

JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE AND PRODUCTS

● Volume: 8

● Number: 1

● Year: 2025



Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi
Journal of Animal Science and Products (JASP)

SAHİBİ / OWNER: Zootekni Federasyonu

Prof. Dr. Zafer ULUTAŞ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

BAŞ EDITÖR / EDITOR IN CHIEF

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇELİKYÜREK, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye, Türkiye

YARDIMCI EDITÖR / ASSOCIATE EDITOR

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ÇAYAN, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Arda YILDIRIM, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Metin YILDIRIM, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Yusuf KONCA, Erciyes Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Cengiz ERKAN, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye
Dr. İsmail MERT, Zootekni Derneği Üyesi, Türkiye

İSTATİSTİK EDITÖRÜ / STATISTICS EDITOR

Doç Dr. Suna AKKOL, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye

İNGİLİZCE EDITÖRÜ / ENGLISH EDITOR

Prof. Dr. Mehmet Ulaş ÇINAR, Erciyes Üniversitesi, Türkiye

SEKRETERYA / SECRETARY

Doç. Dr. Ahmet UÇAR, Ankara Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Emre UĞURLUTEPE, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye

ALAN EDITÖRLERİ / SECTION EDITORS

Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Khalid JAVED, University of Veterinary and Animal Sciences, Lahore, Pakistan
Prof. Dr. Mesut TÜRKOĞLU, Ankara Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Dal Bosco ALESSANDRO, Università degli Studi di Perugia, İtalya
Doç. Dr. İlknur UÇAK, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Muhammad Kamal SHAH, Gomal University, Dera Ismael Khan, Pakistan
Doç. Dr. Tahereh MOHAMMADABADI, Ramin Agriculture and Natural Resources
University, İran
Dr. Hoda Javaheri BARFOUROOUSHI, Department of Physiology and Reproduction, Animal
Science Research Institute, İran

TARANDIĞI İNDEKLER / INDEXED BY

- * SIS Scientific Group
- * InfoBase Index
- * JournalTOCs
- * Cite Factor
- * Index Copernicus International
- * BASE (Bielefeld Academic Search Engine)
- * Asos Index
- * Directory of Research Journals Indexing
- * İdeal Kültür Yayıncılık
- * Google Scholar
- * Food and Agriculture Organization of the United Nations (AGRIS)

YER VE İLETİŐİM / HOME and CONTACT

Zootechni Federasyonu
Tuna Caddesi Halk Sokak Kültür Apt. No: 20 / 7 Sıhhiye-Ankara

Tel: +90 (312) 434 00 36
Tel: +90 (312) 434 00 76
Faks: +90 (312) 434 00 76

Cilt (Volume) : 8
Sayı (Number): 1

Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jasp>
Web: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jasp>

ANKARA, 2025

e-ISSN : 2667-4580

Bu Sayının Hakem Listesi / (Referee List in This Volume)

Dr. Aytül UÇAK KOÇ	Adnan Menderes Üniversitesi, Türkiye
Dr. Bayram ÜRKEK	Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye
Dr. Emrah KAYA	Iğdır Üniversitesi, Türkiye
Dr. Fehmi GÜREL	Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Dr. Gonca ÖZMEN ÖZBAKIR	Harran Üniversitesi, Türkiye
Dr. İsmail TÜRKER	Uşak Üniversitesi, Türkiye
Dr. Mehmet Akif ÖZCAN	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Türkiye
Dr. Menekşe BULUT	Iğdır Üniversitesi, Türkiye
Dr. Mubin KOYUNCU	Iğdır Üniversitesi, Türkiye
Dr. Serdar KAMANLI	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye
Dr. Yaşar ERDOĞAN	Bayburt Üniversitesi, Türkiye

Bu Sayının Alan Editörü Listesi / (Section Editors List in This Volume)

Dr. Cengiz ERKAN	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye
Dr. Elif BABACANOĞLU ÇAKIR	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye
Dr. Elvan OCAK	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye
Dr. Yusuf KONCA	Erciyes Üniversitesi, Türkiye

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- ♦ Yeni Nesil İnsektisit Flupyradifurone'un *Bombus terrestris* İşçi Arılarının Öğrenme ve Hafıza Davranışına Etkisi 1-11
İsmail Yaşhan BULUŞ, Ayhan GÖSTERİT
- ♦ Vitamin D3 ile Zenginleştirilen Bıldırcın Rasyonlarının Performans ve Yumurta Kalitesi Üzerine Etkisi 12-20
Osman OLGUN, Ahmet Engin TÜZÜN, Alpönder YILDIZ
- ♦ Questionnaire Example on Production and Problems of Feed Mills: The Case of Diyarbakır 21-35
Cemal BUDAĞ, İpek ASLAN
- ♦ Ahşap ve Strafor Kovanlardaki Kafkas (*Apis mellifera caucasica*) ve Karniyol (*Apis mellifera carnica*) Bal Arısı Kolonilerinin Bazı Fizyolojik Özelliklerinin Malatya Koşullarında Belirlenmesi 36-47
Adil İNCE, Kadir KARAKUŞ

Derleme Makaleleri / Review Articles

- ♦ Peynirde Olgunlaşmayı Hızlandırmaya Yönelik Stratejiler 48-72
Mehtap ÇELİK, Metin YILDIRIM
-



Yeni Nesil İnsektisit Flupyradifurone'un *Bombus terrestris* İşçi Arılarının Öğrenme ve Hafıza Davranışına Etkisi

İsmail Yaşhan BULUŞ^{*1}, Ayhan GÖSTERİT²

¹Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, 49250, Muş-Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, 32260, Isparta-Türkiye

İsmail Yaşhan BULUŞ, ORCID No: [0000-0003-4418-588X](https://orcid.org/0000-0003-4418-588X), Ayhan GÖSTERİT, ORCID No: [0000-0001-9686-7992](https://orcid.org/0000-0001-9686-7992)

MAKALE BİLGİSİ

ÖZ

Araştırma Makalesi

Sunulan bu çalışma doktora tezinden özetlenmiştir.

Geliş: 10.01.2025

Kabul: 24.03.2025

Anahtar Kelimeler

Bombus arısı
Bombus terrestris
Flupyradifurone
Öğrenme ve hafıza

* Sorumlu Yazar

y.bulus@alparslan.edu.tr

Bu çalışmada, yeni nesil insektisit olarak tanımlanan Flupyradifurone'un (FPF) *Bombus terrestris* işçi arılarının öğrenme ve hafıza yetenekleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, FPF'nin önerilen uygulama dozunu (60 ml/100 L.su) farklı oranlarda (0, 1/100, 1/10, 1/1, 2/1) içeren şeker şurubu ile beslenen arıların öğrenme ve hafıza performansları test edilmiştir. Araştırma kapsamında, işçi arıların lavanta kokusuna klasik koşullandırma yöntemiyle tepkileri ve belirli zaman dilimlerinde hafızalarını test eden uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bulgulara göre, FPF'ye maruz kalan arıların öğrenme ve hafıza yeteneklerinin önemli ölçüde etkilenmediği belirlenmiştir. Ancak, en yüksek doz uygulanan grupta öğrenme hızının ve hafıza yeteneğinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, FPF'nin nörotoksik etkilerini ve bombus arılarının tarlacılık yeteneklerini olumsuz etkileyebileceğini ortaya koyarak, çevre dostu olarak sunulan insektisitlerin ekolojik risklerini vurgulamaktadır. Çalışma sonuçları, FPF'nin çevresel etkileri üzerine daha kapsamlı araştırmalara duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Effect of Flupyradifurone Insecticides on Memory and Learning Behavior in *Bombus terrestris* Workers

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Research Article

This study is summarized from a doctoral dissertation.

Received : 10.01.2025

Accepted : 24.03.2025

Keywords

Bumblebee
Bombus terrestris
Flupyradifurone
Learning and memory

This study aimed to determine the effects of Flupyradifurone (FPF), identified as a novel insecticide, on the learning and memory abilities of *Bombus terrestris* workers. In the research, the learning and memory performance of workers fed with sugar syrup containing different concentrations of FPF (0, 1/100, 1/10, 1/1, 2/1 of the recommended application dose of 60 ml/100 L water) was tested. The study involved applications that assessed the worker bees' responses to lavender scent through classical conditioning and tested their memory at specific time intervals. The findings revealed that exposure to FPF did not significantly impair the bees' learning and memory abilities. However, the group exposed to the highest concentration demonstrated slower learning rates and reduced memory performance. This study highlights the potential neurotoxic effects of FPF and its negative impact on the foraging abilities of bumblebees, emphasizing the ecological risks of

Lütfen aşağıdaki şekilde atıf yapınız / Please cite this paper as following;

Buluş, İ.Y., Gösterit, A., 2025. Yeni nesil insektisit Flupyradifurone'un *Bombus terrestris* işçi arılarının öğrenme ve hafıza davranışına etkisi, Journal of Animal Science and Products (JASP) 8 (1):1-11. DOI: [10.51970/jasp.1617297](https://doi.org/10.51970/jasp.1617297)

*** Corresponding Author**

y.bulus@alparslan.edu.tr

insecticides marketed as environmentally friendly. The results underscore the need for further comprehensive research on the environmental impacts of FPF.

Giriş

Dünya genelinde tarımsal amaçlı yetiştiriciliği yapılan yaklaşık 300 bitkisel ürünün neredeyse %85'inin tozlaşmasında böcekler rol oynamaktadır. Dünya gıda üretiminin 1/3'üne tekabül eden meyvelerin, sebzelerin, yağlı tohumların, baklagillerin ve yem bitkilerinin tozlaşmasında en etkin böcekler bal arılarıdır (Klein ve ark., 2007; Allsopp ve ark., 2008). *Bombus* arıları bal arılarının ardından en etkili tozlayıcılar olarak kabul edilmektedir. *Bombus* arılarının tozlaşmadaki rolü, özellikle tarım alanlarında verimliliğin artırılmasında kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, *bombus* arıları entansif tarım yapan işletmelerin en vazgeçilmez girdilerinden birisi olarak değerlendirilmektedir (Gösterit ve Erkan, 2021).

Entansif tarımın bir diğer önemli girdisi ise, başta insektisitler olmak üzere pestisitlerdir. FAO (2024)'nın pestisit kullanımı ve ticareti ile ilgili raporuna göre, dünya genelinde 1990 yılında 1.8 milyon ton pestisit tüketilirken, 2022 yılında bu miktar 3.7 milyon tona yükselmiştir. Türkiye'de ise 1990 yılında 29.9 bin ton olan pestisit kullanımı, 2022 yılında 53.5 bin tona çıkmıştır. Pestisitler içerisinde en çok kullanılan bitki koruma ürünleri tarım zararlıları ile savaşmada kullanılan insektisitlerdir. Bu insektisitler içerisinde de en yaygın olanı neonikotinoid grubunda yer alan kimyasallardır. Neonikotinoidler, nikotinik asetilkolin reseptörlerde (nAChR) asetilkolin bağlanma bölgesine bağlanarak, hiper-uyarılmadan uyuşukluk ve felce kadar değişen bir dizi semptoma neden olmaktadır (IRAC, 2024). Neonikotinodlerin arılar üzerindeki olumsuz etkilerine yönelik çalışmalarda, arıların yuva bulma davranışlarının (Stanley ve ark., 2016; Monchanin ve ark., 2019; Keodara ve ark., 2024), hayatta kalma oranlarının (Iwasa ve ark., 2004; Samson-Robert ve ark., 2017; Macias-Macias ve ark., 2020; Buluş ve ark., 2020), beyin ve bağışıklık sistemlerinin (Annoscia ve ark., 2020; Brandt ve ark., 2016; Çakıcı ve ark., 2023a, 2003b), yavru üretimlerinin ve gelişimlerinin (Laycock ve ark., 2012; Morfin ve ark., 2019; Stuligross ve Williams, 2021; Chen ve ark., 2024) olumsuz etkilendiği belirlenmiştir.

Bombus arılarında, tıpkı bal arılarında olduğu gibi, yuvaya nektar ve polen taşıma görevi tarlacı işçi arılar tarafından yerine getirilmektedir (Akçay ve Erkan, 2024). Tarmacı arılar, besin arama faaliyetleri sırasında insektisitlere maruz kalabilmekte ve topladıkları besinlerde de insektisit bulaşığı içerebilmektedir. Nörotoksik etkileri olan bu insektisitler, arıların tarlacılık yeteneklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Arıların bu tarlacılık yeteneği, temel olarak öğrenme ve hafıza işlevlerine dayanmaktadır. Başka bir ifadeyle, öğrenme ve hafıza yeteneği tarlacı işçi arıların besin kaynakları ve yuva yerini öğrenip hatırlayabilmesi, besin ile yuva arasındaki turlarını başarılı bir şekilde tamamlayabilmeleri için gereklidir. Arılarda öğrenme mekanizması, tarlacı işçi arıların bir çiçeğe konduklarında nektar tarafından uyarılan tarsus, anten veya ağız kısımlarındaki tat alma reseptörleri aracılığıyla refleks olarak dillerini uzatmalarıyla başlamaktadır. Bu refleks, nektarın alınmasına olanak sağlarken aynı zamanda çiçek kokularının hafızaya alınmasına yardımcı olmaktadır (Menzel, 1993). Kokuların hafızaya alınması, sonraki tarlacılık faaliyetlerinde çiçeklerin tanınmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Arıların öğrenme ve hafıza yeteneklerinin araştırılması amacıyla klasik koşullandırma adı verilen yöntem kullanılmaktadır (Mc Cabe ve ark., 2007; van Nest, 2018). Bu yöntem sayesinde arıların tarlacılık aktivitelerini anlamak ve bu arıları yönlendirerek farklı çiçekleri ziyaret etmelerini sağlamak mümkün olabilmektedir. Ayrıca farklı araştırmacılar bu yöntemle nörotoksik insektisitlere maruz kalan arıların öğrenme ve hafıza yeteneklerini çeşitli deney düzenekleri oluşturarak test etmişlerdir. Bu kapsamda yapılan bazı çalışmalarda, neonikotinoid grubundaki insektisitler dahil yaklaşık 20 pestisitinin davranışsal etkileri araştırılmıştır (Desneux ve ark., 2007). Arıların akut maruziyeti klasik koşullandırma öncesinde, sırasında veya sonrasında yapılabilmektedir (Decourtye ve ark., 2004). Ancak, uzun süreli maruziyet neonikotinoid bileşikler için daha uygun olup kovan içinde insektisit bulaşığı olan gıda ile beslenen ve yeni yiyecek arama görevlerine başlamış olan arıların durumu ile ilgilidir. İmidacloprid, 5-OH-İmidacloprid ve Acetamiprid ile oral uygulamalardan, Thiamethoxam ile ise topikal uygulamalardan sonra 11 gün hayatta kalan arılarda, öğrenme performanslarının azaldığı görülmüştür (Aliouane ve ark., 2009). PER testi, kimyasal işlemlerin hafıza sürecine nasıl müdahil olabileceğini araştırabilmektedir (Decourtye ve ark., 2004). Acetamiprid'in oral olarak alınmasının uzun süreli hafıza bozukluğuna neden olduğu yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir (El Hassani ve ark., 2008). Aliouane ve ark., (2009) tarafından yapılan çalışmada, Thiamethoxam'a kronik olarak maruz kalan arılardaki (0.1 µg/arı) öğrenme davranışı incelenmiş ve Thiamethoxam'a maruz kalan arılarda, ilk 24 saatte hafızanın zayıfladığı ancak uygulamanın ardından 48. saatte hafızanın düzeldiği ve uzun süreli hafıza bozukluğunun ortadan kalktığı bildirilmiştir. Buluş ve ark. (2024), Acetamiprid etken maddeli insektisit bombus arısı bireylerindeki öğrenme ve hafıza çalışmalarını inceledikleri çalışmada, Acetamiprid etken maddeli neonikotinoid insektisit bombus arısı bireylerinin öğrenme ve hafıza yeteneklerini farklı düzeylerde etkilediğini bildirmişlerdir.

Son yıllarda bazı neonikotinoidlerin kullanımına yönelik Avrupa Birliği'nde ve Amerika'da kısıtlamalar getirilmiştir (Stokstad, 2013; Li ve ark., 2020). Bu kısıtlamalardan kaçınmak ve pazar paylarını korumak isteyen üreticiler, çevreye daha az zarar veren ve “doğa dostu” olarak nitelendirilen alternatif bitki koruma ürünleri üzerine yoğunlaşmışlardır. Bu kapsamda değerlendirilen ürünlerden biri de, doğal bir bileşik olan stemofolinin modifikasyonu ile elde edilen Flupyradifurone (FPF)'dur. FPF, tıpkı neonikotinoidler gibi nikotinik asetilkolin reseptörlerine (nAChR) etki ederek arıların sinir sisteminde olumsuzluklara yol açmaktadır (Nauen ve ark., 2015). Farklı bir kimyasal yapıya sahip olması nedeniyle, bu bileşik butenoloid grubunda sınıflandırılmış ve yeni nesil bir insektisit olarak kullanıma sunulmuştur. Ancak, etki mekanizması neonikotinoidlerle benzer olduğu için hedef dışı organizmalara karşı benzer etkiler göstermesi beklenmektedir. Hesselbach ve Scheiner (2018)'in çalışmasında, FPF'a maruz bırakılan bal arılarının bilişsel performansları ve şeker tatma istekleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, sadece en yüksek doza maruz kalan arıların öğrenme ve iştah performanslarında bir azalma olduğunu göstermiştir. Koku öğrenmesinin test edildiği bir başka çalışmada, *Apis cerena* işçi arı larvaları ve ergin bireyleri, FPF'nin 3 farklı dozuna maruz bırakılarak öğrenme ve hafıza yetenekleri test edilmiştir (Tan ve ark., 2017). Araştırma bulguları incelendiğinde, daha düşük olan doza maruz kalan arılar kontrol grubu ile kıyaslandığında, öğrenme yeteneğinin larva aşamasında %74, ergin halde ise %48 azaldığı bildirilmiştir. Hafıza yeteneklerinin ise yine kontrol grubuna göre larva aşamasında %48, ergin aşamada ise %22 oranında azaldığı bildirilmiştir. FPF'ye kronik olarak maruz bırakılan bal

arılarının tarlacılık performanslarının test edildiği diğer bir araştırmada, FPF'nin maksimum arazi uygulama dozuna tekabül eden doza (yaklaşık 1.0 µg/arı/gün) 10 gün boyunca maruz kalan arıların kontrol grubu işçi arılara göre daha önce tarlacılık faaliyetine çıktığı belirlenmiştir (Hesselbach ve ark., 2020). Siviter ve Muth (2022), FPF'ye akut oral yollardan maruz kalmanın bombus arılarının koku ve renk öğrenme yeteneklerini azalttığını ve maruz kalan arıların besin tüketme konusunda daha isteksiz olduğunu bildirmişlerdir. Sunulan bir başka çalışmada Gray ve ark. (2024), bombus arılarını bireysel olarak yüksek veya düşük sükröz içerikli FPF'ye maruz bırakmışlar ve sırasıyla karbonhidrat açısından zengin (%50 (w/w) veya fakir (%15 (w/w) diyetler ile beslemişlerdir. Araştırmacıların elde ettikleri bulgulara göre maruziyet sonucunda, sükröze karşı olan isteğin azaldığı ve uzun dönem hafızalarının olumsuz etkilendiği belirlenmiştir.

Flupyradifurone (FPF), çevreye daha az zarar veren bir neonikotinoid alternatifi olarak geliştirilmiş olsa da nikotinik asetilkolin reseptörlerine etki mekanizması benzerliği nedeniyle arılar üzerinde olumsuz etkileri olduğu yönünde bilimsel bulgular söz konusudur. Araştırmalar, FPF'nin bal arılarında öğrenme, hafıza, iştah ve tarlacılık performansını olumsuz etkilediğini ve bombus arılarında koku ve renk öğrenme yeteneklerini azalttığını ortaya koymuştur. Ancak, FPF'nin gerek bal arısı gerekse de bombus arısı üzerine etkilerini belirlemeye yönelik yapılan öğrenme ve hafıza çalışmalarının sayısının az olması, bu konuda kesin bir yargıya varılmasını zorlaştırmaktadır. Bu çalışma ile, konu hakkında bilimsel bilgi üretilmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü bünyesinde yer alan Arıcılık Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada kimyasal materyal olarak tavsiye dozu 60 mL/100 L su olan Flupyradifurone (FPF) etken maddeli insektisit (Sivanto, Bayer) kullanılmıştır. Araştırmanın arı materyalini oluşturan *Bombus terrestris* kolonileri, üretici ticari bir firmadan temin edilmiştir. Bu çalışma için etik kurul belgesine ihtiyaç yoktur.

Yöntem

Grupların oluşturulması

Çalışmanın planlanması aşamasında yapılan ön çalışmadan elde edilen sonuçlar ve çiftçilerin tarım ilaçlarından beklenen etkiyi garanti etmek amacıyla tavsiye dozunun üzerinde doz uyguladıkları bilgisi birlikte değerlendirilmiş (Özkan ve ark., 2002) ve araştırmada FPF etken maddeli insektisit (Sivanto, Bayer) farklı dozları kullanılarak aşağıdaki 5 farklı grup oluşturulmuştur.

Kontrol: Normal şeker şurubu ile besleme (kontrol grubu)

FPF 1/100: Önerilen uygulama dozunun 1/100'ü oranında FPF içeren şeker şurubu ile besleme

FPF 1/10: Önerilen uygulama dozunun 1/10'u oranında FPF içeren şeker şurubu ile besleme

FPF 1/1: Önerilen uygulama dozunun 1/1'i oranında FPF içeren şeker şurubu ile besleme

FPF 2/1: Önerilen uygulama dozunun 2/1'i oranında (2x) FPF içeren şeker şurubu ile besleme

Her bir grupta 100 adet işçi arı, toplamda ise 500 adet işçi arı kullanılmıştır. Bu işçi arılar rastgele 5 gruba ayrılarak, standart bombus arısı yetiştirme koşullarında 24 saat boyunca yer aldıkları gruba göre FPF etken maddesi içeren 50 brikslik şeker şurubu ile *ad-libitum* beslenmişlerdir.

