlık değeri DH peynirinde tespit edilmiştir.
- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında sakızımsılık (gumminess) değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0.05$). DH örneğinin C örneğinden önemli düzeyde düşük sakızımsılık değerine sahip olduğu tespit edilmiş olup, YL ve KL örneklerinde daha yüksek değerlerde sakızımsılık belirlenmiştir.
- Olgunlaşma boyunca örnekler ve depolama günleri arasında çiğnenebilirlik (chewiness) değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Tüm peynirlerde olgunlaşma periyodu boyunca çiğnenebilirlik değerlerinde artış görülmüştür. Olgunlaşmanın sonunda kontrol peynirinin 2681.32 g·cm çiğnenebilirlik sonucu en düşük artışa sahip örnek olduğunu göstermiştir.

Uçucu bileşen (aroma) profili bakımından genel değerlendirme;

- Karboksilik asitlerin olgunlaşma boyunca en yüksek paya sahip olduğu anlaşılmıştır. Belirlenen 6 adet karboksilik yağ asitlerinden bütirik asit en yüksek konsantrasyonda YL kodlu örnekte tespit edilmiştir. Asetik asitin ise KL ve DH kodlu örneklerde en çok bulunduğu görülmüştür. Kaprik ve kaprilik gibi kısa ve orta zincirli yağ asitlerinde olgunlaşma boyunca artan bir eğilim tespit edilse de kontrol örneğine göre YL örneğinde önemli farklılık göstermemiş ($P>0.05$), DH örneğinde ise C örneğinden daha düşük belirlenmiştir. Kaprik asit bakımından KL örneği diğer tüm örneklere göre yüksek bir konsantrasyonda belirlenmiştir ($P<0.05$). Dekanoik asit miktarında ise örnekler arasında ve olgunlaşma süresince belirgin bir farklılık belirlenmemiştir. Dallanmış zincirli bir yağ asidi olan 4-metil- 3-pentenoik asit ise örneklerde başlangıçta az miktar tespit edilirken, olgunlaşma sonunda hiçbir örnekte tespit edilememiştir
- Alkollerin tüm olgunlaşma süresince, en fazla izole edilen ikinci grup bileşen olduğu anlaşılmıştır. Belirlenen 5 alkolden etil alkol tüm örneklerde temel alkol olarak belirlenmiştir. Etil alkol oluşumu olgunlaşma başında en fazla KL ve DH kodlu örneklerde belirlenirken, olgunlaşma ile azalan bir eğilim göstermiştir. Olgunlaşma sonunda en fazla etil alkol oluşumu DH kodlu örnekte tespit edilmiştir ($P<0.05$). Primer bir alkol olan 3-metil 1-butanol ise en fazla KL kodlu örnekte belirlenmiştir ($P<0.05$). 1- heksanol ise ikincil bir alkol olup, olgunlaşma ile artan bir oluşum göstermektedir. Özellikle *Yarrowia lipolytica'nın* bulunduğu YL kodlu peynirlerde 1- heksanolun en yüksek düzeyde ve artarak bulunduğu tespit edilmiştir. Olgunlaşma periyodu boyunca 3-pentanol ile 2-methylpropano'le sadece KL kodlu örnekte rastlanmıştır.
- Ketonların, tüm olgunlaşma süresince en fazla izole edilen üçüncü grup bileşen olduğu anlaşılmıştır. Belirlenen 7 adet keton bileşiklerinde dalgalanma ve düzensizlik mevcut olup, kimi bileşiğin olgunlaşma ile arttığı kimisinin ise azaldığı belirlenmiştir. 2,3-butanedion ve 3-hidroksi-2-butanon olgunlaşma ile azalırken, 2-heptanon ve 2- nonanon gibi metil ketonlar artan bir eğilim göstermiştir. 2-heptanon ve 2 butanon en fazla YL kodlu örnekte tespit edilirken, 2-pentanon sadece KL kodlu örnekte belirlenmiştir. 2-propanan olgunlaşma boyunca en fazla YL kodlu örnekte tespit edilmiştir.