İşçi arıların elde edilmesi

Çalışma kapsamında 8-12 günlük yaşta *B. terrestris* işçi arılar materyal olarak kullanılmıştır. Bu amaçla farklı kolonilerden toplanan kuluçka döneminin sonuna yaklaşmış işçi arı pupaları boş yetiştirme kutularına konulmuş ve bu pupaların bakımı için her bir yetiştirme kutusuna yaklaşık 25-30 adet işçi arı ilave edilmiştir. Yeni ergin hale gelen işçi arıların ayırt edilebilmesi için kutulara konulan bakıcı yaşlı işçi arılar ana arı boyama kalemi kullanılarak göğüs bölümlerinden boyanmıştır. Şeker şurubu ve polen ile standart yetiştirme yöntemlerine göre beslenen bu yapay koloniler, 5 gün sonra kontrol edilerek bütün kutulardaki yeni çıkmış genç boyasız işçi arılar alınmış ve bu işçi arılar 7 gün daha ayrı kutularda beslenmiştir (Buluş ve ark., 2020).

Öğrenme ve hafıza çalışmaları

Gruplara ayrılmış işçi arılar, bir süreliğine soğuk hava deposuna konularak (2.5 °C) hareketsiz hale gelmeleri sağlandıktan sonra antenleri, ön ayakları ve ağız parçaları rahatça hareket edecek şekilde özel olarak tasarlanmış arı sabitleme aparatlarına yerleştirilmiştir. Bu aşamada açlık yaşanmaması için çalışmada kullanılan işçi arılara kulak temizleme çöplerine emdirilmiş 50 Brikslik normal (ilaçsız) şeker şurupları ile besleme yapılmıştır. Böylece işçi arılarda olası açlıktan kaynaklanabilecek davranış değişimleri engellenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada, işçi arıların öğrenme ve hafıza testleri için ticari olarak satılan lavanta uçucu yağı kullanılmıştır. Bu aşamalardan sonra, işçi arıların çalışmanın yapılacağı ortama alışmaları ve sakinleşmeleri için bir süre beklenilmiştir. Çalışmada dil uzatma davranışı ile ilgili testler Bitterman ve ark. (1983) tarafından bildirilen protokolün modifiye haliyle gerçekleştirilmiştir (Tan ve ark., 2015). Bu kapsamda, lavanta kokusuna klasik koşullandırma yöntemi ile koşullandırılan her bir birey klasik koşullandırma düzeneğinin önüne konulmuştur. Düzeneğin önüne konulan sabitlenmiş her bir işçi arıya önce 15 saniye boyunca kokusuz hava üflenerek arının etkilenebileceği diğer kokular arının etrafından uzaklaştırılmıştır. Bu işlemi takiben (16. saniye ile 22. saniye arasında) lavanta kokulu hava üflenmiştir. Bu esnada normal şeker şurubuna batırılmış kulak temizleme çöpleri 19. ve 22. saniyeler arasındaki sürede işçi arıların antenlerine dokundurulmuştur. Bu işleme tepki veren yani dilini çıkaran işçi arılara ödül beslemesi yapılmıştır. Bu uygulama 10 dakika arayla 5 kez tekrar edilerek işçi arıların öğrenmesi pekiştirilemeye çalışılmış ve her bir tekrarda dil uzatan arıların sayıları kaydedilmiştir. Öğrenme uygulamaları tamamlandıktan sonra koşullandırılan işçi arıların hafızalarının test edildiği aşamaya geçilmiştir. Hafıza testi uygulamaları, işçi arılara lavanta kokusunun öğretilme işlemleri bittikten sonraki 1., 2., 6. ve 12. saatlerde yapılmış ve lavanta kokusuna tepki veren işçi arı sayıları kaydedilmiştir. Hafıza testi aşamasında öğrenme testi aşamasındaki uygulamaya benzer işlemler yapılmıştır. Ancak öğrenme testinde lavanta kokusu üflendikten sonra ödül beslenmesi yapılırken, hafıza testinde lavanta kokusu üflendikten sonra dil uzatan işçi arılara ödül beslenmesi yapılmamış ve dil uzatan işçi arı sayısı kaydedilmiştir.

İstatistik analiz

Çalışmada kullanılan işçi arıların öğrenme süreleri dikkate alınarak yaşam analizlerinden Kaplan-Meier yaşam analizi uygulanmış ve gruplarda yer alan işçi arıların ortalama öğrenme süreleri tahmin edilmiştir. Grupların tahmin edilen öğrenme süreleri ortalamaları arasındaki farkların belirlenmesinde Log-Rank yöntemi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

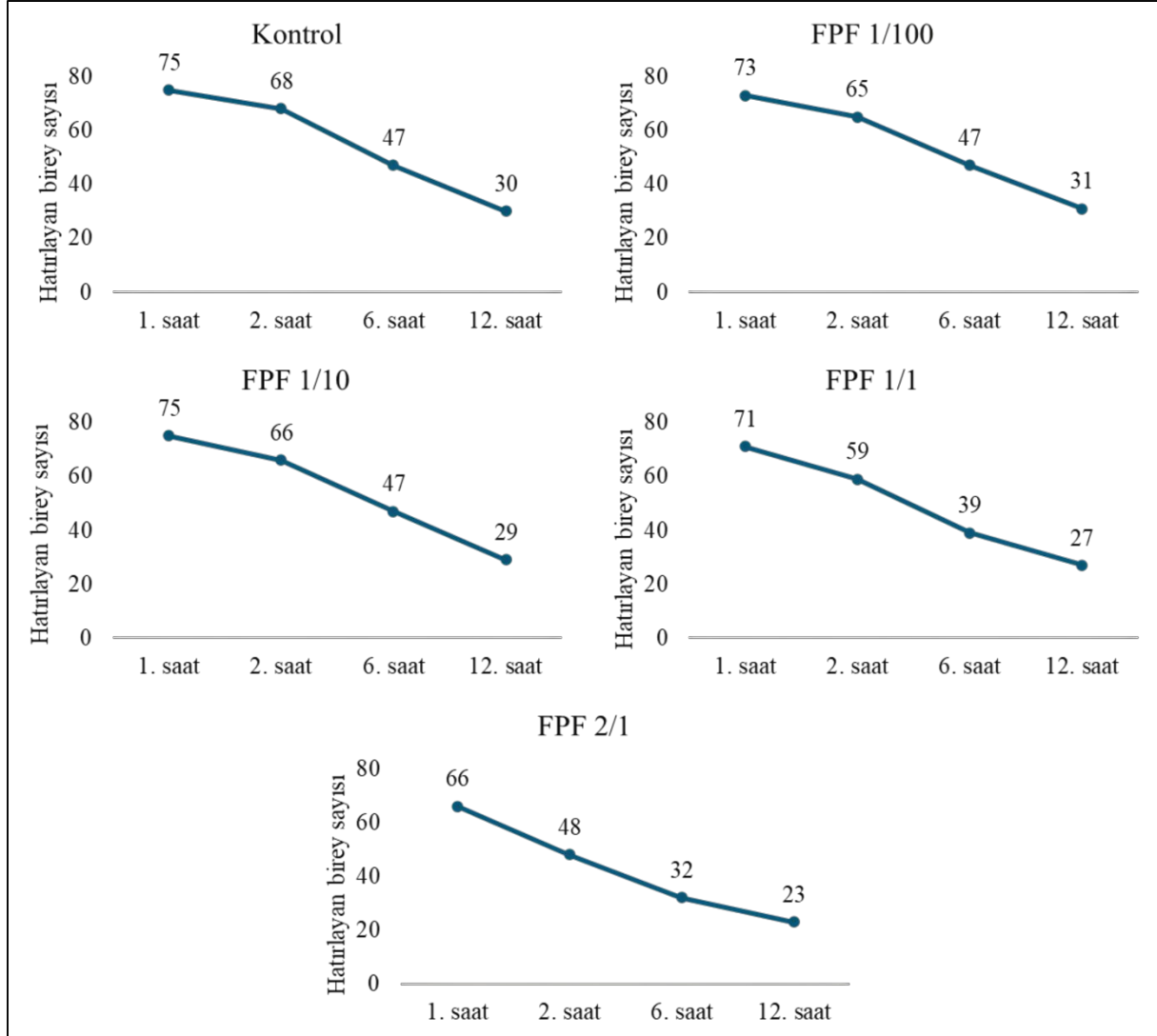
Bombus arılarının bal arılarına göre daha yavaş öğrendiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Ichikawa ve Sasaki, 2003; Laloï ve Pham-Delège, 2004; Riveros ve Gronenberg, 2009). Ayrıca genç *bombus* arılarının, genç bal arılarından daha hızlı öğrendiği bilinmektedir (Riveros ve Gronenberg, 2009). *Bombus terrestris* türünde işçi arıların erken yaşta tarlacılık faaliyetine katılmaları, öğrenme hızında etken olarak değerlendirilmektedir (Gill ve Raine, 2014). Ayrıca, arıların vücut büyüklüğünün öğrenme performansları ile ilişkili olup olmadığı yönünde görüş ayrılıkları da mevcuttur (Worden ve ark., 2005; Raine ve Chittka 2008; Riveros ve Gronenberg, 2009). Arıların bireysel öğrenme ve hafıza yetenekleri, besin miktarı ve kalitesi, hastalık ve zararlılara maruziyeti, habitat kayıpları, iklim değişikliği ve çevre kirliliği gibi faktörler ve bunların kombine etkilerinden çeşitli şekil ve düzeyde etkilenmektedir (Henry ve ark., 2012; Hendriksma ve Shafir, 2016; Koch ve ark., 2017; Branchiccela ve ark., 2019; Belsky ve Joshi, 2019; Goulson ve Nicholls, 2022). Bunlara ilave olarak, pestisitlerin de arıların öğrenme ve hafıza yeteneklerini olumsuz etkilemesi göz ardı edilemez bir durumdur. Özellikle nörotoksik insektisitler hem bal hem de *bombus* arılarının koku ve görsel öğrenmesini olumsuz etkilemesinin yanı sıra öğrenilen bilginin geri çağırılmasını (hatırlanmasını) da olumsuz etkilemektedir (Tan ve ark., 2017; Hesselbach ve Scheiner, 2018; Siviter ve ark., 2021; Bell ve ark., 2020; Siviter ve Muth, 2022; Paoli ve ark., 2024).

Sunulan çalışmada kullanılan nörotoksik insektisit FPF'nin arazi kullanım dozunu farklı oranlarda içeren (Kontrol (0), 2/1, 1/1, 1/10, 1/100) şeker şuruplarına 24 saat boyunca ad-libitum olarak maruz kalan arıların öğrenme ve hafıza performansı araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan bireylerin koşullanması yani öğrenmesi için gerekli tekrar sayıları ile ilgili bulgular Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmadan elde edilen verilere göre, gruplar arasında görülen fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($df=4$, $\chi^2=2,954$, $P=0.566$). Siviter ve Muth (2022) *B. impatiens* arılarının serbestçe hareket edebildikleri bir yöntemle (Free-Moving Proboscis Extension Response (FMPER) dil uzatma davranışlarını inceledikleri çalışmalarında, kullanılan FPF'nin, arıların koku ve renk öğrenmelerini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada, FPF'ye maruz kalan *B. impatiens* arılarının uzun dönem hafızalarının olumsuz etkilendiği bildirilmiştir (Gray ve ark., 2024). Bu çalışmada, literatürdeki diğer bulgularla farklılık gösteren bir sonuca ulaşılmıştır. Bu sonucun kullanılan arı türü ve uygulama yöntemlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Öğrenme çalışmalarından sonra hafıza testine tutulan *B. terrestris* işçi arılarının 1., 2., 6. ve 12. saatteki hafıza performansları Şekil 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. FPF'ye maruz kalan *B. terrestris* işçi arılarının koşullandırılması için gerekli tekrar sayıları

Table 1. Number of repetitions required for conditioning *B. terrestris* workers exposed to FPF

Gruplar	N	Ortalama $\pm$ S.H
Kontrol	100	3.90 $\pm$ 0.17
FPF 1/100	100	3.86 $\pm$ 0.18
FPF 1/10	100	3.92 $\pm$ 0.17
FPF 1/1	100	4.12 $\pm$ 0.17
FPF 2/1	100	4.18 $\pm$ 0.17



Şekil 1. Flupyradifurone'nun farklı dozlarına maruz kalan işçi arıların zamana bağlı hafıza performansları (adet)

Figure 2. Time-dependent memory performance of workers exposed to different doses of Flupyradifurone

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, yeni nesil insektisit Flupyradifurone'un (FPF) *Bombus terrestris* işçi arılarının öğrenme ve hafıza yetenekleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Araştırma

bulguları, FPF'nin önerilen dozlarda kullanılmasının arıların öğrenme ve hafıza performansını önemli ölçüde etkilemediğini göstermiştir. Ancak, önerilen dozun üzerinde FPF uygulamalarında, özellikle en yüksek doz grubunda (FPF 2/1) öğrenme hızı ve hafıza yeteneğinin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. Çalışma, FPF'nin bombus arıları üzerindeki nörotoksik etkilerini gösterirken, bu insektisit arıların tarlacılık faaliyetlerini ve ekosistem üzerindeki potansiyel olumsuz etkilerini de ortaya koymaktadır.

Sunulan bu çalışma sonuçlarından FPF'nin çevresel etkileri, farklı arı türleri ve diğer tozlayıcılar üzerindeki uzun vadeli etkileriyle ilgili daha geniş kapsamlı çalışmalar yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Özellikle yüksek dozlarda, çevresel etkiler göz önünde bulundurularak sınırlandırıcı düzenlemeler yapılması gerekmektedir. Çalışma ile ayrıca, FPF'nin diğer pestisitlerle kombinasyon etkilerini inceleyen çalışmaların yapılması, sinerjistik etkilerinin değerlendirilmesi ve FPF gibi kimyasalların tarımsal uygulamadaki kullanımının, arılar gibi kritik tozlayıcıların yaşam döngüsünü destekleyecek şekilde düzenlenmesi gibi gerekliliklerin önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

Teşekkür

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde hazırlanan doktora tezinin bir bölümünü kapsayan bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir (Proje no: 123O208).

Etik Kurul

Bu çalışma için etik kurul belgesine ihtiyaç yoktur.

Kaynaklar

- Akçay, A., Erkan, C., 2024. Bombus Arılarında Polen Tercihi. Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi. 7(2): 112-120.
- Aliouane, Y., El Hassani, A. K., Gary, V., Armengaud, C., Lambin, M., Gauthier, M., 2009. Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides: effects on behavior. Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal. 28(1): 113-122.
- Allsopp, M. H., De Lange, W. J., Veldtman, R., 2008. Valuing insect pollination services with cost of replacement. PloS One. 3(9): e3128.
- Annoscia, D., Di Prisco, G., Becchimanzi, A., Caprio, E., Frizzera, D., Linguadoca, A., Pennacchio, F., 2020. Neonicotinoid Clothianidin reduces honey bee immune response and contributes to Varroa mite proliferation. Nature Communications. 11(1): 5887.
- Bell, H. C., Montgomery, C. N., Benavides, J. E., Nieh, J. C., 2020. Effects of *Nosema ceranae* (Dissociodihaplophasida: Nosematidae) and flupyradifurone on olfactory learning in honey bees, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). Journal of Insect Science. 20(6): 29.
- Belsky, J., Joshi, N. K., 2019. Impact of biotic and abiotic stressors on managed and feral bees. Insects. 10(8): 233.
- Bitterman, M. E., Menzel, R., Fietz, A., Schäfer, S., 1983. Classical conditioning of proboscis extension in honeybees (*Apis mellifera*). Journal of Comparative Psychology. 97(2): 107.

- Branchiccela, B., Castelli, L., Corona, M., Díaz-Cetti, S., Invernizzi, C., Martínez De La Escalera, G., Antúnez, K., 2019. Impact of nutritional stress on the honeybee colony health. *Scientific Reports*. 9(1): 10156.
- Brandt, A., Gorenflo, A., Siede, R., Meixner, M., Büchler, R., 2016. The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*. 86: 40-47.
- Buluş, İ. Y., Uzun, A., Demirözer, O., Gösterit, A., 2020. Acetamipridin *Bombus (Bombus terrestris* L.) Arılarında Kuluçka Gelişimi Üzerine Etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*. 15(1): 91-99.
- Buluş, İ. Y., Timuroğlu, S., Gösterit, A., 2024. Neonikotinoid İnsektisitlerin *Bombus (Bombus terrestris* L.) Arısı Bireylerinde Hafıza ve Öğrenme Davranışına Etkisi. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*. 7(1): 30-41.
- Çakıcı, Ö., Uysal, M., Demirözer, O., Gösterit, A., 2023a. Effects of thiamethoxam on brain structure of *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) workers. *Chemosphere*. 338: 139595.
- Çakıcı, Ö., Uysal, M., Demirözer, O., & Gösterit, A., 2023b. Sublethal effects of thiamethoxam on immune system cells in the workers of *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Environmental Science and Pollution Research*. 30(37): 87424-87432.
- Chen, Y. R., Tzeng, D. T., Lin, S. S., Yang, E. C., 2024. Sublethal imidacloprid administration to honey bee workers is more lethal to the queen larvae. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 43(10): 2232-2242.
- Decourtye, A., Armengaud, C., Renou, M., Devillers, J., Cluzeau, S., Gauthier, M., Pham-Delègue, M. H., 2004. Imidacloprid impairs memory and brain metabolism in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 78(2): 83-92.
- Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J. M., 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*. 52(1): 81-106.
- El Hassani, A. K., Dacher, M., Gary, V., Lambin, M., Gauthier, M., Armengaud, C., 2008. Effects of sublethal doses of acetamiprid and thiamethoxam on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 54: 653-661.
- FAO, 2024. Pesticides use and trade – 1990–2022. FAOSTAT Analytical Briefs, No. 89. Rome.
- Gill, R. J., Raine, N. E., 2014. Chronic impairment of bumblebee natural foraging behaviour induced by sublethal pesticide exposure. *Functional Ecology*. 28(6): 1459-1471.
- Goulson, D., Nicholls, E., 2022. Anthropogenic influences on bee foraging. *Science*. 375(6584): 970-972.
- Gösterit, A., Erkan, C., 2021. Growth characteristics of commercial bumblebee colonies in open field conditions may be evidence for their invasion potential. *Bee Studies*. 13(1): 5-8.
- Gray, L. K., Hulsey, M., Siviter, H., 2024. A novel insecticide impairs bumblebee memory and sucrose responsiveness across high and low nutrition. *Royal Society Open Science*. 11(5): 231798.
- Hendriksma, H. P., Shafir, S., 2016. Honey bee foragers balance colony nutritional deficiencies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 70: 509-517.

- Henry, M., Beguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J. F., Aupinel, P., Decourtye, A., 2012. A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*. 336(6079): 348-350.
- Hesselbach, H., Scheiner, R., 2018. Effects of the novel pesticide flupyradifurone (Sivanto) on honeybee taste and cognition. *Scientific Reports*. 8(1): 4954.
- Hesselbach, H., Seeger, J., Schilcher, F., Ankenbrand, M., Scheiner, R., 2020. Chronic exposure to the pesticide flupyradifurone can lead to premature onset of foraging in honeybees *Apis mellifera*. *Journal of Applied Ecology*. 57(3): 609-618.
- Ichikawa, N., Sasaki, M., 2003. Importance of social stimuli for the development of learning capability in honeybees. *Applied Entomology and Zoology*. 38(2): 203-209.
- IRAC, Insecticide Resistance Action Committee. <https://irac-online.org/mode-of-action/classification-online/> Erişim Tarihi: 11.12.2024.
- Iwasa, T., Motoyama, N., Ambrose, J. T., Roe, R. M., 2004. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Protection*. 23(5): 371-378.
- Keodara, A., Jeker, L., Straub, L., Grossar, D., Müller, J., Christen, V., 2024. Novel fungicide and neonicotinoid insecticide impair flight behavior in pollen foraging honey bees, *Apis mellifera*. *Scientific Reports*. 14(1): 22865.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Tscharntke, T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 274(1608): 303-313.
- Koch, H., Brown, M. J., Stevenson, P. C., 2017. The role of disease in bee foraging ecology. *Current Opinion in Insect Science*. 21: 60-67.
- Laloi, D., Pham-Delègue, M. H., 2004. Bumble bees show asymmetrical discrimination between two odors in a classical conditioning procedure. *Journal of Insect Behavior*. 17: 385-396.
- Laycock, I., Lenthall, K. M., Barratt, A. T., Cresswell, J. E., 2012. Effects of imidacloprid, a neonicotinoid pesticide, on reproduction in worker bumble bees (*Bombus terrestris*). *Ecotoxicology*. 21: 1937-1945.
- Li, Y., Miao, R., Khanna, M., 2020. Neonicotinoids and decline in bird biodiversity in the United States. *Nature Sustainability*. 3(12): 1027-1035.
- Macias-Macias, J. O., Tapia-Rivera, J. C., De la Mora, A., Tapia-González, J. M., Contreras-Escareño, F., Petukhova, T., ..., Guzman-Novoa, E., 2020. *Nosema ceranae* causes cellular immunosuppression and interacts with thiamethoxam to increase mortality in the stingless bee *Melipona colimana*. *Scientific Reports*. 10(1): 17021.
- Menzel, R., 1993. Associative learning in honey bees. *Apidologie*. 24(3): 157-168.
- Mc Cabe, S. I., Hartfelder, K., Santana, W. C., Farina, W. M., 2007. Odor discrimination in classical conditioning of proboscis extension in two stingless bee species in comparison to Africanized honeybees. *Journal of Comparative Physiology A*. 193: 1089-1099.
- Monchanin, C., Henry, M., Decourtye, A., Dalmon, A., Fortini, D., Bœuf, E., ..., Fourrier, J., 2019. Hazard of a neonicotinoid insecticide on the homing flight of the honeybee depends on climatic conditions and Varroa infestation. *Chemosphere*. 224: 360-368.

- Morfin, N., Goodwin, P. H., Correa-Benitez, A., Guzman-Novoa, E. 2019. Sublethal exposure to clothianidin during the larval stage causes long-term impairment of hygienic and foraging behaviours of honey bees. *Apidologie*. 50: 595-605.
- Nauen, R., Jeschke, P., Velten, R., Beck, M. E., Ebbinghaus-Kintscher, U., Thielert, W., ..., Raupach, G., 2015. Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. *Pest Management Science*. 71(6): 850-862.
- Özkan, B., Akçaöz, H. V., Karaman, S., Taşcıoğlu, Y., 2002. Antalya ilinde serada sebze üretiminde pestisit kullanımının ekonomik açıdan değerlendirilmesi. *Bahçe*. 31(1): 9-16.
- Paoli, M., Giurfa, M., 2024. Pesticides and pollinator brain: How do neonicotinoids affect the central nervous system of bees?. *European Journal of Neuroscience*. 60: 5927–5948
- Raine, N. E., Chittka, L., 2008. The correlation of learning speed and natural foraging success in bumble-bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 275(1636): 803-808.
- Riveros, A. J., Gronenberg, W., 2009. Olfactory learning and memory in the bumblebee *Bombus occidentalis*. *Naturwissenschaften*. 96: 851-856.
- Samson-Robert, O., Labrie, G., Chagnon, M., Fournier, V., 2017. Planting of neonicotinoid-coated corn raises honey bee mortality and sets back colony development. *PeerJ*. 5: e3670.
- Siviter, H., Johnson, A. K., Muth, F., 2021. Bumblebees exposed to a neonicotinoid pesticide make suboptimal foraging decisions. *Environmental Entomology*. 50(6): 1299-1303.
- Siviter, H., Muth, F., 2022. Exposure to the novel insecticide flupyradifurone impairs bumblebee feeding motivation, learning, and memory retention. *Environmental Pollution*. 307: 119575.
- Stanley, D. A., Russell, A. L., Morrison, S. J., Rogers, C., Raine, N. E., 2016. Investigating the impacts of field-realistic exposure to a neonicotinoid pesticide on bumblebee foraging, homing ability and colony growth. *Journal of Applied Ecology*. 53(5): 1440-1449.
- Stokstad, E., 2013. Pesticides under fire for risks to pollinators. *Science*. 340: 674–676.
- Stuligross, C., Williams, N. M., 2021. Past insecticide exposure reduces bee reproduction and population growth rate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 118(48): e2109909118.
- Tan, L., Li, Q., Xie, X. S., 2015. Olfactory sensory neurons transiently express multiple olfactory receptors during development. *Molecular Systems Biology*. 11(12): 844.
- Tan, K., Wang, C., Dong, S., Li, X., Nieh, J. C., 2017. The pesticide flupyradifurone impairs olfactory learning in Asian honey bees (*Apis cerana*) exposed as larvae or as adults. *Scientific Reports*. 7(1): 17772.
- van Nest, B. N., 2018. The olfactory proboscis extension response in the honey bee: a laboratory exercise in classical conditioning. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education*. 16(2): A168.
- Worden, B. D., Skemp, A. K., Papaj, D. R., 2005. Learning in two contexts: the effects of interference and body size in bumblebees. *Journal of Experimental Biology*. 208(11): 2045-2053.



Vitamin D₃ ile Zenginleştirilen Bildircin Rasyonlarının Performans ve Yumurta Kalitesi Üzerine Etkisi

Ahmet Engin TÜZÜN¹, Osman OLGUN^{*2}, Alpönder YILDIZ²

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 09970, Aydın, Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 42130, Konya, Türkiye

Ahmet Engin TÜZÜN, ORCID No: [0000-0003-3493-1623](https://orcid.org/0000-0003-3493-1623), Osman OLGUN, ORCID No: [0000-0002-3732-1137](https://orcid.org/0000-0002-3732-1137), Alpönder YILDIZ, ORCID No: [0000-0002-3274-7710](https://orcid.org/0000-0002-3274-7710)

MAKALE BİLGİSİ

ÖZ

Araştırma Makalesi

Geliş: 27.03.2025

Kabul: 30.05.2025

Anahtar Kelimeler

Vitamin D₃

Yumurta kalitesi

Bildircin

Performans

* Sorumlu Yazar

oolgun@selcuk.edu.tr

Mevcut çalışma yumurtacı bildircin rasyonlarının vitamin D₃ ile zenginleştirilmesinin performans ve yumurta kalitesine etkisini değerlendirmek için yürütülmüştür. On haftalık yaşta 100 dişi bildircin her birinde beş hayvan bulunan 5 tekerürlü dört muamele grubuna rastgele dağıtılmıştır. Muamele rasyonları, yemde bulunan 5000 IU kg⁻¹ vitamin D₃'e ilaveten 0, 2000, 4000 ve 8000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ eklenerek hazırlanmıştır. Toplam 70 gün süren deneme sonunda rasyona vitamin D₃ ilavesi canlı ağırlığı, canlı ağırlık değişimini, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranını etkilememiştir (P>0.05). Yumurta verimi bakımından gruplar arasında fark önemli olup, en düşük yumurta verimi 4000 IU kg⁻¹ grubunda saptanmıştır (P=0.041). Yumurta ağırlığı rasyona vitamin D₃ ilavesi ile kuadratik olarak artmış (P=0.003), bu parametre bakımından en yüksek değerin elde edildiği 2000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ grubu ile 0 ve 8000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ grupları arasındaki farklılık önemli olmuştur. Yumurta kitlesi rasyona vitamin D₃ ilavesi ile kuadratik olarak artmış (P=0.007) ve en yüksek ortalamanın elde edildiği 2000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ seviyesi ile diğer tüm gruplar arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür. Rasyon vitamin D₃ seviyelerinin kabuk oranı haricindeki parametrelere etkisi önemsiz olmuştur (P>0.05). En yüksek ve en düşük kabuk oranı değerleri sırasıyla 4000 ve 8000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ seviyelerinde tespit edilmiş ve bu iki grup arasındaki farklılık önemli bulunmuştur (P=0.043). Bu verilere dayanarak yumurtacı bildircin rasyonlarına yemden gelen 5000 IU kg⁻¹ vitamin D₃'e ilaveten 2000 IU kg⁻¹ seviyesinde vitamin D₃ ilavesinin performans bakımından olumlu etkilerinin olduğu, ancak yüksek (8000 IU kg⁻¹) seviyede vitamin D₃ ilavesinin yumurta kabuk oranını olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Effect of Quail Diets Enriched with Vitamin D₃ on Performance and Egg Quality

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Research Article

Received : 27.03.2025

Accepted : 30.05.2025

The present study was conducted to evaluate the effects of vitamin D₃ enrichment of laying quail diets on performance and egg quality. One hundred female quails, ten weeks aged, were randomly distributed into four treatment groups with five replicates, each consisting of five birds. Treatment diets were prepared by adding 0, 2000, 4000 and 8000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ in addition to the 5000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ present in the feed.

Lütfen aşağıdaki şekilde atıf yapınız / Please cite this paper as following;

Tüzün, A.E., Olgun, O., Yıldız, A., 2025. Vitamin D₃ ile zenginleştirilen bildircin rasyonlarının performans ve yumurta kalitesi üzerine etkisi, Journal of Animal Science and Products (JASP) 8 (1):12-20. DOI: [10.51970/jasp.1666734](https://doi.org/10.51970/jasp.1666734)

Keywords	At the end of the 70-day trial, vitamin D ₃ supplementation to the diet did not statistically affect final body weight, body weight change, feed intake and feed conversion ratio ($P>0.05$). The difference between the groups was significant in terms of egg production and the lowest egg production was determined in the 4000 IU kg ⁻¹ group ($P=0.041$). Egg weight increased quadratically with the addition of vitamin D ₃ to the diet ($P=0.003$), and the difference between the 2000 IU kg ⁻¹ vitamin D ₃ group, in which the highest value was obtained, and the 0 and 8000 IU kg ⁻¹ vitamin D ₃ groups was significant in terms of this parameter. Egg mass increased quadratically with the addition of vitamin D ₃ to the diet ($P=0.007$) and the difference between the highest mean value at 2000 IU kg ⁻¹ vitamin D ₃ level and all other groups was significant. The effect of diet vitamin D ₃ levels on parameters except eggshell ratio were insignificant ($P>0.05$). The highest and lowest eggshell ratio were determined at 4000 and 8000 IU kg ⁻¹ vitamin D ₃ levels, respectively, and the difference between these two groups was significant ($P=0.043$). Based on these data, it was determined that the addition of 2000 IU kg ⁻¹ of vitamin D ₃ to the laying quail diets, in addition to 5000 IU kg ⁻¹ vitamin D ₃ from feed, had positive effects on performance, but adding high levels (8000 IU kg ⁻¹) of vitamin D ₃ had a negatively affect on the eggshell ratio.
Vitamin D ₃	
Egg quality	
Quail	
Performance	
* Corresponding Author	
oolgun@selcuk.edu.tr	

Giriş

Vitamin D₃ (kolekalsiferol) östradiol ve kortizol de dahil olmak üzere steroid hormonlarla benzer bir yapıya sahip olmasından dolayı sadece yağda çözünen bir vitamin olarak tanımlanmamakta (Abawi ve Sullivan, 1989), aynı zamanda bir pro-hormon (Huff ve ark., 2000; Norman, 2006; DeLuca, 2008) ve immünomodülatör bir besin maddesi olarak da tanımlanan bir vitamindir (Norman, 2006; Correale ve ark., 2009; Shanmugasundaram ve Selvaraj, 2012). Güneşin ultraviyole ışınları ile vücutta kolesterolden ihtiyacı karşılayacak kadar sentezlenebilmektedir. Ancak kapalı kümeslerde yetiştiriciliği yapılan kümes hayvanları için başlıca vitamin D₃ kaynağı rasyondur. Yağda çözünen bir vitamin olan vitamin D₃, en temel görevi plazma kalsiyum ve fosfor homeostazını korumak, paratiroid hormonu regüle etmek olup, kemik gelişimi için gereklidir (Khan ve ark., 2010; Garcia ve ark., 2013; Adhikari ve ark., 2020). Ek olarak, kanatlı hayvan türlerinde vitamin D₃ ve metabolitleri iskelet sistemindeki görevi haricinde performansın devamlılığında (Fritts ve Waldroup, 2003), yumurta kabuğunun oluşumunda (Keshavarz, 2003; Khan ve Mukhtar, 2013), üremede (Coto ve ark., 2010; Saunders-Blades ve Korver, 2015) ve bağışıklık sisteminde de (Chou ve ark., 2009; Gómez-Verduzco ve ark., 2013) görev almaktadır.

Etlik piliç ve yumurtacı tavuk üretiminin artmasının yanında alternatif kanatlı tüketim ürünleri olan bıldırcın eti ve yumurtasına olan talep de gün geçtikçe artmaktadır. Bıldırcın yumurtası hem besleme değeri hem de geleneksel tüketim talepleri bakımından revaçta olan bir üründür. Ticari üretimde kullanılan kanatlı hayvan türleri üzerinde yapılan çalışmalarla sağlanan ilerlemelerin ortaya koyduğu bazı olumsuzlukları yumurta kabuğu kalitesi (Al-Batshan ve ark., 1994), kemik direnci (Rath ve ark., 2000) ve hayvan refahı (Yılmaz Dikmen ve ark., 2016) üzerinde bazı olumsuz etkiler de meydana gelmiştir. Vitamin D₃'ce yetersiz rasyonlarla beslenen kümes hayvanlarında yumurta veriminin ve ağırlığının azaldığı ve yüksek ölüm oranları görüldüğü (Geng ve ark., 2018), düşük seviyelerden yüksek seviyelere doğru aktif formunun vücuttaki konsantrasyonunun arttığı (Clark ve Potts, 1976), hücre çoğalmasını ve farklılaşmasını etkilediği (EFSA, 2012), yumurta verimini ve fiziksel kaliteyi artırdığı (Geng

ve ark., 2018) yüksek seviyelerinin kalsiyum emilimini arttırdığı (Hansen ve ark., 2004), yumurta kabuğu kalitesini ve kemik gelişimini arttırdığı (Kim ve ark., 2012; Wen ve ark., 2019; Li ve ark., 2021) çalışmalarda bildirilmektedir. Kümes hayvanlarında vitamin D₃ gereksinimleri yumurtlayan tavuklar için 300 IU kg⁻¹ ve bıldırcınlar için ise 900 ICU kg⁻¹ olarak belirtilmiştir (NRC, 1994). Ancak önerilen bu değerler kontrollü deneme koşulları altında gereken minimum seviyelerdir. Yumurtlayan tavukların ihtiyaçlarının belirlenmesi için referans olabilecek çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre 2500 (Jing ve ark., 2022) veya 3000 IU kg⁻¹ (Świątkiewicz ve ark., 2017) değerleri arasında rasyona Vit D₃ ilavesinin yapılabileceği bildirilmekte olup, ancak bıldırcınlarda ve özellikle damızlık bıldırcınlarda bu Vit D₃ ilavesi konusunda yeterli çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla mevcut çalışma yumurtlayan bıldırcın rasyonlarının vitamin D₃ ile zenginleştirilmesinin üretim performans ve yumurta kalitesine etkilerini belirlemek için yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulunun 07.03.2025 tarih ve 64583101/2025/043 sayılı izni ile yürütülmüştür.

Deneme materyali

Deneme tesadüf parselleri deneme tertibine göre tasarlanmış olup, 10 haftalık 100 dişi bıldırcın, beş tekerrüre sahip dört ana muamele grubuna rastgele dağıtılmış ve bölmeler (30 × 45 cm) temizlenmiş, dezenfekte edilmiş ve havalandırılmıştır. Hayvanlara 22°C (±2.0) sıcaklık ve 16 saat aydınlık süre sağlanmıştır. Tüm alt gruplara yem ve su ad-libitum olarak sağlanmıştır.

Mısır-soya fasulyesi küspesine dayalı rasyon %19.98 ham protein, 2900 kkal kg⁻¹ metabolik enerji içerecek şekilde hazırlanmıştır (Tablo 1). Toplam 70 gün süren deneme için muamele rasyonları ise kontrol grubu (Vit D₃ ilavesiz), 2000, 4000 ve 8000 IU kg⁻¹ Vit D₃ (Zhejiang Garden Biochemical High-Tech Co., Ltd., China) ilavesi ile oluşturulmuştur (premiiks rasyona 5000 IU kg⁻¹ Vit D₃ sağlamaktadır). Toz formdaki vitamin D₃ muamele rasyonlarına bir mikser yardımıyla karıştırılmıştır. Rasyonlar yumurtacı bıldırcınların gereksinimlerini karşılamak için vitamin D₃ hariç olmak üzere NRC (1994)'e göre hazırlanmıştır. Tablo 1 bazal rasyonu ve bazal rasyonunu kimyasal bileşimini göstermektedir.

Tablo 1. Bazal rasyon ve hesaplanmış besin madde içerikleri

Table 1. Basal diet and its calculated nutrient contents

Yemler	%	Besin maddeleri	%
Mısır	53.90	Metabolik enerji, kkal kg ⁻¹	2900
Soya küspesi	35.00	Ham protein	19.981
Soya yağı	3.69	Kalsiyum	2.499
Kireç taşı	5.60	Kullanılabilir fosfor	0.350
DCP	1.14	Lisin	1.100
Tuz	0.35	Metiyonin	0.455
Premiks ¹	0.10	Metiyonin+sistin	0.859
Metiyonin	0.22		

¹Premiks 1 kg yeme 13000 IU vitamin A, 5.000 IU vitamin D₃, 80 mg vitamin E, 4 mg vitamin K₃, 5 mg tiamin, 9 mg riboflavin, 25 mg pantotenik asit, 70 mg niasin, 5 mg piridoksin, 0.35 mg biyotin, 2.5 mg folik asit, 0.02 mg vitamin B₁₂, 16 mg bakır, 20 mg demir, 1.25 mg iyot, 120 mg manganez ve 0.30 mg selenyum, 120 mg çinko sağlamaktadır.

Üretim performansının belirlenmesi

Üretim performansını belirlemek için deneme başında ve sonunda grup tartımları yapılarak canlı ağırlıklar belirlenmiştir (± 0.01 g). Ayrıca her alt gruba verilen yemler ve deneme sonunda yemliklerde kalan yemler tartılmıştır. Yumurtalar her gün aynı saatte (sabah 10:00) toplanarak kaydedilmiştir. Denemenin son üç gününde toplanan yumurtaların ağırlığı belirlenmiştir. Bu verilerden canlı ağırlık ve canlı ağırlık değişimi g/bıldırcın, yumurta verimi %, yumurta ağırlığı g, (%yumurta verimi x yumurta ağırlığı) / 100 formülüyle yumurta kitlesi g/bıldırcın/gün, yem tüketimi g/bıldırcın/gün ve g yem / g yumurta formülüyle yemden yararlanma oranı g yem / g yumurta olarak hesaplanmıştır.

Yumurta kalite kriterlerinin belirlenmesi

Denemenin son üç günü toplanan tüm yumurtalardan, iç ve dış kalite parametreleri belirlenmiştir. Deneme boyunca kabuksuz, kırık ve çatlak yumurtalar kaydedilerek toplam yumurta sayısının yüzdesi olarak hesaplanmıştır. Yumurta kabuğu kalınlığı (μm), yumurta kabuklarının üç bölümünden (ekvator, küt ve sivri kısımlar) elde edilen değerlerin ortalamasından dijital bir mikrometre (Mitutoyo, 0.01 mm, Japonya) kullanılarak hesaplanmıştır.

Yumurtanın iç kalitesini değerlendirmek için yumurtalar temiz bir cam yüzeyin üzerine kırılmış ve ardından yumurta kabuğundaki yumurta akı, sarısı ve diğer kalıntılar temizlenmiştir. Kabuklar oda sıcaklığında üç gün boyunca kurutulmuş ve kabuk ağırlığı yumurta ağırlığına oranlanarak oransal kabuk ağırlığı hesaplanmıştır. Yumurta sarıları albüminden ayrılmış, albümin ve sarının yüksekliği dijital mihengir, uzunluk ve genişliği 0.01 mm'lik dijital kumpas (Mitutoyo, Japonya) ile ölçülmüştür. Bu değerler aşağıdaki parametreleri hesaplamak için kullanılmıştır. Albümen indeksi = albümen yüksekliği / ((Albümen genişliği + albümen uzunluğu) / 2) x 100, Sarı indeksi = (sarı yüksekliği / sarı çapı) x 100 ve Haugh birimi = $100 \times \log (\text{albümen yüksekliği} + 7.57 - 1.7 \times \text{yumurta ağırlığı}^{0.37})$.

İstatistik analizler

Veriler Minitab'da One-Way kullanılarak ANOVA'ya tabi tutulmuştur. Duncan'ın çoklu aralık testleri ayrı ortalamalara uygulanmıştır. Aynı zamanda elde edilen verilere ortogonal analiz yapılarak linear ve kuadratik etki belirlenmiştir. İstatistiksel farklılıklar ifadeleri $P < 0.05$ olasılığına göre yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Tablo 2 vitamin D₃ ile zenginleştirilmiş rasyonların yumurtacı bıldırcınların performans parametreleri üzerindeki etkisini göstermektedir. Sonuçlara göre vitamin D₃ seviyeleri bitiş canlı ağırlığı, canlı ağırlık değişimi, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranını istatistiki olarak etkilememiştir ($P > 0.05$). Yumurta verimi muamelelerden önemli ölçüde etkilenmiş olup ($P < 0.05$), vitamin D₃ eklenmeyen kontrol grubu ve 2000 IU kg⁻¹ seviyesinde vitamin D₃ ilavesinde 4000 IU kg⁻¹ seviyelerine kıyasla önemli ölçüde artmış, ancak diğer vitamin D₃ seviyeleri ile benzer bulunmuştur. Yumurta ağırlığı ise rasyon vitamin D₃ seviyelerinden kuadratik olarak etkilenmiş olup ($P < 0.05$), rasyona ilave edilen vitamin D₃ ile önemli artış sağlanmıştır.

Yumurta ağırlığı bakımından en yüksek değerin elde edildiği 2000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ seviyesi ile 0 ve 8000 IU kg⁻¹ seviyeleri arasındaki farklılık önemli olmuştur. Yumurta kitlesi üzerinde de kuadratik bir etki tespit edilmiş (P<0.05) ve en yüksek ortalamanın elde edildiği 2000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ seviyesi ile diğer tüm gruplar arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür. Mevcut çalışmada yumurta verimi, yumurta ağırlığı ve yumurta kitlesi bakımından istatistiki veya rakamsal olarak en iyi sonuçlar 2000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ grubunda elde edilmiştir. Üretim performansı özelliklerindeki iyileşme vitamin D₃ ve kalsiyum arasındaki sinerjik rolden kaynaklanıyor olabilir, çünkü vitamin D₃ kalsiyumu bağırsak duvarları boyunca aktif kalsiyum taşınmasına katkıda bulunan proteinle bağlamak için çalışır (Keshavarz, 2003).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde Akbari ve ark. (2019) 3300 IU kg⁻¹ vitamin D₃ içeren rasyona 69 veya 138 µg/kg Vit D₃ ilavesinin yumurta ağırlığı ve yumurta kitlesinde önemli ölçüde iyileşme gösterdiğini bildirmiştir. Hassan ve ark. (2008) 11-16 haftalar arasındaki damızlık bıldırcın rasyonlarına 1000 veya 2000 ICU kg⁻¹ vitamin D₃ ilavesinin yumurta verimi haricindeki performans ölçütlerini etkilemediğini, yumurta veriminin 1000 ICU kg⁻¹ seviyesi ile arttığını bildirmiştir. Browning ve Cowieson (2015), rasyonda yüksek vitamin D₃ seviyesinin (5000 IU kg⁻¹) yumurta verim performansı üzerinde başka herhangi bir olumlu etki olmadan yumurta ağırlığını artırdığını bulmuştur. Bu sonuçlar mevcut çalışma ile kısmen benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte Marques ve ark. (2011) farklı vitaminleri denediği çalışmada 44 haftalık bıldırcınlarda kontrol ve 500, 1000 veya 1500 IU kg⁻¹ vitamin D₃ ilavesinin yumurta verimi, yumurta ağırlığı ve yumurta kitlesini etkilemediğini bildirmiştir.