- Esterlerden olgunlaşma periyodu boyunca etil asetat ve fenetil asetat olmak üzere iki bileşik tespit edilmiştir. Etil asetat sadece KL örneğinde belirlenmiş olup olgunlaşma boyunca artarak ilerlediği belirlenmiştir. Fenetil asetat ise C ve YL örneğinde tüm olgunlaşma süresince tespit edilmeyip, DH ve KL örneğinde olgunlaşma sonunda tespit edilmiştir.
- Aldehitlerin, tüm örneklerde dalgalanan konsantrasyonlarda olduğu anlaşılmıştır. Belirlenen 6 adet aldehit bileşenlerinden 2-metil butanal, 3-metil butanal ve benzaldehit DH örneği ile, asetaldehit ve pentanal KL örneği ile ilişkilendirilmiştir. Heksanal olgunlaşma süresince dalgalanma göstererek tüm örneklerde tespit edilmesine rağmen, olgunlaşma sonunda en yüksek KL örneğinde tespit edilmiştir ($P<0.05$).
- Hidrokarbonların, düşük konsantrasyonlarda oluştuğu anlaşılmıştır. Belirlenen 4 adet hidrokarbon bileşenlerinden etan ve heptan tüm örneklerde belirlenmiş olup, olgunlaşma süresince artan bir eğilim göstermiştir. Etan en fazla YL örneğinde belirlenmiş olup ($P<0.05$), oluşumu lipid varlığı ile ilişkilendirilmiştir. Heptan ve 2,2,4,6,6-pentamethyl-heptane en yüksek kontrol örneğinde tespit edilmiştir. n-oktan ise maya içeren örneklerde rastlanmazken sadece kontrol örneğinde belirlenmiştir.
- Belirlenen 6 adet muhtelif bileşenlerden en fazla uçucu sülfür bileşikleri ve furanlar tespit edilmiştir. Sülfür bileşiklerinden dimetil disülfüt ve metanetiyol ile furanlardan 2-pentilfuran YL kodlu örnekte olgunlaşma sürecinde artan bir eğilimle tespit edilmiştir. Laktonlardan delta-dekalakton ise C ve KL kodlu örneklerde yine olgunlaşma ile artış tespit edilmiştir. Toluenenin ise kontol örneğinde olgunlaşma boyunca artarak ilerlediği görülmüştür. 2-bütanamin sadece YL örneğinde belirlenmiştir.

Kullanılan mayaların peynir üretim ve olgunlaşması üzerine etkileri kapsamında değerlendirildiğinde ise, *Y. lipolytica* kullanımı en çok lipolitik sistem üzerinde etkili olmuş ve kontrol ile diğer maya türleri ile üretilen peynirlerde düşük miktarda saptanan kısa ve orta zincirli yağ asitlerinin serbest hale geçmesinde sorumlu olmuştur. *K. lactis* ise laktoz metabolizması ve laktik asit oluşumu ile ilişkilidir. *D. hansenii*'nin ise

peynirde proteolitik aktiviteden sorumlu bir maya olduğu ve bununla ilgili reaksiyon ve dönüşümlerle farklı komponentleri üründe oluşturduğu belirlenmiştir.

Y. lipolytica suşu kullanılarak elde edilen peynir örneklerinde; sülfürlü bileşikler (methanetiol, dimetil disülfit), bütirik asit gibi kısa zincirli yağ asitleri ve esterleri, furanlar ile kısa zincirli ketonlar (2-butanon, 2-propanon) diğer örneklere göre daha yüksek konsantrasyonlarda belirlenirken, *D. hansenii* ile üretilen örneklerde çoğunlukla ketonlar (2 pentanon, 2 heptanon), aldehitler (2-metil butanon, 3-metil butanon) ve alkoller (1-propanol, 2 metil butanol) belirlenmiştir. *K. lactis* ile üretilen örneklerde ise esterler (etil asetat, 2-metil propil asetat, 3-metil bütil asetat), ketonlar (2-pentanon, 2-heptanon, 2-nonanon gibi metil ketonlar), alkoller (etanol, 2-metil propanol, 3-metil butanol) ile aldehitler (asetaldehit, 2-metil butanal, 3-metil butanal) yüksek oranlarda tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, peynir üretiminde ticari starter kültür kullanımı yanında maya kullanımı gerek starter kültür etkinliğinin arttırılması gerekse kullanılacak mayanın türüne bağlı olarak tat-aroma ve yapı-tekstür bakımından arzu edilen özelliklerde ürün eldesi sağlama potansiyelindedir. Ayrıca bu çalışma maya suşlarının birlikte çeşitli kombinasyonlar şeklinde kullanılmasıyla Beyaz peynir üretiminde istenen özelliklerin oluşması sağlanabileceği gibi konu ile ilgili diğer çalışmalara da kaynak niteliğindedir.
.

KAYNAKLAR

Adesulu-Dahunsi, A.T. 2020. Synergistic microbial interactions between lactic acid bacteria and yeasts during production of Nigerian indigenous fermented foods and beverages. Food Control, 110: 106963.

Alzobaay, A. ve Alzobaay, W. 2018. Role of *D. hansenii* yeast in improving the microbial and sensory properties of Monterey Cheese. Al-Anbar J. Vet. Sci., Vol.:11 No (1).

Anonymous. 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Ed: A. K. Halkman. Başak Matbacılık Ltd. Şti., 358 s, Ankara

Anonymous. 2006. "TS 591 Beyaz Peynir Standardı", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Atanassova, M.R., Fernandez-Otero, C., Rodriguez-Alonso, P., Fernandez, I.C., Garabal, J.I., Centeno, J.A. 2016. Characterization of yeasts isolated from artisanal short-ripened cows cheeses produced in Galicia (NW Spain). Food Microbiology, 53: 172- 181.

Avsar, Y.K., 2010. "Milk Fat Globule Size, Powder Hydration Time, Para-K-Casein Content And Textural Properties Of Recombined White-Brined Cheese Produced By Direct Recombination System". Journal of Food Processing and Preservation, 34, 223-240

Barbieri, G., Bolzoni, I., Careri, M. Manglia, A., Paolari, G., Spagonoli, S., Virgili ve R. 1994. Study of the volatile fraction of Parmesan cheese. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42: 1170-1176.

Bayram, U. ve Tarakçı, Z. 2020. Farklı meyve tozları ilave edilen kaşar peynirlerinin renk değerleri ve tekstürel özellikleri üzerine olgunlaşmanın etkilerinin belirlenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 9(2): 363-372.

Bontinis, T. G., Mallatou, H., Pappa, E. C., Massouras, T. ve Alichanidis, E. 2012. Study of proteolysis, lipolysis and volatile profile of a traditional Greek goat cheese (Xinotyri) during ripening. Small Ruminant Research, 105(1-3); 193-201.

C.Belloch, A.Querol, E.Barrio. 2011. Yeasts and Molds: *Kluyveromyces* spp. Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition): 754-764

Carbonell, M., Nunez, M. ve Fernandez-Garcia, E. 2002. Evolution of the volatile components of ewe raw milk La Serena cheese during ripening. Correlation with flavour characteristics. Le Lait, 82: 683-698.

Centeno, J.A., Garabal, J.I., Docampo, F., Lorenzo, J.M., Carballo, J. 2017. Recovering traditional raw-milk Tetilla cheese flavour and sensory attributes by using *Kocuria varians* and *Yarrowia lipolytica* adjunct cultures. International Journal of Food Microbiology, 251: 33-40

Cinbaş, T. ve Kılıç, M. 2006. Proteolysis and lipolysis in White cheeses manufactured by two different production methods. International Journal of Food Science and Technology, 41(5): 530-537.