Tablo 2. Bıldırcın rasyonlarının vitamin D₃ ile zenginleştirilmesinin üretim performansına etkisi
Table 2. Effect of enriching quail diets with vitamin D₃ on productive performance.

	Vitamin D ₃ ilavesi, IU kg ⁻¹				SHO	Anova	Linear	Kuadratik
	0	2000	4000	8000				
Başlangıç CA, g	243.13	242.88	242.63	246.38	3.575	0.985	0.759	0.833
Bitiş CA, g	248.88	254.25	246.88	263.00	3.951	0.518	0.276	0.528
CAD, g	5.75	11.38	4.25	16.63	3.019	0.493	0.295	0.575
Yumurta verimi, %	94.82 ^a	95.25 ^a	93.10 ^b	93.77 ^{ab}	0.315	0.041	0.059	0.296
Yumurta ağırlığı, g	12.36 ^c	13.24 ^a	12.98 ^{ab}	12.80 ^b	0.102	0.005	0.250	0.003
Yumurta kitlesi, g/gün/bıldırcın	11.72 ^b	12.61 ^a	12.09 ^b	12.00 ^b	0.107	0.011	0.021	0.007
Yem tüketimi, g/gün/bıldırcın	31.58	32.29	31.72	31.45	0.265	0.736	0.658	0.524
Yemden yararlanma oranı	2.694	2.562	2.624	2.622	0.0237	0.287	0.558	0.219

^{a,b,c}Aynı satırda farklı üst simgelere sahip ortalamalar istatistiki olarak önemlidir (P<0.05).

CA: Canlı ağırlık, CAD: Canlı ağırlık değişimi, SHO: Standart hata ortalaması

Yine bazı çalışmalarda yumurta tavuğu rasyonlarında vitamin D₃ kullanımının yumurta verimini etkilemediği gösterilmiştir (Nascimento ve ark., 2014; Adhikari ve ark., 2020). Park ve ark. (2005) 4000, 8000, 12000, 16000 veya 20000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ içeren rasyonların yem tüketimi ve yemden yararlanmayı etkilemediğini belirtmiştir. Duffy ve ark. (2017) yumurta

tavuşu rasyonlarına 1500 ve 3000 IU kg⁻¹ vitamin D₃'ün yumurta ağırlığında etkisi olmadığını, Turgut ve ark. (2006) ise genel olarak vitamin D₃ takviyesinin yumurta verim performansı üzerinde küçük etkileri olduğunu bildirmiştir. Keshavarz (2003), 2760 IU kg⁻¹ vitamin D₃ seviyesinin yumurtlayan tavukların performansı üzerinde önemli bir etkisi olmadığını bildirmiştir. Mevcut çalışma sonuçlarına göre yumurtlayan bıldırcınların vitamin D₃ ihtiyacının tavsiye edilen değerlerden daha yüksek olduğu ve ticari bıldırcın rasyonlarına 2000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ ilavesinin (toplam 7000 IU kg⁻¹ vitamin D₃) yem tüketimini etkilemeden yumurta verim performansını iyileştirdiğini göstermiştir.

Vit D₃'ün uygulandığı farklı doz gruplarının yumurta kalite kriterlerine etkisi Tablo 3'te gösterilmiştir. Rasyonların vitamin D₃ ile zenginleştirilmesi kabuk oranı haricindeki özellikleri etkilememiştir (P>0.05). Kabuk oranı rasyon vitamin D₃ seviyelerinden doğrusal olarak etkilenmiş olup (P<0.05), en düşük kabuk oranının elde edildiği 8000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ grubu ile 0 ve 4000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ grubu arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Persia ve ark. (2013) yumurtlayan tavuk rasyonlarına kontrole (2200 IU kg⁻¹) ilaveten 7500, 15000, 22500 ve 100000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ ilavesi ile iç kalitenin etkilenmediğini, kabuk ağırlığının 22500 IU kg⁻¹ seviyesinde arttığını bildirmiştir. Nascimento ve ark. (2014) da vitamin D₃ takviyesinin yumurta kabuk oranını artırdığını bildirmiştir. Tavuk rasyonlarının 6000 ve 15000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ ile takviye edilmesinin, yumurta kalitesi üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı da gösterilmiştir (Mattila ve ark., 2004).

Tablo 3. Bıldırcın rasyonlarının vitamin D₃ ile zenginleştirilmesinin yumurta kalite özelliklerine etkisi

Table 3. Effect of enriching quail diets with vitamin D₃ on egg quality.

	Vitamin D ₃ ilavesi, IU kg ⁻¹				SHO	Anova	Linear	Kuadratik
	0	2000	4000	8000				
Hasarlı yumurta oranı, %	0.19	0.62	0.25	1.05	0.216	0.509	0.235	0.709
Kabuk oranı, %	8.53 ^a	8.45 ^{ab}	8.66 ^a	8.02 ^b	0.089	0.043	0.030	0.091
Kabuk kalınlığı, µm	224.7	229.4	236.4	224.1	2.90	0.449	0.907	0.137
Sarı indeksi	50.79	49.76	50.93	49.47	0.511	0.718	0.512	0.792
Albümin indeksi	3.11	2.70	2.97	2.82	0.072	0.223	0.379	0.441
Haugh birimi	91.90	90.24	91.57	90.80	0.457	0.615	0.648	0.755

^{a,b}Aynı satırda farklı üst simgelere sahip ortalamalar istatistiki olarak önemlidir (P<0.05).

SHO: Standart hata ortalaması

Hassan ve ark. (2008) damızlık bıldırcın rasyonlarına 1000 veya 2000 ICU kg⁻¹ vitamin D₃ ilavesinin sarı ve ak indeksinin etkilenmediğini, kabuk oranının 2000 ICU kg⁻¹ seviyesi ile iyileştiğini bildirmiştir. Dawod ve Al-Bayar (2023) damızlık bıldırcınlarda 50, 100 ve 150 mg kg⁻¹ vitamin D₃ ilavesinin kabuk ağırlığını tüm seviyelerde artırdığını ve her ne kadar albümin ve sarı indeksi ile Haugh birimi etkilenmese de sarı çapı, sarı yüksekliği ve ak genişliği ile ak yüksekliğinin etkilendiği belirtilmiştir. Bu çalışmalar mevcut araştırma ile kısmen benzerlik göstermekte olup, diğer bazı çalışmalarda ise yumurta kalitesinin etkilenmediği belirtilmiştir. Marques ve ark. (2011) farklı vitaminleri denediği çalışmada bıldırcınlarda 0 ve 500, 1000 veya 1500 IU kg⁻¹ vitamin D₃ ilavesinin kabuk ağırlığını etkilemediğini bildirmiştir. Tavuk rasyonlarının 6000 ve 15000 IU D₃ kg⁻¹ ile takviye edilmesinin, yumurta kalitesi üzerinde etkisi

olmadığı gösterilmiştir (Mattila ve ark., 2004). Turgut ve ark. (2006) genel olarak vitamin D₃ ilavesinin yumurta kalitesi özellikleri üzerindeki etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olduğunu bildirirken, Abd-El Fattah ve ark. (2007)'ye göre yumurtacı bildircinlarda artan vitamin D₃ seviyeleri ile yumurta kalitesinin etkilenmediğini ifade etmişlerdir. Çalışmada yumurtlayan bildircin rasyonlarının vitamin D₃ ile zenginleştirilmesi ak indeksini, Haugh birimini, sarı indeksini ve kabuk oranı hariç yumurta kabuk kalite özelliklerini etkilememiştir. Bu durum yumurtanın hem dış (kabuk) ve hem de iç kalite özelliklerinin devamlılığı için yemden (vitamin ön karması dahil) gelen vitamin D₃ seviyesinin yeterli olduğunu göstermektedir. İlaveten yüksek (8000 IU kg⁻¹) vitamin D₃ ilavesinin kabuk kalitesini olumsuz etkilediği görülmüştür.

Sonuç

Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlara göre yumurtlayan bildircinların optimum üretim performansı için 2000 IU kg⁻¹ vitamin D₃ ilavesinin (toplam 7000 IU kg⁻¹ vitamin D₃) yeterli olduğu, bununla birlikte yumurta kabuk oranının 8000 IU kg⁻¹ seviyesinde vitamin D₃ ilavesinden olumsuz etkilendiği ve yumurta iç kalite özelliklerinin rasyona vitamin D₃ ilavesinden etkilenmediği tespit edilmiştir.

Etik Kurul

Araştırma Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulunun 07.03.2025 tarih ve 64583101/2025/043 sayılı izni ile yürütülmüştür.

Kaynaklar

- Abawi, F.G., Sullivan, T.W., 1989. Interactions of vitamins A, D₃, E, and K in the diet of broiler chicks. *Poultry Science*. 68(11): 1490-1498.
- Abd-El-Fattah, S.A., Soliman, N.K., Afifi, S.F., 2007. Effect of dietary cholecalciferol levels and gibberellic acid on productive and reproductive traits, serum profile and bone mineralization of laying quail. *Egyptian Poultry Science Journal*. 27(3): 785-803.
- Adhikari, R., White, D., House, J.D., Kim, W.K., 2020. Effects of additional dosage of vitamin D₃, vitamin D₂, and 25-hydroxyvitamin D₃ on calcium and phosphorus utilization, egg quality and bone mineralization in laying hens. *Poultry Science*. 99(1): 364-373.
- Akbari, R.M.K., Heuthorst, T., Mills, A., Neijat, M., Kiarie, E., 2019. Interactive effects of calcium and top-dressed 25-hydroxy vitamin D₃ on egg production, egg shell quality, and bones attributes in aged Lohmann LSL-lite layers. *Poultry Science*. 98(3): 1254-1262.
- Al-Batshan, H.A., Scheideler, S.E., Black, B.L., Garlich, J.D., Anderson, K.E., 1994. Duodenal calcium uptake, femur ash, and eggshell quality decline with age and increase following molt. *Poultry Science*. 73(10): 1590-1596.
- Browning, L.C., Cowieson, A.J., 2015. Interactive effects of vitamin D₃ and strontium on performance, nutrient retention and bone mineral composition in laying hens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95(5): 1080-1087.
- Chou, S.H., Chung, T.K., Yu, B., 2009. Effects of supplemental 25-hydroxycholecalciferol on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broiler chickens. *Poultry Science*. 88(11): 2333-2341.
- Clark, M.B., Potts, J.T., 1976. 25-Hydroxyvitamin D₃ regulation. *Calcified Tissue Research*. 22: 29-34.

- Correale, J., Ysraelit, M.C., Gaitán, M.I., 2009. Immunomodulatory effects of Vitamin D in multiple sclerosis. *Brain*. 132(5): 1146-1160.
- Coto, C., Cerate, S., Wang, Z., Yan, F., Min, Y., Costa, F. P., Waldroup, P.V.V., 2010. Breeder hens and the carryover to the progeny. *International Journal of Poultry Science*. 9: 623-633.
- Dawod, M.S., Al-Bayar, M.A. 2023. Effect of adding different levels of vitamin D₃ to diet and its relationship to qualitative traits and hatchability for Japanese quail. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1252, No. 1, p. 012136). IOP Publishing.
- DeLuca, H.F., 2008. Evolution of our understanding of vitamin D. *Nutrition reviews*, 66(suppl-2): 73-87.
- Duffy, S.K., Rajauria, G., Clarke, L.C., Kelly, A.K., Cashman, K.D., O'Doherty, J.V., 2017. The potential of cholecalciferol and 25-hydroxyvitamin D₃ enriched diets in laying hens, to improve egg vitamin D content and antioxidant availability. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 44: 109-116.
- EFSA, Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP), 2012. Scientific Opinion on the safety and efficacy of vitamin D₃ (cholecalciferol) as a feed additive for chickens for fattening, turkeys, other poultry, pigs, piglets (suckling), calves for rearing, calves for fattening, bovines, ovines, equines, fish and other animal species or categories, based on a dossier submitted by DSM. *EFSA Journal*. 10(12): 2968.
- Fritts, C.A., Waldroup, P.W., 2003. Effect of source and level of vitamin D on live performance and bone development in growing broilers. *Journal of Applied Poultry Research*. 12(1): 45-52.
- Garcia, A.F.Q.M., Murakami, A.E., do Amaral Duarte, C.R., Rojas, I.C.O., Picoli, K.P., Puzotti, M.M., 2013. Use of vitamin D₃ and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 26(3): 408-415.
- Geng, Y., Ma, Q., Wang, Z., Guo, Y., 2018. Dietary vitamin D₃ supplementation protects laying hens against lipopolysaccharide-induced immunological stress. *Nutrition & Metabolism*. 15: 1-14.
- Gómez-Verduzco, G., Morales-López, R., & Avila-Gozález, E. (2013). Use of 25-hydroxycholecalciferol in diets of broiler chickens: effects on growth performance, immunity and bone calcification. *The Journal of Poultry Science*, 50(1), 60-64.
- Hansen, K.K., Beck, M.M., Scheideler, S.E., Blankenship, E.E., 2004. Exogenous estrogen boosts circulating estradiol concentrations and calcium uptake by duodenal tissue in heat-stressed hens. *Poultry Science*. 83(6): 895-900.
- Hassan, I., Salah, M., Shehata, M.M., Osman, S.H., 2008. Effect of calcium, phytase and vitamin D₃ on performance of Japanese quail layers. *Journal of Productivity and Development*. 13(2): 347-369.
- Huff, G.R., Huff, W.E., Balog, J.M., Rath, N.C., 2000. The effect of vitamin D₃ on resistance to stress-related infection in an experimental model of turkey osteomyelitis complex. *Poultry Science*. 79(5): 672-679.
- Jing, X., Wang, Y., Song, F., Xu, X., Liu, M., Wei, Y., Zhu, H., Liu, Y., Wei, J., Xu, X., 2022. A comparison between vitamin D₃ and 25-hydroxyvitamin D₃ on laying performance, eggshell quality and ultrastructure, and plasma calcium levels in late period laying hens. *Animals*. 12(20): 2824.
- Keshavarz, K., 2003. A comparison between cholecalciferol and 25-OH-cholecalciferol on performance and eggshell quality of hens fed different levels of calcium and phosphorus. *Poultry Science*. 82(9): 1415-1422.
- Khan, S.H., Shahid, R., Mian, A.A., Sardar, R., Anjum, M.A. 2010. Effect of the level of

- cholecalciferol supplementation of broiler diets on the performance and tibial dyschondroplasia. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 94(5): 584-593.
- Khan, S.H., Mukhtar, N., 2013. Dynamic role of cholecalciferol in commercial chicken performance. *World's Poultry Science Journal*. 69(3): 587-600.
- Kim, W.K., Bloomfield, S.A., Sugiyama, T., Rieke, S.C., 2012. Concepts and methods for understanding bone metabolism in laying hens. *World's Poultry Science Journal*. 68(1): 71-82.
- Li, D., Zhang, K., Bai, S., Wang, J., Zeng, Q., Peng, H., Su, Z., Xuan, Y., Qi, S., Ding, X., 2021. Effect of 25-hydroxycholecalciferol with different vitamin D₃ levels in the hens diet in the rearing period on growth performance, bone quality, egg production, and eggshell quality. *Agriculture*. 11(8): 698.
- Marques, R.H., Gravena, R.A., Silva, J.D.T.D., Roccon, J., Picarelli, J., Hada, F.H., Queiroz, S.A., Moraes, V.M.B., 2011. Effect of supplementation of diets for quails with vitamins A, D and E on performance of the birds and quality and enrichment of eggs. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40: 1222-1232.
- Mattila, P., Valaja, J., Rossow, L., Venäläinen, E., Tupasela, T., 2004. Effect of vitamin D₂-and D₃-enriched diets on egg vitamin D content, production, and bird condition during an entire production period. *Poultry Science*. 83(3): 433-440.
- Nascimento, G.R., Murakami, A.E., Guerra, A.F.Q.M., Ospinas-Rojas, I.C., Ferreira, M.F.Z., Fanhani, J.C., 2014. Effect of different vitamin D sources and calcium levels in the diet of layers in the second laying cycle. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 16: 37-42.
- Norman, A.W., 2006. Vitamin D receptor: new assignments for an already busy receptor. *Endocrinology*. 147(12): 5542-5548.
- NRC., 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th Rev. Ed. Washington, D.C.
- Park, S.W., Namkung, H., Ahn, H.J., Paik, I.K., 2005. Enrichment of vitamins D₃, K and Iron in eggs of laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 18(2): 226-229.
- Persia, M.E., Higgins, M., Wang, T., Trample, D., Bobeck, E.A., 2013. Effects of long-term supplementation of laying hens with high concentrations of cholecalciferol on performance and egg quality. *Poultry Science*. 92(11): 2930-2937.
- Rath, N.C., Huff, G.R., Huff, W.E., Balog, J.M., 2000. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. *Poultry Science*. 79(7): 1024-1032.
- Saunders-Blades, J.L., Korver, D.R., 2015. Effect of hen age and maternal vitamin D source on performance, hatchability, bone mineral density, and progeny in vitro early innate immune function. *Poultry Science*. 94(6): 1233-1246.
- Shanmugasundaram, R., Selvaraj, R.K., 2012. Vitamin D-1 α -hydroxylase and vitamin D-24-hydroxylase mRNA studies in chickens. *Poultry Science*. 91(8): 1819-1824.
- Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Bederska-Lojewska, D., Józefiak, D., 2017. Efficacy of dietary vitamin D and its metabolites in poultry-review and implications of the recent studies. *World's Poultry Science Journal*. 73(1): 57-68.
- Turgut, L., Hayırlı, A., Çelebi, Ş., Yörük, M., Gül, M., Karaoğlu, M., Macit, M., 2006. The effects of vitamin D supplementation to peak-producing hens fed diets differing in fat source and level on laying performance, metabolic profile, and egg quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 19(8): 1179-1189.
- Wen, J., Livingston, K.A., Persia, M.E., 2019. Effect of high concentrations of dietary vitamin D₃ on pullet and laying hen performance, skeleton health, eggshell quality, and yolk vitamin D₃ content when fed to W36 laying hens from day of hatch until 68 wk of age. *Poultry Science*. 98(12): 6713-6720.
- Yılmaz Dikmen, B., Ipek A., Şahan, Ü., Petek, M., Sözcü, A., 2016. Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range). *Poultry Science*. 95(7): 1564-1572.



Questionnaire Example on Production and Problems of Feed Mills: The Case of Diyarbakır

İpek ASLAN¹, Cemal BUDAĞ^{*1}

¹ Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, 65100, Van, Türkiye

İpek ASLAN, ORCID No: [0009-0003-0931-3601](https://orcid.org/0009-0003-0931-3601), Cemal BUDAĞ, ORCID No: [0000-0003-3532-7727](https://orcid.org/0000-0003-3532-7727)

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Research Article <i>The study was presented as an oral poster at the III. Balkan Agriculture Congress (29 August-1 September 2022 Edirne, Turkey).</i> Geliş: 23.12.2024 Kabul: 03.06.2025 Keywords Feed mills Problems Production Diyarbakır * Corresponding Author cbudag@yyu.edu.tr	This study examines the production status and other characteristics of animal feed manufacturers in Diyarbakır during 2021. For this purpose, data were collected through face-to-face using a questionnaire consisting of 58 questions, completed by six business owners. The responses obtained from producers were statistically analyzed. The study determined the annual animal feed production capacities, production volumes, mill capacity utilization rates, raw material supply regions and electricity per ton of feed produced, and the annual production capacities of the mills. Among the cattle feeds produced, finishing feed for fattening was identified as the most produced type, while sheep/goat feeds primarily consisted of sheep fattening and sheep dairy feeds. The data revealed that most of the raw materials used in animal feed production were sourced from outside region and abroad. It was also determined that the majority of the feed produced was sold on credit, with electricity and water costs amounting to 12.45 TL and 0.28 TL per ton of feed produced, respectively. Raw material purchases accounted for 71.67% of total product costs, while personnel expenses constituted 12.86% of total costs. Additionally, transportation and electric energy costs represented 7.67% and 5.67% of total costs, respectively. The research highlighted that animal feed mills operated at insufficient capacity utilization levels and produced a limited variety of feed types. Due to the reliance on raw material procurement from outside region and abroad, the transportation distances for raw materials were long, resulting in high raw material costs. It was concluded that the mills operating in the region had weak competitive power, limited market opportunities in the face of competition, and high feed production costs.

Yem Fabrikalarının Üretim ve Sorunlarına İlişkin Anket Örneği: Diyarbakır Örneği

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
Araştırma Makalesi <i>Çalışma III. Balkan Agriculture Congress (29 Ağustos-1 Eylül 2022 Edirne, Türkiye)'de sözlü poster olarak sunulmuştur.</i>	Bu çalışmada, 2021 yılında Diyarbakır ilinde hayvan yemi üreticilerinin üretim durumu ve diğer özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, altı işletme sahibi tarafından doldurulan 58 sorudan oluşan bir anket kullanılarak yüz yüze görüşme yoluyla veri toplanmıştır. Üreticilerden alınan yanıtlar istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu verilerden fabrikaların yıllık üretim kapasiteleri, üretim miktarları, kapasite kullanım oranları, üretilen yem miktarları, hammadde temin bölgeleri, üretilen ton başına elektrik giderleri ve fabrikaların yıllık üretim kapasiteleri tespit edilmiştir. Üretilen sığır yemleri arasında en çok üretilen yem türü besi

Lütfen aşağıdaki şekilde atıf yapınız / Please cite this paper as following;

Aslan, İ., Budağ, C., 2025. Questionnaire example on production and problems of feed mills: The case of Diyarbakır, Journal of Animal Science and Products (JASP) 8 (1):21-35. DOI: [10.51970/jasp.1606200](https://doi.org/10.51970/jasp.1606200)

Geliş: 23.12.2024 Kabul: 03.06.2025	bitirme yemi olarak belirlenmiş, koyun/keçi yemleri ise ağırlıklı olarak koyun besi ve koyun süt yemlerinden oluşmuştur. Veriler, hayvan yemi üretiminde kullanılan hammaddelerin çoğunun bölge dışından ve yurtdışından temin edildiğini ortaya koymuştur. Ayrıca üretilen yemin büyük çoğunluğunun kredili olarak satıldığı, üretilen yem tonu başına elektrik ve su maliyetlerinin sırasıyla 12,45 TL ve 0,28 TL olduğu belirlenmiştir. Hammadde alımları toplam ürün maliyetlerinin %71,67'sini oluştururken, personel giderleri toplam maliyetlerin %12,86'sını oluşturmuştur. Ayrıca, ulaştırma ve elektrik enerjisi maliyetleri sırasıyla toplam maliyetlerin %7,67'sini ve %5,67'sini temsil etmektedir. Araştırmada, hayvan yemi fabrikalarının yetersiz kapasite kullanım seviyelerinde çalıştığı ve sınırlı çeşitlilikte yem türü ürettiği görülmektedir. Hammadde temininin bölge dışından ve yurt dışından yapılması nedeniyle, hammaddeler için ulaşım mesafelerinin uzun olması, bunun sonucunda yüksek hammadde maliyetlerine yol açmaktadır. Bölgede faaliyet gösteren fabrikaların rekabet gücünün zayıf olduğu, rekabet karşısında pazar fırsatlarının sınırlı olduğu ve yem üretim maliyetlerinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.
Anahtar Kelimeler Yem fabrikaları Sorunlar Üretim Diyarbakır	
* Sorumlu Yazar cbudag@yyu.edu.tr	

Introduction

As a result of the increasing rural-to-urban migration in Turkey, the country has shifted from being self-sufficient in feed production and food to becoming dependent on foreign imports (Yalçın and Kara, 2016). According to data from the Turkish Statistical Institute (TÜİK), the Beverage Sector, as part of the Turkish Food and Beverage Industry Associations Federation (TFDF) Digital Data Panel (2022), has become reliant on foreign imports for agricultural products and food. In 2020, one-quarter of total imports in the agriculture, food, and beverage sectors was allocated to the purchase of animal feed. The import of animal feed, which was \$3.8 billion in 2020, increased to \$5.26 billion by 2022 (Anonymous, 2022).

In many countries around the worldwide, the livestock sector is a leading industry that increases national income, provides employment, and contributes to the development of the national economy. As a sector, livestock provides inputs for animal food, leather, wool, cosmetics, and pharmaceuticals while contributing to rural livelihoods, reducing rural-to-urban migration, and thus preserving the social structure. This sector plays a significant role in the national economy. However, it has entered a vicious cycle, with a reduction in rural populations leading to a decrease in production, and a growing urban unemployed population becoming the main consequence (Akbay et al., 2000; Karakuş, 2012; Aral et al., 2020; Ahsan and Duman, 2022). Improving the quality of animal food production, increasing output, and consequently raising producers' incomes depend on the sufficient production of both coarse and concentrated feeds. In our country, where significant issues arise in coarse feed production, the production of concentrated feeds faces similar challenges (Akdeniz et al., 2005; Yalçın and Kara, 2016; Somuncu, 2021; Anonymous, 2022).

Studies on the issues in the compound feed sector reveal that it faces significant challenges. As in all sectors, success in the compound feed industry is primarily achieved by adhering to the general economic principles of production. In Türkiye, where input prices are high and output prices are low, various issues arise regarding the quality of the product. According to a fundamental economic principle, sectors that are unprofitable or have very low profitability tend to weaken due to negative balances, leading investors to withdraw from these industries. Livestock producers, who are the buyers of low-quality products produced with low

profit margins, are also affected by this unfavorable situation in the feed sector (Akdeniz et al., 2005; Özek, 2020; Somuncu, 2021; Anonymous, 2022).

The causes of low-quality feed production include issues related to capital accumulation in mills, raw material costs, skilled labor, operational and personnel management, profit margins, knowledge of animal feeding and feed, utilization of technological machinery, marketing strategies, and capacity utilization rates (CUR). These challenges, negatively affect the success, sustainability, and profitability of businesses (Bayraktar, 1999; Çelik et al., 2003; Akdeniz et al., 2005; Akbay and Ak, 2018; Kuvat and Abatay, 2020; Aral et al., 2020; Karadağ and Okur, 2022).

For various reasons, identifying the current state of compound animal feed mills in many provinces of our country and determining solutions for the identified problems will significantly enhance the success of both the feed sector and the animal production enterprises that are closely tied to it. Implementing these solutions at local and national levels, will lead to a more profitable sector (Karabulut et al., 2000; Karahocagil and Ege, 2004; Demir and Aral, 2009; Budağ, 2011a; Sıkar and Çimrin, 2020; Özek, 2020).

This study aims to reveal the current status of feed animal mills in the Diyarbakır province in 2021. However, it also identifies certain conditions of these mills during the second year of the COVID-19 pandemic, which began in 2020 and continued in the year the study was conducted.

Materials and Methods

The material of the study was based on the responses to 58 questions in a prepared questionnaire (survey form) completed by six individuals from six compound feed factories located in the Diyarbakır province (data set). The questions in the survey form aimed to identify the financial, structural, personnel, production, problems, and marketing conditions of the mills. The survey questions were designed based on those used in previous similar studies (Tekerli, 2010; Denli et al., 2015; Özek, 2020; Sıkar and Çimrin, 2020). Information regarding the mills where the surveys were conducted was obtained through an official request to the Diyarbakır Provincial Directorate of Agriculture and Forestry. According to these records, there were 11 active mills in Diyarbakır province, however as of April 2021, two of them had ceased operations due to the COVID-19 pandemic and economic reasons. Based on this information, interviews with mill owners revealed that one of the nine mills producing in the region in 2021 was excluded from the scope because it produced pet food, and two mill officials declined to participate in the survey. Consequently, the survey was conducted in six feed mills. Two mills did not respond to the question regarding the types and proportions of feed produced. In this research, CUR were considered as 1/300 year/workday (8 hours, single shift). The data sets obtained from all the mills in the province six mills) were summarized and analyzed using arithmetic averages in Microsoft Excel (Microsoft Office) computer program.

Since the period during which the research was conducted did not require ethics committee approval and no live material was used that would require an ethics committee, no ethics committee approval certificate was obtained.

Results and Discussion

In the study conducted in Diyarbakır in 2021, it was reported that the oldest mill in the province was established in 1972, while the newest was established in 2020. Among the mill managers participating in the study, two are mill owners, two are professional managers, one is an agricultural engineer, and one is a veterinarian. The total number of employees in these mills is 125, with an average of 15.33 employees per mill. Of the 92 workers employed in the mills, 55 are unskilled laborers, while 26 are skilled workers. Eleven of the workers are assigned to marketing. Among the 33 technical personnel working in the mills, 26 are technicians/technologists, (four are agricultural engineers, and three are veterinarians). The average number of technical personnel per mill for the six mills is 5.50 (Table 1).

Table 1. Number of employees working in mills in Diyarbakır province.

Tablo 1. Diyarbakır ilindeki fabrikalarda çalışan işçi sayısı.

Mill	Unskilled worker	Qualified personal	Marketing staff	Tecnical personnel	Total personnel
1	18	1	1	4	24
2	11	1	3	3	18
3	12	4	2	3	21
4	9	10	2	6	27
5	4	9	1	13	27
6	1	1	2	4	8
Total	55	26	11	33	125

The number of employees working in mills in Diyarbakır has been found to differ from some other studies (Denli et al., 2015; Tekerli, 2010; Özek, 2020). Indeed, in Tekerli's (2010) study, it is reported that in the Aegean Region, 41 mills across 8 provinces had a total of 1,339 employees, with an average of 32.66 employees per mill. Özek (2020) reported this number as 38.30, while Denli et al. (2015) found it to be 6.86. The differences in the number of employees in the mills are stated to be due to factors such as the workflow in the mill, the types of feed produced, the number of shifts in the mills, and regional differences (Anıç, 2006). All the mills in Diyarbakır are fully automated. It has been reported that, in parallel with the increase in automation in animal feed mills, the number of employees should decrease; otherwise, profitability would decline. In fully automated mills, the number of employees required for production is reported as 5 people in developed countries. Data from studies conducted in Türkiye show that animal feed mills do not take the requirements of this industry into account in terms of staffing, and the data regarding personnel operations differ (Bayraktar, 1999). This situation is also reflected in the present study. While it was reported that there were 14 mills in Diyarbakır in 2014, this study shows that the number of mills in the region has decreased.

Table 2. Production capacities (tons), and quantities and CUR (%) of mills in Diyarbakir province.

Tablo 2. Diyarbakır ilindeki fabrikaların üretim kapasiteleri (ton) ve kapasite kullanım oranları (%).

Mill	Annual Capacity	Annual Production	Monthly Capacity	Monthly Production	CUR
1	30 000	27 600	2 500	2 300	92.00
2	60 000	24 000	5 000	2 000	40.00
3	84 000	12 000	7 000	1 000	14.29
4	180 000	48 000	15 000	4 000	26.67
5	180 000	84 000	15 000	7 000	46.67
6	194 400	194 400	16 200	16 200	100.00
Total	728 400	390 000	60 700	32 500	53.54

In the study, the total annual compound feed production was determined to be 390,000 tons. The annual installed capacity of these mills is 486,000 tons, and their overall annual capacity utilization rate (CUR) was calculated as 53.27%. The annual production of the mills ranges from 12,000 tons to 194,000 tons (Table 2). Data from the mills in Diyarbakır in 2021 reveal that the low CUR is due to factors such as high raw material prices, the location of some raw material sources outside the region, difficulties in collections, unfair competition, consumer awareness, transportation, difficulties in raw material supply, market narrowness, and low demand (Table 3). Operating expenses in the mills are as follows: raw material purchases 71.67%, personnel 12.83%, transportation 7.67%, energy 5.67%, and other expenses 2.83% (Table 4). In mills with higher production volumes, personnel expenses are lower, while raw material costs are higher, and energy and transportation costs are also increased (Table 5). In mill 3, which has relatively lower production, both raw material costs and electricity and water expenses have risen. The CUR in this mill is also low (14.29%). In mill 5, which has a similar annual production capacity to mill 3, electricity and water costs per ton are lower, whereas personnel expenses are high. The energy and water expenses of the mills are provided in Table 5. In mills with high capacity utilization and production volumes, electricity and water costs are low, whereas in mills with low capacity utilization and production volumes, these expenses tend to be higher (Table 4).

Table 3. Reasons for low capacity utilization of mills in Diyarbakir province¹

Tablo 3. Diyarbakır ilindeki fabrikaların düşük kapasite kullanım nedenleri¹

M	DPR	HRW	SRW	UC	MS	DC	CA	T	LD
1	+	+	+	+		+		+	+
2	+	+	+	+	+	+	+		
3		+	+			+	+		
4		+	+	+		+			
5		+	+	+		+		+	
6		+	+		+	+	+	+	+
%	33.33	100.00	100.00	66.66	33.33	100.00	50.00	50.00	33.33

¹ M: Mill, DPR: Difficulty in procuring raw materials, HRW: High raw material prices, SRW: Some raw material sources are outside the region, UC: (unfair competition), MS: (market shortage), DC: (difficulties in collection), CA (consumer awareness), T: (transportation), LD: (low demand)

The study reports that the primary factors contributing to the low capacity utilization rate (CUR) (Table 3) are high raw material prices, some raw material sources being located outside the region, and difficulties in collections. It was also found that the secondary factor contributing to the low CUR is unfair competition. Demir and Elmalı (2011) reported that the primary reason for the low CUR in the Eastern Anatolia Region is insufficient demand (62.50%). Similarly other studies also indicate that the main cause of low CUR is insufficient demand largely driven by excessive price increases (Demir and Elmalı, 2011; Sıkar and Çimrin, 2020).

Table 4. Distribution table of production expenses of mills in Diyarbakir province (%).

Tablo 4. Diyarbakır ilindeki fabrikaların üretim giderlerinin dağılım tablosu (%).

Mill	Raw material	Personnel	Energy	Transportation	Other
1	60.00	20.00	5.00	10.00	5.00
2	70.00	5.00	10.00	13.00	2.00
3	90.00	2.00	5.00	3.00	0.00
4	75.00	20.00	2.00	5.00	3.00
5	70.00	20.00	2.00	5.00	2.00
6	65.00	10.00	10.00	10.00	5.00
Average	71,67	12,83	5,67	7,67	2,83

Table 5. Energy and water costs per ton of mills in Diyarbakir province.

Tablo 5. Diyarbakır ilindeki fabrikaların ton başına enerji ve su maliyetleri.

Mill	Production month/ton	Electricity TL/month	Electricity TL/ton	Water TL/month	Water TL/ton
1	7000	70000	10.00	2500	0.36
2	16200	50000	3.09	800	0.05
3	2300	60000	26.09	1500	0.65
4	4000	62000	15,50	1500	0.38
5	2000	10000	5.00	60	0.03
6	1000	15000	15.00	200	0.20
Average	5416,67	44500	12.45	6560	0.28

As seen in Tables 4 and 5, in mills with a higher number of employees, the share of other expenses in total costs decreases. This situation is similar to other studies conducted, except for mill number 3 (Budağ, 2011a; Demir and Elmalı, 2011; Sıkar and Çimrin, 2020). It has been reported that increasing feed production reduces the energy and other expenses per unit of feed produced, but after a certain level, however, beyond a certain production level, energy and water costs begin to rise in parallel with production (Tekerli, 2010; Başer and Bozoğlu, 2021). Generally, the highest portion of expenses in animal feed mills consists of raw material purchase costs and personnel expenses (Budağ, 2011a; Demir and Elmalı, 2011; Sıkar and Çimrin, 2020). In the Mill 6 which has the highest annual feed production (Mill 6, CUR 100%), raw material expenses (%65) were relatively low, while personnel (%10), energy

(%10), transportation (%10), and other (%5) expenses were high. This finding contradicts the literature, whereas in Mill 3, which has the lowest annual feed production, raw material expenses accounted for a high share of total costs (%90), while personnel (%2), energy (%5), transportation (%3), and other (%0) expenses were low. This situation in Mill 3 is consistent with the literature (Tekerli, 2010; Özek, 2020; Başer and Bozoğlu, 2021; Demir and Elmalı, 2011). Özek (2020) reports that the average share of raw material purchase expenses in total costs in Balıkesir province is 79%. The data indicate that transportation costs are high in Mill 2. It has been reported that in mills with high production, if rational solutions are not implemented, transportation costs will increase (Tekerli, 2010; Özek, 2020; Başer and Bozoğlu, 2021). There are no significant differences in the expense ratios among feed mills in Türkiye, and this is also reflected in the findings of this study. Demir and Elmalı (2011) report that in mills in Eastern Anatolia, raw material costs account for an average of 60%, labor costs for 10%, electricity costs for 8%, other expenses for 7%, and transportation costs for 15% (Akdeniz et al., 2005). The electricity and water costs in the mills subject to this study (Table 4) are similar to the data of Sıkar and Çimrin (2020). Similarly, these values are close to the upper limits of the figures provided by Tekerli (2010) for the Aegean Region. However, they are lower than the electricity costs reported by Başer and Bozoğlu (2021) for Samsun.

As can be seen in the related literature, data on the CUR in Türkiye are quite variable and low. Özerk (2020) reports the CUR in Balıkesir province as 41.5%, Demir and Elmalı (2011) in Eastern Anatolia as 44.64%, Tekerli (2010) in the Aegean Region as 117%, and in the Southeast Anatolia Region as 22.2%, and Başer and Bozoğlu (2021) in Samsun as 55.43%. Akdeniz et al. (2005) report CURs for various years in Türkiye: 87% in 1980, 75% in 1990, and 53% in 2000. This situation aligns with the data obtained in this study. Denli et al. (2015) report a CUR of 50.3% for the mills in Diyarbakır. The findings from this study (Table 2) show that, over time, the feed production per mill and the CUR in the province have increased but are still not high enough (Tekerli, 2010).

Table 6. Types of feed produced in mills in Diyarbakır province¹.

Tablo 6. Diyarbakır ilindeki fabrikalarda üretilen yem çeşitleri¹.

Type of feed	%
Cattle feed	
Calf starter feed	8.00
Calf grower feed	19.00
Cattle fattening development feed	20.00
Cattle fattening feed finishing	21.00
Cattle fattening feed standard	12.00
Cattle milk feed	12.00
Cattle development	8.00
Total	100.00
Small cattle feed	
Lamb growing feed	6.00
Lamb fattening feed	9.00
Sheep milk and fattening	85.00
Total	100.00

¹ Two mills did not answer the question regarding the determination of the type and proportions of feed produced.

The mills subject to this study produce seven types of feed for cattle and four types of feed for sheep (Table 6). None of the mills that participated in the survey produces poultry feed. Among the cattle feeds produced, the most commonly produced feeds are fattening feeds, which account for 53.00% of the total cattle feed. Milk feed accounts for 12.00% of the total feed produced. Regarding sheep feed, the most frequently produced type is sheep milk and fattening feed (85.00%) (Note: this expression refers to a feed type outside the standard classification of feeds). The findings regarding the types of feed produced in the mills are similar to those of Denli et al. (2015) but show a lower number of types compared to other studies (Budağ, 2011a; Özek, 2020). Özek reports 24 types of feed in Balıkesir, while Budağ (2011a) reports 20 types in Van. The types of feed produced by animal feed mills are significantly influenced by the prevalent animal breeding and feeding habits in the region, as demonstrated in Tekerli (2010). The literature indicates that, as of 2008, the highest poultry feed production occurred in the Marmara, Black Sea, and Aegean regions, while the highest cattle and sheep feed production took place in the Marmara, Aegean, and Central Anatolia regions.

Regarding the challenges in raw material procurement (Table 7), it was found that the majority of factories (83.33%) experience difficulties in obtaining raw materials (83.33%), with the main issue being product availability (83.33%), followed by financial issues (33.33%) and transportation difficulties (33.33%). The sources of the raw materials used by the mills in compound feed production are presented in Table 8. As shown in the table, mills source 22% of their raw materials from Diyarbakır, 26% from the Southeastern Anatolia region, 32% from regions outside Southeastern Anatolia, and 20% from abroad. Producers source all of their hazelnut cake from abroad, while other cakes, feed additives, oils, and molasses are sourced domestically (Table 8). Hazelnut cake (100%) and soybean cake (80%) have a high proportion of imports. Although Türkiye is among the world's leading hazelnut producers, the importation of hazelnut cake indicates that the domestically produced hazelnut cake is insufficient. It was also determined that all of the feed additives used by the mills in the region are sourced from Southeastern Anatolia, indicating the existence of feed additive production in the region.

An analysis of the challenges faced by producers in Diyarbakır province in procuring raw materials, this situation is found to align with the findings of other researchers (Tekerli, 2010; Demir and Elmalı, 2011; Özek, 2020; Başer and Bozoğlu, 2021). Numerous studies indicate that the mills obtain raw materials from both domestic and international sources (Budağ, 2011a; Başer and Bozoğlu, 2021). Türkiye is not only an importer of raw materials but also of compound feed (Şirin, 2006; Anonymous, 2022). Consequently, animal feed mills operating in different regions source their raw materials in varying proportions from abroad or from different regions of Türkiye (Tekerli, 2010; Sıkar and Çimrin, 2020; Özek, 2020; Anonymous, 2022). This situation is also reflected in the data of this study.

Table 7. Difficulties in supplying raw materials to mills in Diyarbakir province.
Tablo 7. Diyarbakır ilindeki fabrikalara hammadde temininde yaşanan sıkıntılar.

Mill	Financing	Transport	Product finding	None
1	+	-	+	-
2	+	+	+	-
3	-	+	+	-
4	-	-	+	-
5	-	-	-	+
6	-	-	+	-
Average %	33.33	33.33	83.33	16.67

+ Yes, - No

Table 8. Supply locations of raw materials used in mills in Diyarbakir province (%).
Tablo 8. Diyarbakır ilindeki fabrikalarda kullanılan hammaddelerin temin yerleri (%).

Raw Material	Diyarbakır	Southeast	Outyside the region	Outyside the country
1. Corn	40.00	40.00	10.00	10.00
2. Barley	36.00	45.00	9.00	9.00
3. Wheat	56.00	22.00	11.00	11.00
4. Soybean meal	00.00	00.00	20.00	80.00
5. Cottonseed meal	50.00	25.00	25.00	00.00
6. Sunflower meal	11.00	33.00	44.00	11.00
7. Hazelnut meal	00.00	00.00	00.00	100.00
8. Other meal	00.00	00.00	100.00	00.00
9. Feed additives	00.00	100.00	00.00	00.00
10. Molasses	00.00	17.00	83.00	00.00
11. Feed oil	50.00	00.00	50.00	00.00
General	22.00	26.00	32.00	20.00

The percentage distribution of feed sales on a cash or credit basis, as reported by the mills, is presented in Table 9. According to this, there are varying percentages of credit and cash sales. However, in general, credit sales exceed cash sales by approximately 15%, with credit terms ranging from 2 to 6 months. Specifically, 46.91% of sales are conducted on credit, while 53.09% are made via checks. Regarding marketing methods, it was determined that 83.33% of the mills sell through distributors, but 50% of them also sell directly to producers, while one mill does not engage in any distributor sales (Table 9). According to the data, the mill with the highest proportion of credit sales (90%) uses open accounts, while other mills that sell on credit use 100% check-based sales and do not engage in open account sales. The literature on cash and credit sales of feed in Turkey is relatively limited, and sales terms vary across provinces and mills (Karabulut et al., 2000; Tekerli, 2010; Özek, 2020). From this small body of literature, Karabulut et al. (2000) report that in Türkiye, 50% of cattle and sheep feed is sold on a cash basis, and the remaining 50% is sold on credit. Özek (2020) reports that in Balıkesir, producers sell their products 4.2% for cash and 95.8% both on a cash and credit basis. Tekerli (2010), based on data from 11 mills in İzmir, indicates that the proportion of credit and cash sales varies, with one mill having 20% cash sales and another having 80% cash sales.