Collins YF, McSweeney PLH. 2003. Wilkinson MG. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. International Dairy Journal 13: 841-866.

Cuffia, F. vd. 2019. Influence Of The Culture Preparation And The Addition Of An Adjunct Culture On The Ripening Profiles Of Hard Cheese. Journal of Dairy Research, 86: 120- 128.

Curioni, P.M.G. ve Bosset, J.O. 2002. Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. International Dairy Journal, 12(12); 959-984.

Delgado, F.J., González-Crespo, J., Cava, R., García-Parra, J. and Ramírez, R. 2010. Characterisation by SPME–GC–MS of the volatile profile of a Spanish soft cheese P.D.O. Torta del Casar during ripening. Food Chemistry, 118(1); 182-189.

Engels, W., Dusterhoft, E. M., ve Huppertz, T. 2017. Reference Module in Food Science. Starter Cultures for Cheese Manufacture (s. 1-4). New York.

Everard, C., O'Callaghan, D., Howard, T., O'Donnell, C., Sheehan, E. ve Delahunty, C. 2006. Relationships between sensory and rheological measurements of texture in maturing commercial Cheddar cheese over a range of moisture and pH at the point of manufacture. Journal of Texture Studies, 37(4), 361–382

Evren, M. vd. 2011. Geleneksel Fermente Gıdalarda Bulunan Laktik Asit Bakterileri. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR, 09: 11-17.

Ferreira, A. D. ve Viljoen, B. C. 2003. Yeast as adjunct starters in matured Cheddar cheese, International Journal of Food Microbiology, 86, 131-140

Freitas, A.C., Pintado, A.E., Pintado, M.E., Malcata, F.X. 1999. Role of dominant microflora of Picante cheese on proteolysis and lipolysis. International Dairy Journal, 9: 593-603.

Göncüoğlu, M., Ormancı, F. S., ve Doğru, A. 2009. Beyaz Peynir Üretiminde Enterococcus Faecium'un Starter Kültür Olarak Kullanılması. Ankara Üniv Vet Fak Derg, 56, 249-254.

Gripon, J.C., Desmazeaud, M.J., Lebars, D. ve Bergere, J.L. 1975. Etude du role des micro-organismes et des enzymes au cours de la maturation des fromages. Le Lait, 55 (548); 502-516.

Gürsoy, A. ve Türkmen, N. 2018. Microbial Cultures and Enzymes in Dairy Technology. Adjunct Cultures in Cheese Technology (s. 234-256). Hershey PA.

Gürsoy, O. ve Kesenkaş, H. 2011. Peynir Mikrobiyolojisi. A. A. Hayaloğlu, ve B. Özer içinde, Peynir Biliminin Temelleri (s. 79-120). sidas.

Gwartney, E. A., Larick, D. K., ve Foegeding, E. A. 2004. Sensory texture and mechanical properties of stranded and particulate whey protein emulsion gels. Journal of Food Science, 69 (9), 333-339.

Harrigan, W.F, ve McCance, M.E., 1976. Laboratory methods in food and dairy microbiology, Revised Ed., Academic Press, London.

Harrigan, W.F., 1998. Laboratory methods in food microbiology, 3rd Ed, Academic Press, London.

Hayaloğlu, A. A. ve Özer, B. 2011. Peynir Biliminin Temelleri. Sidas.

Hayaloğlu, A.A. ve Karabulut, I. 2013c. SPME/GC-MS Characterization and Comparison of Volatiles of Eleven Varieties of Turkish Cheeses. International Journal of Food Properties, 16(7); 1630-1653.

Hayaloğlu, A.A., Çakmakçı, S., Brechany, E.Y., Deegan, K.C. ve McSweeney, P.L.H. 2007. Microbiology, biochemistry, and volatile composition of Tulum cheese ripened in goat's skin or plastic bags. Journal of Dairy Science, 90(3); 1102-1121.