Table 9. Cash and credit sales rates of feed produced in factories in Diyarbakır province (%).
Tablo 9. Diyarbakır ilindeki fabrikalarda üretilen yemlerin peşin ve vadeli satış oranları (%)

	Mill						General
	1	2	3	4	5	6	
Sales type							
Cash	40.00	30.00	50.00	10.00	70.00	57.00	42.83
Deferred	60.00	70.00	50.00	90.00	30.00	43.00	57.17
Deferred sales type							
Open term	66.00	75.00	0.00	90.00	0.00	50.00	46.91
Check term	33.00	25.00	100.00	10.00	100.00	50.00	53.09
Feed marketing type							
Direct sales	+		+		+		50.00
Sales through dealers		-		-		-	
		+	+	+	+	+	83.33
	-						

An analysis of feed formulation methods in the factories reveals that two factories rely on manual calculations. These mills do not use any feed preparation software. However, in situations requiring more complex processes, two of the mills use the Microsoft Excel program, while the other two use different commercial software packages. The existing literature includes records on the use of software for feed formulation in Turkish feed mills. According to Tekerli (2010), the choice of feed preparation software in these mills is largely influenced by their purchasing power, with some opting for domestic solutions while others prefer foreign software. a key factor in the calculation CUR. In Türkiye, it is considered inaccurate to use calculations based on 250 working days, so CUR are calculated based on 8-hour workdays and 300 working days (Akdeniz et al., 2005; Özek, 2020). The number of shifts in Türkiye varies by province and region (Tekerli, 2010). In the study, it was determined that all the mills in the province have full automation systems and operate with a single shift. The automation type and number of shifts reported for the mills in Denli et al. (2015) for the year 2014 are also similar to the situation in 2021.

Table 10. Problems faced by mills in production and marketing in Diyarbakır province (%).
Tablo 10. Diyarbakır ilinde fabrikaların üretim ve pazarlamada karşılaştıkları sorunlar (%)

Problems	Mill						%
	1	2	3	4	5	6	
1. Problems due to insufficient capital	+	+	-	-	-	-	33.33
2. Problems in the supply of raw materials	+	+	+	+	+	+	100.00
3. Problems due to high raw material prices	+	+	+	-	+	+	83.33
4. Problems due to price instability	-	-	+	-	+		33.33
5. Problems due to transportation	+	+	+	+	+	+	100.00
6. Marketing problems	+	+	+	+	+	+	100.00
7. Problems encountered in the collection	+	+	+	+	+	+	100.00
8. Problems arising from unfair competition	+	+		+		+	66.67
9. Problems due to insufficient storage space	+	-	-	+	-	-	33.33
10. Problems due to storage conditions		+	+	+	-	-	50.00
11. Problems arising from consumer awareness	+	+	+			+	66.67
12. Problems due to a lack of qualified labor	-	-	-	+	-	+	33.33
13. Quality problems caused by the price of the produced feed	-	-	-	+	-	-	16.67

+Yes, - No

In terms of distribution, it was determined that 66.66% of the mills use their own distribution vehicles, 16.50% purchase external services, and 16.50% use both methods. Regarding the issues encountered in marketing, 33.33% of the problems are related to financing, 16.5% to transportation vehicles, and 16.5% to qualified marketing personnel (Table 10). There is no specific literature on marketing and distribution in Türkiye (Tekerli, 2010; Denli et al., 2015; Sıkar and Çimrin, 2020; Başer and Bozoğlu, 2021). Başer and Bozoğlu (2021) report that %88.80 of the produced feed is sold, Sıkar and Çimrin (2020) report 100%, and Denli et al. (2015) report varying percentages. The findings of this study are similar to those of Denli et al. (2015).

In animal feed mills, steam is mostly used during the pellet feed production phase after powdered feed production (Akdeniz et al., 2005). None of the mills in this study use steam, which is inconsistent with the literature (Tekerli, 2010). According to respondents, this discrepancy is due to the 'lack of pellet production in the mills.' Nearly all animal feed mills in Türkiye have a molasses unit (Tekerli, 2010; Akbay and Ak, 2018). According to the survey responses, all mills have a molasses unit, and two mills have an oil addition unit, which is consistent with other studies (Tekerli, 2010; Akbay and Ak, 2018). In animal feed mills, bulk products are mostly sold to producers who buy in high quantities (Tekerli, 2010). In Diyarbakır, however, most mills sell finished products in packages, and only 16.5% also sell bulk products. This is consistent with other studies, but a mismatch was found in terms of quantity (Sıkar and Çimrin, 2020).

In the feed factories, raw materials can be ground either separately or together depending on the mills' operational setup (Akbay and Ak, 2018). In this study, grinding is done using hammer mills in the mills, although one mill also has a roller mill. The findings regarding the mills in the mills are in line with the literature (Akdeniz et al., 2005; Tekerli, 2010; Akbay and Ak, 2018). However, it was found that some of the mills do not conduct any grinding process. This is a significant problem because it can lead to undigested particles being discarded due to unbroken grains in the mixed feed (Akdeniz et al., 2005).

Half of the mills in this study have a feed analysis laboratory, while the other half do not. The findings on feed analysis align with some studies in the literature but differ from others (Denli et al., 2015; Demir and Elmalı, 2011; Tekerli, 2010). The findings about feed analysis laboratories in feed mills in Türkiye vary regarding the presence of laboratories. Mills without a laboratory carry out their feed analyses in laboratories located in their province, if available, or in laboratories in other provinces (Tekerli, 2010; Demir and Elmalı, 2011; Denli et al., 2015). Similarly, in this study, mills without a laboratory conduct their feed analyses at the Diyarbakır Commodity Exchange Laboratory and the Provincial Directorate of Agriculture and Forestry.

Table 11. Some situations of mills in Diyarbakır province during the Covid-19 process.

Tablo 11. Covid-19 sürecinde Diyarbakır ilindeki fabrikaların bazı durumları.

Problems	Mill						%
	1	2	3	4	5	6	
1 Has any cash aid been received from the state?	+	+	+	+	+	+	100.00
2 Has any rent aid been received from the state?	+	+	+	+	+	+	100.00
3 Has any short-time work allowance been received from the state?	+	+	+	+	+	+	100.00
4 Has there been a decrease in collection?	+	+	+	+	+	+	100.00
5 Has any technical staff been laid off?	+	+	+	+	+	+	100.00
6 Has any workers been laid off?	+	+	+	-	+	+	83.33
7 Has the production amount decreased?	-	+	+	+	-	-	50.00
8 Has the sales amount increased?	-	-	-	+	-	-	16.67

+Yes, - No

Standards such as HACCP and ISO 22000 play crucial roles in eliminating risk factors associated with animal feed and, consequently, in ensuring the safety of animal-derived products for human consumption (Budağ, 2011b). The quality certifications held by animal feed mills in Türkiye and the proportion of mills holding these certificates vary by province (Budağ, 2011a; Özek, 2020). According to Özek (2020), in the province of Balıkesir, mills have HACCP, ISO 2200 Food Safety Management System, ISO 2200, ISO 9001, and K-Q TSE-ISO-EN 9000 Quality Management System certificates. Similarly, Budağ (2011a) reported that most active animal feed mills in Van province possess at least one quality certificate. In line with these findings, this study determined that two factories hold only HACCP certification, one holds TSI-EURO GAP-ISO, another holds HACCP-TSI, one has ISO 9001-2015/ISO 22000-2018, while one factory lacks any quality certification...

Three-quarters of the mills have sufficient storage capacity, yet half of them experience storage issues in their warehouses, and all mills have silo-type storage. One mill uses open space (covered/uncovered piles) and warehouse-type storage. These findings are similar to studies on silo adequacy, silo issues, and storage types in animal feed mills (Tekerli, 2010; Denli et al., 2015; Özek, 2020; Sıkar and Çimrin, 2020).

Transportation costs are a significant expense item, directly impacting business profitability. Therefore, businesses that operate at full capacity handle transportation themselves, while businesses operating below full capacity use transport companies. It is reported that mills with low capacity utilization use transport companies because purchasing vehicles for distribution would result in higher costs (Demir and Elmalı, 2011; Başer and Bozoğlu, 2021). In this study, most of the mills operating in Diyarbakır distribute the feed they produce with their own vehicles (Table 10). This contradicts the situation associated with capacity utilization (Başer and Bozoğlu, 2021).

In studies on the problems of animal feed mills, the priority of issues varies by region and province (Anonymous, 2011; Demir and Elmalı, 2011; Denli et al., 2015; Özek, 2020). The priority order of issues in production in this study is as follows: First, raw material supply issues, transportation-related problems, marketing problems, and issues with collections. Second, issues related to high raw material prices. Third, problems arising from unfair competition and consumer awareness, fourth, problems related to storage conditions, fifth, issues caused by insufficient capital, price instability, insufficient storage space, and problems finding qualified labor, and sixth, quality concerns arising from feed price fluctuations (Table 10). The findings

of this study are not consistent with those of Denli et al. (2015), but they are similar to the studies of Demir and Elmalı (2011) and Özek (2020).

During the pandemic, most feed mills reduced their workforce; however, none of them laid off technical staff (Table 11). As seen in Table 11, in half of the mills, production volumes decreased, in one-third they remained unchanged, and in one-sixth, production increased. However, in 5 out of 9 mills, product sales volumes decreased. The Covid-19 pandemic triggered a global crisis that significantly impacted all sectors, including animal production. Feed producers were clearly affected by the negative effects seen in both social and economic life. Similar to other commercial sectors, the negative impacts on various aspects were also reflected in the feed industry (ILO, 2020). The difficulties identified in the study include reduced demand, decreased production, worker layoffs, and difficulties in collecting payments (ILO, 2020). Additionally, all surveyed mills reported that they did not receive any form of financial support, including cash aid, rent assistance, or short-term employment allowances from the government during the Covid-19 process.

Conclusion

In the study, the issues observed in the animal feed mills in Diyarbakır province include a high number of workers but a lack of technical personnel, non-homogeneous distribution of personnel, low CUR, difficulties in raw material procurement, high raw material prices, limited variety of feed products, low demand for mill produced feed despite the region's animal population, feed quality issues, problems with payment collection, unfair competition, high transportation costs, low capital, and price instability. On the positive side, the mills have sufficient installation capacities, face minimal storage issues, and do not experience general staffing shortages, except for technical personnel.

An analysis of the issues faced in the province, reveals that these problems are similar to those experienced by the feed industry in other regions of Türkiye. Therefore, it seems inevitable to establish a nationwide organization to address the problems of animal feed mills. The structure of the organization to be created should include universities, research institutions, the Ministry of Agriculture and Forestry, the Türkiye Feed Industrialists Union, and large feed producer companies. Through collaboration and identification of problems by these institutions, the issues in the sector should be addressed through macro policies. Moreover, the problem areas identified by various researchers and research institutions should be addressed individually, and realistic and sustainable solutions should be developed.

In this context, for example, efforts should focus on increasing raw material production and/or reducing costs while facilitating access to alternative raw material sources. Additionally, initiatives implemented to enhance the knowledge level of industry producers and consumers. Measures should also be taken to increase both the quantity and variety of production while exploring new market opportunities domestically and internationally. For instance, opening the way for product sales to consumers in countries close to Diyarbakır and facilitating the sales process should be considered. Moreover, to prevent unfair competition, quality-related issues must be resolved, and unregistered operations must be prevented.

In all production processes, including raw material procurement, production processes, and marketing, technical personnel deficiencies should be addressed to increase quality. In particular, technicians, technical staff, and engineers should specialize in feed production.

Ethics Committee

Since the period during which the research was conducted did not require ethics committee approval and no live material was used that would require an ethics committee, no ethics committee approval certificate was obtained.

References

- Anıç, H. Ş. 2006. Trakya bölgesindeki yem fabrikalarının hammadde temini ve pazarlama sorunları üzerine bir araştırma (PhD), Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 76 s.
- Anonymous, 2011. Doğu Anadolu Bölgesi büyükbaş hayvancılık çalıştay raporu. T.C. Serhat Kalkınma Ajansı. Temmuz 2011. Ardahan Türkiye. Access date: 14.11.2024. <https://www.serka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/71f9cf7ef29ba32b9b3b0cf70135fc9a.pdf>
- Anonymous, 2022. Dış Ticaret Verileri 2022. Türkiye Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu (TGDF). Access date: 24.10.2023. <https://www.tgdf.org.tr/turkiye-gida-ve-icecek-sektorleri-dis-ticaret-verileri-ots/>
- Ahsan, M. M., Duman, D. 2022. Kırsal yerleşimlerde gençlerin göç etme eğilimleri ve etkileri: Bitlis ili Adilcevaz ilçesi Örneği. Journal of Academic Value Studies, 8 (3), 231-243. <http://dx.doi.org/10.29228/javs.63782>
- Akbay, R., Yalçın, S., Ceylan, N., Olhan, E. 2000. Türkiye tavukçuluğunda gelişmeler ve hedefler. 2000. Türkiye Ziraat Mühendisliği, 5, 795-810.
- Akbay, K. C., Ak, İ. 2018. Karma Yem Teknolojisindeki Gelişmelerin karma yem kalitesine ve yem değerine etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32 (2), 175-188.
- Akdeniz, R. C., Ak, İ., Boyar, S. 2005. Türkiye karma yem endüstrisi ve sorunları. VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi. Ankara, Türkiye.
- Aral, Y., Altın, O., Şahin, T. S., Gökdal, A. 2020. Türkiye sığır besiciliğinde yapısal durum ve sektörel analiz. Veteriner Hekimler Dergisi, 91 (2), 182-192. <https://doi.org/10.33188/vetheder.672270>
- Bayraktar, F. 1999. Yem Sektörü. Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. sektörel araştırmalar, (s. 99). Araştırma Müdürlüğü, Ankara, TKB Matbaası.
- Başer, U., Bozoğlu, M. 2021. Yem Fabrikalarında kapasite kullanımının üretim ve ekonomik performans açısından değerlendirilmesi: Samsun ili Örneği, Türkiye. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11 (2), 1533-1539. <https://doi.org/10.21597/jist.821104>
- Budağ, C. 2011a. Van'da bulunan yem fabrikalarının üretim durumları ve sorunları. YYÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16 (2), 59-66.
- Budağ, C. 2011b. Yem fabrikalarında hijyen sorunu ve zoonoz hastalıklar. Journal of the Institute of Science and Technology, 1(2), 141-154.

- Çelik, K., Ertürk, M. M., Ersoy, İ. E. 2003. Farklı yem fabrikalarından örneklenen karma yem ve yem ham maddelerinde bazı kalite öğelerinin kantitatif araştırılması. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (2), 161-168.
- Demir, P., Aral, S. 2009. Kars ilinde faaliyet gösteren süt sığırcılık işletmelerinin karşılaştıkları sorunlar ve çözüm önerileri. Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, 88 (3), 17-22.
- Demir, P., Elmalı, D. A. 2011. Doğu Anadolu Bölgesindeki Kimi Yem Fabrikalarının Mevcut Durumu ve Sorunları. Veteriner Hekimler Dergisi, 82 (1), 29-34
- Denli, M., Demirel, R., Sessiz, A. 2015. Diyarbakır ili karma yem endüstrisinin durumu. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3 (9), 701-706. DOI: 10.24925/turjaf.v3i9.701-706.467
- ILO, International Labour Organization Monitor. 2020. COVID-19 and the World of Work. 4th edition. Access date: 20.11.2024. http://www.ilo.org/global/topics/coronavirus/impacts-andresponses/WCMS_745963/lang-en/index.htm.
- Karabulut, A., Ergül, M., Ak, İ., Kutlu, H. R., Alçiçek, A. 2000. Karma yem endüstrisi. Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye.
- Karadağ, E., Okur, A. A. 2022. Nutrient contents of some food industry by-products and their usage possibilities as alternative feed raw materials in animal nutrition. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 10 (11), 2180-2187. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i11.2180-2187.5387>
- Karahocagil, P., H, Ege. 2004. Karma yem sanayi. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Bakış. 5 (9), 1-4.
- Karakuş, M. Ü. (2012). Türkiye’de karma yem üretimi ve sorunları. Access date: 24.02.2024. http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/aa903e40952a84b_ek.pdf
- Kuvat, Ö., Abatay, G. 2020. Karma yem üretiminde müşteri ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik kalite fonksiyonu göçerimi uygulaması. BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), 717-740. DOI: 10.25092/baunfbed.757345
- Özek, K. 2020. Balıkesir ili karma yem üretimi ve karma yem fabrikalarının mevcut durumları. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10 (2), 1438-1448. <https://doi.org/10.21597/jist.655497>
- Tekerli, N. 2010. Ege Bölgesi karma yem sanayinin mevcut durumunun incelenmesi ve geliştirilmesi üzerine bir araştırma. (Master's thesis), Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 85 s.
- Sıkar, B., Çimrin, T. 2020. Hatay ilinde karma yem ve hammadde işletmelerinin sosyo-demografik yapısı. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 23 (4), 1096-1105. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.666269>
- Somuncu, B. 2021. The general situation, problems and solutions of forage crops agriculture in the Central Anatolia Region. Science And Technique in The 21 st Century, 8 (15), 33-42. doi: 10.51801/turkjrf.942253
- Şirin, A. H. 2006. Trakya Bölgesi'ndeki yem fabrikalarının hammadde temini ve pazarlama sorunları üzerine bir araştırma. Access date: 24.02.2024. [info:eu-repo.semantics/openAccess](http://info.eu-repo.semantics/openAccess)
- Yalçın, G. E., Kara, F. Ö. 2016. Kırsal göç ve tarımsal üretime etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 20 (2), 154-158. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.259106>



Ahşap ve Strafor Kovanlardaki Kafkas (*Apis mellifera caucasica*) ve Karniyol (*Apis mellifera carnica*) Bal Arısı Kolonilerinin Bazı Fizyolojik Özelliklerinin Malatya Koşullarında Belirlenmesi

Adil İNCE¹, Kadir KARAKUŞ²

¹ Malatya Yeşilyurt İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Malatya, Türkiye

² Malatya Turgut Özal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Malatya, Türkiye

Adil İNCE, ORCID No: [0009-0006-1526-7527](https://orcid.org/0009-0006-1526-7527), Kadir KARAKUŞ, ORCID No: [0000-0002-8936-1851](https://orcid.org/0000-0002-8936-1851)

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
Araştırma Makalesi <i>Bu makale Adil İNCE adlı yazarın yüksek lisans tezindeki veriler kullanılarak üretilmiştir.</i> Geliş: 04.03.2025 Kabul: 20.06.2025	Bu çalışmada, farklı tip materyallerden (strafor ve ahşap) imal edilmiş Langstroth tipi kovanlarda barındırılan Kafkas ve Karniyol bal arılarının bazı fizyolojik özellikleri araştırılmıştır. Kafkas x Strafor (KfSt), Kafkas x Ahşap (KfAh), Karniyol x Strafor (KrSt) ve Karniyol x Ahşap (KrAh) gruplarında ortalama arılı çerçeve sayıları sırasıyla 8.3 ± 0.48 , 8.4 ± 0.49 , 8.4 ± 0.49 ve 9.0 ± 1.15 adet/koloni ve ortalama kuluçka alanları ise aynı sırayla 2531.86 ± 930.15 , 1996.88 ± 978.03 , 2898.26 ± 843.15 ve 3229.81 ± 943.46 cm ² /koloni olmuştur. Bir dakikada uçuşa çıkan ortalama arı sayısı ile belirlenen uçuş etkinliği en düşük 1. haftada ortalama 18.43 ± 1.79 adet/koloni ile KrAh grubunda olurken, en yüksek 5. haftada 64 ± 1.28 adet/koloni ile yine KrAh grubunda tespit edilmiştir. Grupların ortalama bal verimleri yine aynı sırayla 4.92 ± 0.84 , 4.0 ± 0.78 , 4.82 ± 0.53 ve 4.88 ± 0.7 kg/koloni olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgulara göre, gruplar arasında bal verimi bakımından farklılık olmadığından dolayı; Malatya koşullarında arıcılık sektöründe bal üretiminde strafor veya ahşap kovanlarda barındırılan Kafkas veya Karniyol bal arılarından herhangi biri tercih edilebilir. Sentetik ilaçların yan etkisinden dolayı günümüzde doğal ürünlere olan talep giderek artmaktadır. Bu nedenle strafor kovanların arı ürünlerinde herhangi bir kalıntı bırakıp bırakmayacağı konusunda detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.
Anahtar Kelimeler Bal arısı <i>Apis mellifera</i> Ahşap kovan Strafor kovan Fizyolojik özellikler Malatya	
* Sorumlu Yazar kadir.karakus@ozal.edu.tr	

Some Physiological Characteristics of Caucasian (*Apis mellifera caucasica*) and Carniolan (*Apis mellifera carnica*) Honeybee Colonies in Wooden and Styrofoam Hives in Malatya Conditions

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Research Article <i>This article was produced using data from the master's thesis of the author Adil İNCE.</i> Received : 04.03.2025 Accepted : 20.06.2025	In this study, some physiological characteristics of Caucasian and Carniolan honey bees kept in Langstroth type hives manufactured from different types of materials (styrofoam and wood) were investigated. The average number of frames covered with bees in Caucasian x Styrofoam (KfSt), Caucasian x Wood (KfAh), Carniolan x Styrofoam (KrSt) and Carniolan x Wood (KrAh) groups were 8.3 ± 0.48 , 8.4 ± 0.49 , 8.4 ± 0.49 and 9.0 ± 1.15 pieces/colony and the average brood areas were 2531.86 ± 930.15 , 1996.88 ± 978.03 , 2898.26 ± 843.15 and 3219.91 ± 943.46 cm ² /colony, respectively. The average number of bees taking off in one

Lütfen aşağıdaki şekilde atıf yapınız / Please cite this paper as following;

İnce, A., Karakuş, K., 2025. Ahşap ve strafor kovanlardaki Kafkas (*Apis mellifera caucasica*) ve Karniyol (*Apis mellifera carnica*) bal arısı kolonilerinin bazı fizyolojik özelliklerinin malatya koşullarında belirlenmesi, Journal of Animal Science and Products (JASP) 8 (1):36-47. DOI: [10.51970/jasp.1650270](https://doi.org/10.51970/jasp.1650270)

Keywords

Honeybee
Apis mellifera
 Wooden hive
 Styrofoam hive
 Physiological characteristics
 Malatya

*** Corresponding Author**

kadir.karakus@ozal.edu.tr

minute for flight activity was lowest in the KrAh group with an average of 18.43 ± 1.79 units/colony in the 1st week, while the highest was again in the KrAh group with 64 ± 1.28 units/colony in the 5th week. The average honey yields were found to be 4.92 ± 0.84 , 4 ± 0.78 , 4.82 ± 0.53 and 4.88 ± 0.7 kg/colony, respectively. According to the findings, since there is no difference in honey yield between the groups; in the beekeeping sector in Malatya conditions, either Caucasian or Carniolan honey bees housed in styrofoam or wooden hives can be preferred in honey production. Due to the side effects of synthetic drugs, the demand for natural products is increasing today. Therefore, detailed studies are needed on whether styrofoam hives will leave any residue in bee products.

Giriş

Bal arıları (*Apis mellifera* L.), eski zamanlardan beri insanlar tarafından yetiştirilebilen koloniler halinde yaşayan sosyal böceklerdir. Bal arıları bal, balmumu, polen, arı sütü gibi arı ürünlerini üretmeleri yanında bitkilerdeki tozlaşmayı sağlayarak önemli ekonomik faydalar sağlamaktadırlar (Genç ve Dodoloğlu, 2002).

Türkiye arıcılıkta dünyada önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. Bunun en büyük sebepleri, iklimin son derece uygun olması, bitki örtüsünün zenginliği, dünya ballı bitkiler florasının %75'ine sahip olması ve dünya çam balının %90'ını karşılamasıdır. Diğer taraftan, ülkemizde bal ormanı sayısı 2022 yılında 750 adet iken, 2023 yılında 796 adete çıkmıştır. Malatya ilinin arıcılık açısından kendisine has bitki örtüsü, iklimi ve coğrafik yapısı ile arıcılık için büyük bir potansiyele sahip olduğu, en çok üretilen arı ürününün bal olduğu ve polenin ise az miktarda üretildiği bildirilmiştir (Karlıdağ ve Köseman, 2015).

Apis cinsi bal arıları milyonlarca yıldan beri dünya üzerinde varlıklarını ana vatanları olan Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarında devam ettirmektedirler. Dünya üzerinde en yaygın ve ekonomik değeri en fazla olan tür *Apis mellifera* olup *Apis* cinsi içerisinde ve bu tür içerisinde de farklı bölgelere adapte olmuş alt türler ve bu alt türler içerisinde de farklı ekotipler meydana gelmiştir (Kaftanoğlu, 2011).

Dünyada yaygın olarak yetiştirilen Kafkas ve Karniyol arıları; kışlama özelliği, soğuk iklime dayanıklılığı ve bal verimliliği ile bilinen en üstün bal arılarından (Öztürk ve Korkmaz, 2005; Kara vd., 2012). Kafkas bal arısı gri esmer renkli, kışı uzun ve sert geçen karasal iklime adapte olabilmiş, oldukça sakin huylu, bal verimi yüksek, en önemli özelliklerinden biri de diğer bal arılarına oranla sonbaharda daha fazla propolis toplayan, ilkbaharda geç uyanan fakat yaz aylarında hızla gelişen, oğul verme eğilimi az olan önemli bir arı ırkıdır (Kaftanoğlu, 2001). Soğuk mevsimlerde, düşük sıcaklıklarda hayatta kalabilmekte, elverişsiz iklim ve çevre koşullarında çalışabilmektedir. Petek örerken düzensiz-köprü petek yapma eğilimi vardır. Petekli balının koyu renkte görünmesinin nedeni ise petek gözlerini sırlarken bal ve sır arasında hava boşluğu bırakmamasıdır (Balcı, 2024).

Karniyol arısı vücutları koyu renkli, kış aylarını küçük bir arı mevcuduyla ve az bal tüketerek geçiren bal verimleri yüksek, oldukça sakin, ilkbahar da gelişme hızı ve oğul eğilimi yüksek olan bir ırktır. Oğul eğiliminin yüksek olması Karniyol arısının tek olumsuz özelliğidir (Kaftanoğlu, 2001).

Arıcılıkta arı ırkı ve kovan tipi kolonilerden beklenen verimin alınabilmesi açısından büyük önem arz etmektedir (Dülger, 1997). Arıcılık mesleğinde başarılı olabilmek ve

beklenen verimi alabilmek için çevre sıcaklığı ve iklim faktörleriyle yoğun ilişkisi olan bal arılarının ihtiyacı olan en uygun çevre şartlarını sağlamak gerekmektedir. Çevre sıcaklığının etkisi kadar kovan içi düzende, bal arılarının kovan içi sıcaklığı ayarlanmasında önemlidir. Bu açıdan bakıldığında, kovanın yapım malzemesi, kovan tipi ve havanın kovan içinde dolaşımını sağlayan koşullara gereken hassasiyet gösterilmelidir (Çetin, 2004).

Lorenzo Lorraine Langstroth (1810–1895), 1850'lerde hareketli çerçeve kovanını bulmuşlardır. O zamandan beri arıcılar bu tasarımı yaygın olarak kullanmaktadır. Çevre, hava koşulları ve arıcı tutumları sürekli değişse de yaklaşık son 50 yıldır kovan tasarımı aynı kalmıştır (Gücel vd., 2024). Verimliliğin esas faktörlerinden olan arı kovanları arı kolonilerinin barınağı olmasından dolayı en önemli arıcılık ekipmanı olarak kabul edilmektedir. Aktif sezonda vücut sıcaklığını ortam sıcaklığından daha yüksek tutmalarından ötürü bal arıları normalde şartlarda endotermiktir (Cengiz ve Yazıcı, 2018). Kışlatma kayıplarına etki eden faktörler arasında kolonide genç arı mevcudu, ana arının ırkı ve yaşı, bal arılarında görülen parazit ve hastalıklar, bal stoğunun azlığı, kışlatmanın yapıldığı arılığın yeri ve durumu, temiz ve yeni kovanların kullanılmaması, hava sıcaklığının düzensizliği en önemli faktörlerdendir (Yeninar, 2015; Cengiz ve Yazıcı, 2018).

Eski tip karakovan arıcılıktan modern kovana geçişe etki eden önemli faktör kovan kontrolü ve dışarıdan müdahale etmenin zor olmasından kaynaklanmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişiklikleri, gezgin arıcılığın eski dönemlere göre daha fazla yapılması, eski tip kovanların taşınması ve naklinin zorluğu gibi sebeplerden ötürü eski tip kovanlar yerini modern tip kovanlara bırakmıştır (Patır ve Seçkin, 2020). Ülkemizde modern kovanlar yöresel olarak değişik tip ve ölçülerde ve farklı tip malzemelerden (ahşap, strafor, plastik vs.) imal edilmektedirler. En önemli arıcılık ekipmanı olarak kabul edilen kovan, arı kolonisinin barınağı olması nedeniyle, bal verimliliğini doğrudan ilgilendiren etkenlerin en önemlisidir.

Modern tip kovanlar arıcılıkta başarılı olmak ve bilinen son teknikleri uygulayabilmek için tek başına yeterli olmayıp, aynı zamanda ülkemizin hangi bölgesinde modern standart kovanın hangi tip malzemeyle yapıldığı ve hangi arı ırkının kullanılması gerektiğinin araştırılarak belirlenmesi de önemlidir. Bu çalışmada, Malatya koşullarında hangi kovan tipinin ve arı ırkının daha verimli ve uyumlu olduğu araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma, Malatya Turgut Özal Üniversitesi Arı ve Arı Ürünleri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi arılığında 2024 yılı ilkbaharında başlatılmıştır. Koloniler nisan ayında bakım ve kontrolleri yapılarak eşitlenmiştir. Mayıs ayında muamele grupları oluşturularak koloniler ilgili kovanlara aktarılmıştır. Koloniler nektar akımı döneminde Hekimhan/Yamadağı yaylasına nakledilerek konaklatılmıştır. Eylül ayının ilk haftasında koloniler tekrar kampüste bulunan arılığa getirilip gerekli bakım ve kontrolleri yapıldıktan sonra kışlatmaya alınmıştır. Araştırma merkezi bünyesinde bulunan arı kolonileri ve ahşap (Ah) kovanlar kullanılmıştır. Strafor (St) kovanlar ise piyasadan satın alınmıştır (Şekil 2.1). Araştırma kolonileri 8 çerçevede arı ve 4 çerçevede yavru varlığına sahip olacak şekilde eşitlenmiştir (Şekil 2.2). Langstroth tipi ahşap ve strafor arı kovanlarında kuluçkalık ve ballık

aynı ölçüdedir. Langstroth kovanında 10 çerçeve kuluçkalıkta 10 çerçeve ballıkta olmak üzere toplam 20 adet çerçeve bulunmaktadır. Kovan gövde kalınlığı 25 mm'dir. Kuluçkalık ve ballık ölçüleri dıştan dışa 505 mm x 435 mm x 260 mm; içten içe ise 455 mm x 385 mm x 260 mm'dir.

Arılar böcek sınıfı sayıldığından etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır.



Resim 1. Arılı ahşap ve strafor araştırma kovanları
Picture 1. Wooden and styrofoam research hives with bees



Resim 2. Araştırma başlangıcında 8 çerçeveye eşitlenmiş arılı kovan
Picture 2. The hive with bees equalized to 8 frames at the beginning of the research

Nisan ayında 10'ar adet ahşap ve strafor kovanlardaki toplamda 20 adet koloninin kontrolü yapılarak, koloniler besin stoku ve arı mevcudu yönünden eşitlenmiştir. Yapılacak eşitleme için arı mevcudu açısından aynı çevre sıcaklığında ve aynı gün kolonilerin hepsinin eşit güçte 8'er arılı çerçeveli olmaları sağlanmıştır (Dülger 1997).

Araştırma grupları;

1. Grup: 5 adet Kafkas arılı koloni, Strafor tipi kovan (KfSt)
2. Grup: 5 adet Kafkas arılı koloni, Ahşap tipi kovan (KfAh)
3. Grup: 5 adet Karniyol arılı koloni, Strafor tipi kovan (KrSt)
4. Grup: 5 adet Karniyol arılı koloni, Ahşap tipi kovan (KrAh)

olarak belirlenmiştir.

Yöntem

Uçuş etkinliği için her kovanda 7'şer defa 1 dakikalık süre zarfında uçuşa çıkan arı sayısının belirlenmesi yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemle göre deneme gruplarından herhangi birer tanesi seçilerek eşit güce sahip birer kolonide her defasında aynı kolonilerde olacak şekilde ve her hafta aynı gün, öğleden önce aynı saatte olmak üzere uçuşa çıkan arı sayımı yapılmıştır (Kutluca, 2003). Denemede uygulamalar arasındaki ilişkilerin istatistiki açıdan değerlendirilmesinde tekrarlanan ölçümler analizi uygulanmış ve çoklu karşılaştırma testi olarak Duncan testi uygulanmıştır. Bağımsız değişkenlerin kendi arasındaki ilişkilerinin belirlenmesi ise Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. İstatistiki analizler SPSS 25 paket programında yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Araştırmada kolonilerinin ergin arı gelişimi, kuluçka etkinliği, nektar dönemi ağırlık kazancı, uçuş etkinliği ve bal verimi özellikleri incelenmiştir. Irklar esas alınarak bu karakterler ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Fizyolojik Özellikler

Ergin Arı Gelişimi

Araştırmada, üretim döneminde her bir grupta 5'er adet olmak üzere toplam 20 adet koloni kullanılmıştır. Bu kolonilerden 21'er gün aralıklarla 4 ayrı dönemde ölçülen arılı çerçeve sayıları ile ilgili bulgular edilmiştir. Grupların (KfSt, KfAh, KrSt ve KrAh) farklı zamanlarda (Dönem I: 16.05.2024, Dönem II: 6.06.2024, Dönem III: 27.06.2024 ve Dönem IV: 18.07.24 tarihlerinde toplam 4 kez) ölçülen arılı çerçeve sayılarına uygulanan Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, gruplar arasında Dönem I ve Dönem II'de farklılıkları önemsiz, Dönem III ve Dönem IV'de aralarındaki farklılık önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Denemede koloni başına ortalama arılı çerçeve sayıları KfSt, KfAh, KrSt ve KrAh grupları için sırasıyla 8.3 ± 0.48 adet, 8.4 ± 0.49 adet, 8.4 ± 0.49 adet ve 9.0 ± 1.15 adet olarak tespit edilmiştir. Ölçümü yapılan Dönem I, Dönem II, Dönem III ve Dönem IV için sırasıyla 8.0 ± 0.00 adet, 8.0 ± 0.00 , 9.15 ± 0.93 adet ve 8.95 ± 1.15 adet olarak bulunmuştur. Üretim sezonu döneminde kolonilerde arı varlıkları düzenli bir şekilde fazla artış göstermemiştir. Sezon içerisinde koloni başına arılı çerçeve miktarı 7 çerçeve ile 11 çerçeve arasında bir değişim göstermiştir.

Dönemlerde arılı çerçeve sayıları bakımından Dönem I ve Dönem II'ye ait ortalamalar arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur. Ahşap ve strafor kovanlarda barındırılan Kafkas ve Karniyol kolonilerinde Dönem I ve Dönem II boyunca ortalama arılı çerçeve sayılarında bir artış olmamış, arılı çerçeve sayıları aynı kalmıştır. Dönem III ve Dönem IV arasındaki farklılık ise önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Dönem III'de KfAh (8.6 ± 1.14 adet) ile KrAh (10.0 ± 0.71 adet) grupları arasındaki farklılık önemli ($p<0.05$), KfSt (9.0 ± 0.71 adet) ile KrSt (9.0 ± 0.71) grupları arasındaki farklılık ise önemsiz çıkmıştır. Bu dönemde ahşap kovanlarda barındırılan kolonilerde en yüksek arılı çerçeve sayısı Karniyol kolonilerinde (10.0 ± 0.71 adet) gerçekleşmiştir. Strafor kovanlarda barındırılan Kafkas ve Karniyol kolonilerinde bir farklılık (9.0 ± 0.71 adet) olmamıştır. Söz konusu bu dönemde KrAh grubu diğer gruplara göre arılı çerçeve sayısı bakımından üstünlük göstermiştir.

Dönem IV'de KfSt (8.2 ± 0.84 adet) ile KrAh (10.0 ± 0.71 adet) grupları arasındaki farklılık önemli ($p<0.05$), KfAh (9.0 ± 1.00 adet) ve KrSt (8.6 ± 1.34 adet) grupları arasındaki farklılık ise önemsiz çıkmıştır. Bu dönemde yine ahşap kovanlarda barındırılan Karniyol kolonilerinde (10.0 ± 0.71 adet) en yüksek arılı çerçeve sayısı tespit edilmiştir. Ahşap kovanlarda barındırılan Karniyol kolonileri diğer grup kolonilerine göre her iki dönemde de arılı çerçeve sayısı bakımından üstünlük göstermiştir. Dönem III ve Dönem IV dikkate alındığında ergin arılı çerçeve sayısı bakımından Kafkas grubu kolonilerin daha düşük performans gösterdikleri tespit edilmiştir. Araştırmada ergin arı gelişiminin düşük olmasının mevsimsel faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bir araştırmada yapılan yedi ölçümde Muğla ekotipi ve İtalyan melezi bal arılarının arılı çerçeve sayıları bakımından koloni ortalamaları sırasıyla 5.65 ± 0.30 ve 5.72 ± 0.42 olarak tespit edilmiştir (Yücel ve Kösoğlu, 2011). Uçak Koç, 2008; arılı çerçeve sayılarını sırasıyla; Ege x Ege 8.0 ± 0.44 , Ege x Kafkas 8.4 ± 0.40 , Kafkas x Kafkas 4.6 ± 0.36 , Kafkas x Ege 7.8 ± 0.42 ve İtalyan x Ege 9.5 ± 0.43 gruplarında adet olarak belirlemiştir Diğer bir çalışmada ise arılı çerçeve sayısına farklı besleme yöntemlerinin etkisinin belirlenmesi amacıyla uygulama yapılan I. gruba (şurup+vitamin+mineral+antibiyotik), II. gruba ise (1/1 oranında sakkaroz-su) ve kontrol gruplarında sırasıyla ortalama çerçeve sayıları 9.80 ± 0.6 adet, 9.50 ± 0.33 adet ve 8.30 ± 0.88 adet olarak bildirilmiştir (Kumova, 2000). Bal arısı kolonilerinde 2021 yılında mera alanında yapılan ölçümlerde ergin arı ortalaması 12 çerçeve/koloni, mera alanında 2022 yılında yapılan ölçümlerde ise %1.66 oranında azalarak 10 çerçeve/koloniye düştüğünü bildirmişlerdir. 2021 ve 2022 yıllarında yaylada yapılan ölçümlerde ise arılı çerçeve ortalamasının 11 çerçeve/koloni olarak aynı kaldığı tespit edilmiştir (Kutlu vd., 2023). Başka bir çalışmada, 2001 yılı üretim döneminde ölçüm yapılan ırkların temmuz ayı için sırasıyla koloni başına ortalama arılı çerçeve sayıları Kafkas 12.38 ± 0.30 , Karniyol 11.54 ± 0.38 ve Anadolu genotipleri için 13.04 ± 0.58 adet ve ağustos ayında yapılan ölçümlerde ise aynı genotipler için sırasıyla Kafkas 14.33 ± 0.67 , Karniyol 12.79 ± 0.59 ve Anadolu genotipleri 14.21 ± 0.86 adet olurken; 2002 yılı üretim döneminde yapılan ölçümlerinde ise aynı genotipler için mayıs ayında yapılan ölçümler sırasıyla Kafkas 8.76 ± 0.27 , Karniyol 8.36 ± 0.28 ve Anadolu genotipleri 8.50 ± 0.29 adet olarak ölçüm yapılırken 2022 yılı haziran ayı için ise sırasıyla Kafkas 11.52 ± 0.36 , Karniyol 11.55 ± 0.45 ve Anadolu 11.05 ± 0.37 adet, 2022 yılı temmuz ayında yapılan ölçümlerde sırasıyla Kafkas 12.05 ± 0.28 , Karniyol 11.64 ± 0.37 ve Anadolu 11.29 ± 0.38 adet ve 2022 yılı ağustos ayı ölçümleri ise sırasıyla Kafkas 13.00 ± 0.60 , Karniyol 13.50 ± 0.78 ve Anadolu 13.42 ± 0.54 adet olarak kaydedilmiştir (Kutluca, 2003). Yürütülen bu çalışmada elde edilen bulgular, bu çalışmalardan elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedir.

Yapılan farklı çalışmalarda, Dülger (1997); Kafkas ve Anadolu genotipleri ve ağustos ayı için sırasıyla 22.93 ± 1.55 adet ve 23.71 ± 2.33 adet; Güler (1995) aynı genotipler ve ay için sırasıyla 12.83 ± 2.60 adet ve 10.62 ± 1.81 adet; Akyol vd (1999) Kafkas genotipi için en yüksek ergin arı varlığını yine aynı ayda 14.8 ± 0.66 adet olarak tespit edilmiştir. Cengiz ve ark. 2019; tek analı kolonilerde koloni başına ortalama arılı çerçeve sayısı 15.20 ± 0.84 adet iken, iki analı kolonilerde koloni başına ortalama arılı çerçeve sayısı 21.75 ± 1.63 olarak bulmuşlardır. Yapılan bu çalışmada ergin arı çerçeve sayısı bakımından elde edilen bulgular bu çalışmalardan elde edilen değerlerden daha düşük çıkmıştır.

Kuluçka Alanı Gelişimi

Araştırmada her grupta 5'er adet olmak üzere toplam 20 adet kolonide ölçülen kapalı yavrulu kuluçka alanı gelişimine ait veriler; koloni başına ortalama kuluçka alanı KfSt, KfAh, KrSt ve KrAh grupları için sırasıyla 2531.86 ± 930.15 , 1996.88 ± 978.03 , 2898.26 ± 843.15 ve 3229.81 ± 943.46 cm²/koloni olurken; ölçüm yapılan (Dönem I: 16.05.2024, Dönem II: 6.06.2024, Dönem III: 27.06.2024 ve Dönem IV: 18.07.24 tarihlerinde toplam 4 kez) Dönem I, Dönem II, Dönem III ve Dönem IV için sırasıyla 3101.93 ± 1002.50 , 3081.32 ± 976.86 , 2434.87 ± 949.17 ve 2334.87 ± 1285.64 cm²/koloni tespit edilmiştir.

Kuluçka üretim etkinliği bakımından KfAh grubunun ise diğer gruplardan farkının önemli olduğu tespit edilmiştir.