Juan, B., Barron, L.J.R., Ferragut, V. ve Trujillo, A.J. 2007. Effects of high pressure treatments on volatile profile during ripening of ewe milk cheese. Journal of Dairy Science, 90; 124-135.

Karabıyıklı, Ş., ve Erdoğmuş, S. 2019. Peynir Üretiminde Mikroorganizmaların Rolü Ve Önemli Mikroorganizma Grupları. Journal of New Results in Engineering and Natural Science , (1): 35-45.

Karaca, O.B. 2007. Mikrobiyel Kaynaklı Proteolitik Ve Lipolitik Enzim Kullanımının Beyaz Peynirlerin Özellikleri Ve Olgunlaşmaları Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi.

Kesenkaş, H. ve Akbulut, N. 2006. Mayaların Peynir Üretiminde Destek Starter Kültür Olarak Kullanımı. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. , 43(2): 165-174.

Kıran, F. 2006. Hücre Duvarı Protein Profillerive Pilazmid İçeriklerine Göre Laktik Asit Bakterilerinin Moleküler Tanısı. Yüksek Lisans Tezi. Ankara üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kosikowski, F.V. ve Mistry, M.A. 1997. Cheese and Fermented Milk Foods. Ed. F. V. Kosikowski. Westport, Connecticut. 1; 728.

Kurt, A. ve Caglar, A. 1993. Kaşar peynirinin hızlı olgunlaştırılmasında enzim kullanımı üzerine bir araştırma. Erzurum, TUBİTAK- Veterinerlik ve Hayvancılık Araştırma Grubu. Proje no; VHAHH-787; 1-101.

Leclercq-Perlat, M. N., Corrieu, G., Spinnier, H.E. 2004. comparison of volatile compounds produced in model cheese medium deacidified by Debaryomyces hansenii or Kluyveromyces marxianus. J. Dairy Sci., 87: 1545-1550.

Lee, J.H., Diono, R., Kim, G.Y. ve Min, D.B. 2003. Optimization of solid phase microextraction analysis for the headspace volatile compounds of Parmesan cheese. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(5); 1136-1140.

McSweeney P. 2004. Biochemistry of cheese ripening. International Journal of Dairy Technology. 57 (2/3):147-155.

McSweeney, P.L.H. ve Sousa, M.J. 2000. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening; A review. Lait, 80(3); 293-324.

Mehlomakulu , N. N. 2011. Yeasts As Adjunct Starter Cultures In Cheese Making. Bloemfontein: Yüksek Lisans Tezi, University of the Free State, Faculty of

Natural and Agricultural Sciences, Department of Microbial, Biochemical and Food Biotechnology.

Metin, M. 2008. Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri. İzmir: Ege Meslek Yüksek Okulu Yayınları.

Moio, L. ve Addeo., F. 1998. Grana Padano cheese aroma. Journal of Dairy Research 65; 317-333.

Molimard, P. ve Spinnler. H.E. 1996. Review; Compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses; Origins and properties. Journal of Dairy Science, 79(2); 169-184.

Montel, M. C., Buchin, S., Mallet, A., Delbes-Paus, C., Vuitton, D., Desmasures, N. vd. 2014. Traditional cheeses: rich and diverse microbiota with associated benefits. International Journal of Food Microbiology, 177: 136-154.

Munoz, N., Ortigosa, M., Torre, P. ve Izco, M.J. 2003. Free amino acids and volatile compounds in an ewe's milk cheese as affected by seasonal and cheese-making plant variations. Food Chemistry, 83; 329-338.

Oğuz, Ş. ve Andiç, S. 2019. Peynir Üretiminde Kullanılan Starter Kültürler. Gıda, 44 (6): 1174-1196.

Özmen Toğay, S. vd. 2020. molecular characterization of yeasts isolated from traditional Turkish Cheeses. Food Science And Technology, Vol.40, No.4, 871-876.

Papanikolaou, S., Chevalot, I., Galiotou-Panayotou, M., Komaitis, M., Marc, I., Aggelis G. 2007. Industrial derivative of tallow: a promising renewable substrate for microbial lipid, single-cell protein and lipase production by Yarrowia lipolytica. Electron. Journal of Biotechnology 10 : 425-435.

Pena-Serna, C., Penna, A.,ve Lopes Filho, J. 2016. Zein-based blend coatings: Impact on the quality of a model cheese of short ripening period. Journal of Food Engineering, 171, 208-213.

Pereira, A. S., Miranda, S. M., Lopes, M., Belo, I. 2021. Factors affecting microbial lipids production by Yarrowia lipolytica strains from volatile fatty acids: Effect of co-substrates, operation mode and oxygen. Journal of Biotechnology 331:37-47.

Rattray, F. P. 2003. Secondary Cultures. H. Roginski, J. Fuquay, ve P. Fox içinde, Encyclopedia of Dairy Sciences (s. 275- 281).

Sahingil, D., Hayaloğlu, A. A., Simsek, O. ve Ozer, B. 2014. Changes in volatile composition, proteolysis and textural and sensory properties of white-brined cheese: effects of ripening temperature and adjunct culture. Dairy Sci. And Technol. , 94: 603-623.

Soares Pinto, M., Fernandez de Carvalho, A., Dos Santos Pires, A., de Paula, J., Sobral, D.,ve Resplande Magalhães, F. 2009. Survival of Listeria innocua in Minas traditional Serro cheese during ripening. Food Control, 20 (12), 1167-1170.

Soran , G. Ş., ve Çelik, Ş. 2018. Telemesi haşlanan geleneksel peynirlerimizin üretimine uygun doğal starter kültür geliştirilmesi. HU. Müh. , 15-19.

Sousa, M.J., Ardö, Y., McSweeney, P.L.H. 2001. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. International Dairy Journal, 11: 327-345.

Sorensen, L.M., Gori, K., Petersen, M.A., Jespersen, L. ve Arneborg, N. 2011. Flavour compound production by Yarrowia lipolytica, Saccharomyces cerevisiae and Debaryomyces hansenii in a cheese-surface model. International Dairy Journal, 21; 970-978.

Szczesniak, A. S. 2002. Texture is a sensory property, Food Quality and Preference, 13 (4), 215-225.

Tsigie, Y.A., Wang, C., Kasim, N.S., Diem, Q., Huynh, L., Ho, Q., Truong, C., Ju, Y. 2012. Oil Production from Yarrowia lipolytica Po1g using rice bran hydrolysate. J. Biomed. Biotechnol. Article ID 378384

Ürkek, B., Şengül, M., ve Erkaya, T. 2014. Saccharomyces Boulardii'nin fermente süt ürünlerinde kullanımı . Akademik Gıda, 12 (2): 108- 113.

Wyder, F., vd. 2019. Cheese Yeasts. Wıley yeast, 129 141.

Wyder, M.T., Puhan, Z. 1999. Role of selected yeasts in cheese ripening: an evaluation in aseptic cheese curd slurries. International Dairy Journal 9: 117-124.

Yalçın, S., Ergül, Ş., ve Özbaş, Z. 2011. Peynir Mikroflorasındaki Mayaların Önemi. Gıda, 36 (1): 55-62.

Yerlikaya, O. 2014. Laktik asit bakterilerinin tanımlanmasında kullanılan başlıca fenotipik ve moleküler yöntemler. Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, 14: 8-22.

Zheng, Y., Liu, Z., ve Mo, B. 2016. Texture profile analysis of sliced cheese in relation to chemical composition and storage temperature. Hindawi Publishing Corporation Journal of Chemistry, 8690380.