Diğer taraftan, çalışmada araştırma grupları arasında çerçeve üzerinde bulunan kapalı yavrulu alanın uzunluk ve genişliği tek yönlü varyans analizine tabi tutulduğunda istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Uzunluk açısından değerlendirildiğinde en yüksek değer (26.71 ± 0.61 cm) KrAh görülürken, en düşük değer (24.30 ± 0.67 cm) KfAh uygulamasında belirlenmiştir. Genişlik açısından değerlendirildiğinde en yüksek değer (13.14 ± 0.23 cm) KrAh görülürken, en düşük değer (12.28 ± 0.22 cm) KfAh uygulamasında belirlenmiştir.

Bal arısı kolonilerinde bal verimi artışında işçi arı varlığının artışı ve kuluçka üretim etkinliği ile arasında önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır (Güler, 2000).

Mısır'da yapılan bir çalışmada (Taha, 2014), strafor kovanlarda barındırılan bal arısı kolonilerinin en yüksek ortalama kapalı işçi kuluçka alanı 407.4 inç kare/koloni, ahşap kovanlarda tutulan bal arısı kolonilerinin kapalı işçi arı kuluçka alanı 286.8 inç kare/koloni olarak bulunmuştur. Muğla ve İtalyan melezi arılar arasında kuluçka gelişimi bakımından, istatistik olarak önemli bir farkın olmadığı bildirilmiştir (Yücel ve Kösoğlu, 2011).

Doğaroğlu vd., 1992, en yüksek kuluçka üretim aktivitesinin Kafkas ve Anadolu genotipleri için haziran ayı ortalarına doğru olduğunu ve kuluçka üretim alanının sırasıyla 3923.7 ± 942.63 ve 3402.6 ± 1014.36 cm² olarak, Akyol vd., 1999; Kafkas genotipi için en yüksek kuluçka aktivitesinin 3710 ± 101.09 cm² ile temmuz ayının sonu olarak bildirmiştir

Tek ve iki analı kolonilerde koloni başına ortalama yavru alanı miktarı sırasıyla tek analı kolonilerde 4016.85 ± 508.65 cm² ve iki analı kolonilerde 5300.31 ± 380.73 cm² olarak ölçülmüş; grupların birbirlerinden farkı kuluçka alanı gelişimi bakımından çok önemli ($p < 0.01$) olduğu görülmüştür (Cengiz ve ark. 2019).

Nektar Akımı Dönemi Ağırlık Kazancı

Yavru ve ergin arı bakımından deneme başlangıcında eşitlenen koloni gruplarında nektar akımı dönemi öncesi kovan ağırlığı en yüksek KfAh (23.42 kg/koloni) grubunda, kovan ağırlığı ikinci sırada KrAh (23.14 kg/koloni) grubunda olup bu gruplar arasındaki farklılık önemsiz, üçüncü sırada KrSt (17.4 kg/koloni) ve en düşük KfSt (16.14 kg/koloni) grubunda belirlenmiş ve bu iki grup arasındaki farklılık da önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan nektar akım dönemi sonrası kovan ağırlığı en yüksek KrAh (31.8 kg/koloni) grubunda, ikinci sırada KfAh (27.4 kg/koloni) grubunda, üçüncü sırada KrSt (25.0 kg/koloni) grubunda ve dördüncü sırada KfSt (22.2 kg/koloni) grubunda gerçekleşmiş olup, KrAh ve KfSt grubu arasındaki farklılık ile KrAh ve KrSt grubu arasındaki farklılık önemsiz tespit edilmiştir.

Nektar akımı döneminde koloni başına elde edilen ortalama ağırlık kazancı KfSt grubunda 16.14 ± 0.39 kg, KfAh grubunda 23.42 ± 0.54 kg, KrSt grubunda 17.4 ± 0.37 kg ve KrAh grubunda 23.14 ± 0.77 kg olarak bulunmuş ve kolonilerin nektar akımı dönemindeki ortalama ağırlık kazançları -2 kg ile 13 kg arasında değişmiştir.

Deneme başlangıcından itibaren nektar akımı dönemi sonuna kadar ahşap kovanlarda barındırılan kolonilerin kovan ağırlık artışının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kutluca, 2003; Kafkas, Karniyol ve Anadolu arılarının ilk yıl üretim sezonunu nektar akımı döneminde kolonilerin sağladıkları ortalama ağırlık kazançları sırasıyla 18.13 ± 2.46 kg, 13.50 ± 1.53 kg ve

16.38±2.33 kg ölçülürken; ertesi yıl üretim döneminde Kafkas, Karniyol ve Anadolu arıları için ortalama ağırlık kazançları sırasıyla 9.00±1.73 kg, 8.50±1.55 kg ve 7.95±1.28 kg olarak tespit etmiştir.

İçeride ve sundurma altında kışlatılan ahşap ve strafor kovanlarda ilkbahara canlı çıkabilen kolonilerin performanslarını karşılaştırmak amacıyla yürütülen çalışmada, nektar akımı dönemi ortalama ağırlık kazancı ahşap kovanlardaki 42.3±2.7 kg ve strafor kovanlardaki kolonilerin ortalama ağırlık kazancı ise 34.0±3.1 kg olarak bildirilmiştir (Genç, 1996).

Uçuş Etkinliği

Yürütülen çalışmada gruplar uçuş etkinliğine göre kendi arasında tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiki analizler sonucunda gruplar arasındaki uçuş etkinliklerinde 1, 2, 9 ve 10. haftalarda istatistiki açıdan önem bulunmazken, diğer hafta uçuşlarındaki karşılaştırmalar istatistiksel olarak önemli görülmüştür. Genel olarak uçuş etkinliğinin mevsimsel faktörlere bağlı olarak değiştiği, nektar ve polen kaynaklarının artışına paralel olarak ilk haftalardan itibaren ileriki haftalarda uçuşa çıkan arı sayısının arttığı, gruplar arasında farklılıkların önemli olduğu ve nektar ve polen kaynaklarının azalmasıyla birlikte son iki haftada uçuşa çıkan arı sayısının giderek azaldığı gözlenmiştir. Dokuzuncu ve 10. haftalarda gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz iken, 11. haftada uçuşa çıkan arı sayısı en yüksek ortalama 33,72±2,09 adet/koloni KrAh grubunda en düşük ortalama 26,15±1,43 adet/koloni ile KrSt grubunda olmuş ve aralarındaki farklılık önemli bulunmuştur.

Yapılan tekrarlanan ölçümler varyans analizinde uçuş etkinliği bakımından KfSt, KrSt ile KrAh grupları arasındaki fark önemli ($P<0.05$) bulunurken, KfSt grubu ile KfAh grubu ve KfAh grubu ile KrSt gruplarının kendi aralarında farkının önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Kutluca, 2003; Kafkas, Karniyol ve Anadolu arıları için bir dakikada uçuşa çıkan arı sayısını ortalama 78.32±1.17 adet/koloni ile ikinci yıl nektar döneminde Karniyol grubu en yüksek, ortalama 17.15±1.11 adet/koloni ile ikinci yıl nektar öncesi dönemde Kafkas grubu en düşük düzeyde belirlemiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar ile bu çalışmanın ikinci yıl sonuçları benzerlik göstermektedir.

Bal Verimi

Hasat edilen süzme bal verimlerine uygulanan tek yönlü varyans analizi sonucunda bal verimi bakımından gruplar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Ortalama bal verimi bakımından 4.92±0.84 kg/koloni ile KfSt grubu birinci sırada yer alırken, 4.88±0.7 kg/koloni ile KrAh grubu ikinci, 4.82±0.53 kg/koloni ile KrSt grubu üçüncü ve 4.00±0.78 kg/koloni ile KfAh grubu ise dördüncü olmuş ve grupların ortalama bal verimleri 1.2 kg/koloni ile 6.9 kg/koloni arasında değişmiştir (Tablo 1). Nitekim, 2024 yılı bal üretim sezonunda bölge arıcılarıyla yapılan görüşmelerde de genel olarak koloni başına ortalama 5 kg bal aldıklarını ifade etmişlerdir.

Tablo 1. Grupların ortalama süzme bal verimleri (kg/koloni)

Table 1. Average filtered honey yields of the groups (kg/colony)

Gruplar	n	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Min	Max
KfSt	5	4.92±0.84	2.3	6.9
KfAh	5	4.00±0.78	1.2	5.4
KrSt	5	4.82±0.53	3.2	6.4
KrAh	5	4.88±0.7	3.2	6.7
Genel	20	4.66	1.2	6.9

KfSt: Kafkas Strafor, KfAh: Kafkas ahşap, KrSt: Karniyol strafor, KrAh: Karniyol ahşap

Ergin arı gelişimi, kuluçka etkinliği, nektar akımı dönemi ağırlık kazancı ve uçuş etkinliği bakımından KrAh grubu en yüksek ortalamalara sahip olurken, ortalama bal verimleri bakımından gruplar arasındaki farklılık önemsiz ($P \geq 0.05$) bulunmuştur.

Genç, 1996; kışlatmadan sonraki sezondaki bal verim performanslarını karşılaştırmak amacıyla yaptığı çalışmada ahşap kovanlardaki kolonilerin ortalama bal verimini 13.3 ± 1.1 kg ve strafor kovanlardakilerin bal verim ortalamaları ise, 9.9 ± 1.3 olarak tespit etmiştir.

Yürütülen denemede verim parametrelerinden nektar akım dönemi öncesi kovan ağırlığı, nektar akım dönemi sonrası kovan ağırlığı ve bal verimleri bağımsız değişkenlerinin kendi arasındaki ilişkilerini belirlemesi amacıyla korelasyon analizi yürütülmüştür. Verim parametrelerinden nektar akım dönemi öncesi kovan ağırlığı ile nektar akım dönemi sonrası kovan ağırlığı pozitif yönde korelasyon gösterirken bal verimi ile negatif yönde bir ilişki göstermiştir. Nektar akım dönemi sonrası kovan ağırlığı ise bal verimi ile pozitif yönde bir korelasyon göstermiştir. Nektar akım dönemi öncesi kovan ağırlığı ile nektar akım dönemi sonrası kovan ağırlığı parametreleri arasındaki pozitif korelasyon ise istatistiki açıdan önemli olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Bu çalışmada bal veriminin düşük çıkmasının en temel sebepleri olarak mevsimsel sıcaklık ve yağışların düzensizliği olduğu düşünülmektedir. Malatya’da ilkbaharda havaların aşırı yağışlı olması sebebiyle kolonilerde ergin arı gelişimi ve kuluçka etkinliği düşük olmuştur. Bu nedenle, nektar akımına zayıf kolonilerle girilmesi ve sezonun kurak geçmesi nedeniyle koloni başına bal üretiminin çok az gerçekleştiği ifade edilebilir.

Tablo 2. Fizyolojik karakterler arası ilişkiler ve önem düzeyleri

Table 2. Relationships between physiological characters and their significance levels

	Nektar akım dönemi öncesi kovan ağırlığı	Nektar akım dönemi sonrası kovan ağırlığı	Bal verimi
Nektar akım dönemi öncesi kovan ağırlığı	1	0,627**	-0,178
Nektar akım dönemi sonrası kovan ağırlığı	0,627**	1	0,269
Bal verimi	-0,178	0,269	1

** . Korelasyon önemlidir ($p < 0.01$).

Bu araştırmada, farklı tip materyallerden (strafor ve ahşap) imal edilmiş Langstroth tipi kovanlarda barındırılan Kafkas ve Karniyol bal arılarının Malatya koşullarında bazı fizyolojik özellikleri incelenmiştir. Araştırmada;

1. Yapılan çoklu karşılaştırma testine göre, dönemlerde arılı çerçeve sayıları bakımından Dönem I ve Dönem II'ye ait ortalamalar arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur. Ahşap ve strafor kovanlarda barındırılan Kafkas ve Karniyol kolonilerinde Dönem I ve Dönem II boyunca ortalama arılı çerçeve sayılarında bir artış olmamış, arılı çerçeve sayıları aynı kalmıştır. Dönem III ve Dönem IV arasındaki farklılık ise önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Denemede koloni başına ortalama arılı çerçeve sayıları KfSt, KfAh, KrSt ve KrAh grupları için sırasıyla 8.3 ± 0.48 adet, 8.4 ± 0.49 adet, 8.4 ± 0.49 adet ve 9.0 ± 1.15 adet olarak tespit edilmiştir.

2. Gruplar kendi aralarında değerlendirildiğinde nektar akım dönemi öncesi kovan ağırlığı ve nektar akımı dönemi sonrası kovan ağırlığı istatistiki analiz sonuçlarına göre gruplar arasındaki karşılaştırmada parametreler istatistiksel olarak önemli ($P>0.05$) görülmüştür.

3. Denemede gruplar uçuş etkinliğine göre kendi arasında uygulanan tek yönlü varyans analizine göre gruplar arasındaki uçuş etkinliklerinde 1, 2, 9 ve 10. haftalarda istatistiki açıdan önemli bulunmazken, diğer hafta uçuşlarındaki karşılaştırmalar istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

4. Bal verimlerine uygulanan tek yönlü varyans analizi sonucunda bal verimi bakımından gruplar arasındaki fark önemsiz tespit edilmiştir. Ortalama bal verimi bakımından $4,92\pm0,84$ kg/koloni ile KfSt grubu birinci sırada yer alırken, $4,88\pm0,7$ kg/koloni ile KrAh grubu ikinci, $4,82\pm0,53$ kg/koloni ile KrSt grubu üçüncü ve $4\pm0,78$ kg/koloni ile KfAh grubu ise dördüncü sırada yer almıştır.

Çalışmada strafor kovan ve ahşap kovanlarda barındırılan Karniyol ve Kafkas ırkı arılarının Malatya koşullarında gruplar arasında ergin arı gelişimi, kuluçka etkinliği bakımından Dönem I ve Dönem II'de bir farklılık olmazken, Dönem III ve Dönem IV'de gruplar arasında farklılık gözlenmiştir. Son iki dönemde ergin arılı çerçeve sayısı, kuluçka etkinliği gibi özelliklerde bir artış gözükse de bu artış kısıtlı olmuş ve üretim sezonu sonunda gruplardan elde edilen bal verimleri arasında bir farklılık olmazken, aynı zamanda koloni başına bal verimi düşük olmuştur.

Sonuç ve Öneriler

Adaptasyon yeteneği ile ilgili olarak bal arılarında davranım, fizyolojik ve morfolojik özelliklerin belirlenmesi gelecek yıllar için önem arz etmektedir. Üzerinde durulan kantitatif karakterler için genotip, çevre faktörlerinin belirlenebilmesi yanında bu iki faktörün korelasyonu yönündeki çalışmaların olumsuz gelişen ekolojik faktörlere hazırlıklı olunması bakımından gereklilik arz etmektedir. Arıcılığın bal üretim aşamasında kullanılan malzemelerin ve çevre koşullarının bal üretimi açısından önemi dikkate alındığında, arıların genetik potansiyelinin ortaya çıkarılmasında iyileşen genotip, iyileşen çevre ister ilkesi göz önüne alınarak çalışmalarda bal üretimine etki eden faktörlerin etki payı ve miktarını belirlemeye yönelik çalışmalara daha çok yer verilmesi gerekmektedir.

Elde ettiğimiz bu çalışma bulgularına göre bal verimi bakımından gruplar arasında farklılık olmadığından dolayı; Malatya koşullarında arıcılık sektöründe bal üretiminde strafor

veya ahşap kovanlarda barındırılan Kafkas veya Karniyol bal arısı ırkından herhangi birinin tercih edilebileceği söylenebilir.

Teşekkür

Malatya Turgut Özal Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Projeler (BAP) Koordinasyon Birimi'ne (Proje No: 24Y02) teşekkür ederim.

Etik Kurul

Arılar böcek sınıfı sayıldığından etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır.

Kaynaklar

- Akdeniz, G., Aktürk, S., Kılıçin, T., (2014). İklim değişikliklerinin Ordu ilindeki bal arısı (*Apis mellifera* L.) kolonileri üzerine olası etkileri. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 6(11): 8-12. ISSN 2146-2720.
- Akyol, E., Özkök, D., Kaya, A., (1999). Hadim bölgesinde Muğla, Yerli ve Kafkas bal arısı (*Apis mellifera* L.) genotiplerinin koloni gelişimi ve bal verimi özellikleri bakımından karşılaştırılarak bölge için en uygun genotipin belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Teknik Arıcılık*, 64, 10-15.
- Balcı, S., (2024). The position of honey and kashar cheese in the formation of the gastronomic identity of Ardahan and Kars cities. *Motif Akademi Halkbilimi Dergisi*, 2024, Cilt: 17, Sayı: 46, 562-578. DOI Number: 10.12981/mahder.1479041.
- Cengiz, M.M., Yazıcı, K., (2018). Ardahan yöresinde bal arısı (*Apis mellifera* L.) kolonilerinde kışlama kayıpları ve muhtemel sebepleri üzerine bir anket. *Uludağ Bee Journal*, 18 (2): 111-122
- Cengiz, E.H., Genç, F., Cengiz, M.M., (2019). The effect of The two-queen colony management practice on colony performance and varroa {Varroa Destructor Anderson&Trueman} infestation levels in honey bee {*Apis mellifera* L.} colonies. *Uludağ Bee Journal*, 19(1): 1-11.
- Çetin, U., (2004). Isı değişimlerinin arı kayıplarına etkileri. *Uludağ Arıcılık Derg.*, 4: 171-174.
- Doğaroğlu, M., Özder, M., Polat, C., (1992). Türkiye'deki önemli bal arısı (*Apis mellifera* L.) ırk ve ekotiplerinin Trakya koşullarında performanslarının karşılaştırılması. *Doğa-Tr.J.of Veterinary and Animal Sciences*, 16, 403-414.
- Dülger, C., (1997). Kafkas, Orta Anadolu ve Erzurum bal arısı (*Apis mellifera* L.) genotiplerinin Erzurum koşullarındaki performanslarının belirlenmesi ve morfolojik özellikleri. Doktora Tezi, Atatürk Üniv. Fen Bil. Enst. Zootekni Anabilim Dalı, Erzurum.
- Genç, F., (1996). Erzurum koşullarında ahşap ve strafor kovanlardaki bal arısı (*Apis mellifera* L.) kolonilerinin kışlatma sonrası sezondaki performanslarının karşılaştırılması. *Atatürk Üniv./Zir.Fak.Der.* 27 (3), 398-410.

- Genç, F., Dodoloğlu, A., (2002). Arıcılığın temel esasları. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Ders Yay. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Güce, S., Özden, Ö., Adeel, M., Gelişen, M.İ., Varlese, R., Prisco, G.D., Turjman, F.D., (2024). Smart Beekeeping for Cyprus in the IoT Era. Part of the book series: Advances in Science, Technology & Innovation (ASTI), Page: 305-309
- Güler, A., (1995). Türkiye'deki önemli bal arısı (*Apis mellifera* L.) ırk ve ekotiplerinin morfolojik özellikleri ve performanslarının belirlenmesi üzerine araştırmalar. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Zootehni Anabilim Dalı, Adana.
- Güler, A., (2000). Arıcılıkta yer daraltma ve ilave yemlemenin kolonilerin bazı fizyolojik özelliklerine etkileri. *Türk J Vet Anim Sci*, 24 (2000) 1-6.
- Karlıdağ, S., Köseman, A., (2015). Türkiye ve Malatya'da arıcılığın yeri ve önemi. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 7(13): 27-31.
- Kumova, U., (2000). Bal arısı (*Apis mellifera* L.) kolonilerinde farklı besleme yöntemlerinin koloni gelişimi ve bal verimi üzerine etkilerinin araştırılması. *Türkiye 3. Arıcılık Kongresi Bildiri Özetleri* 1-3 Kasım 2000 Çukurova Üniv. Zir. Fak., Adana.
- Kutlu, M.A., Mokhtarzadeh, S., Çağan, E., Kökten, K., Özdemir, S., Uçar, R., Ekmekçi, M., (2023). Bingöl ilinde bal arısı kolonilerinin arı merası ve yaylada koloni performansı üzerine bir inceleme. *Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1):8-14.
- Kutluca, S., (2003). Propolis üretim yöntemlerinin koloni performansı ve propolisin kimyasal özellikleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Zootehni Anabilim Dalı, Erzurum.
- Öztürk, C., Korkmaz, A., (2005). Karniyol arısı'nın (*Apis mellifera carnica* Pollm 1978) Türkiye arıcılığı için önemi. *Alatarım dergisi*, 4 (1): 48-51.
- Patır, S., Seçkin, M.Z., (2020). Türkiye'de kovan tiplerinin bal üretimine etkisinin eşbütünleşme analizi yöntemi ile belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi. İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4 (1): 81-92.
- Taha, A. A., (2014). Effect of hive type on strength and activity rate of honeybee colonies (*apis mellifera* l.) in Egypt. *J. Plant Prot. and Path.*, Mansoura Univ., Vol. 5 (6): 773 – 784.
- Uçak Koç, A., (2008). Kafkas (*Apis mellifera caucasica*), İtalyan (*Apis mellifera ligustica*) Irkları Ve Anadolu Arısı Ege Ekotipi (*Apis mellifera anatoliaca*) ile Bazı Melezlerinin Ege Bölgesi Koşullarında Koloni Gelişimleri. Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootehni Anabilim Dalı 84 s, Aydın, ZZO-DR-2008-001.
- Yeninar, H., (2015). Wintering Capabilities of Honey Bee (*Apis mellifera* L.) Colonies in Differently Manufactured Hives at East Mediterranean Coastline of Turkey *Uludag Bee Journal* May 2015, 15 (1): 1-9.
- Yücel, B., Kösoğlu, M., (2011). Ege bölgesi'nde Muğla ekotipi ve İtalyan melezi bal arılarının kimi performans özellikleri bakımından karşılaştırılması. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, 17 (6): 1025-1029. DOI:10.9775/kvfd.2011.5092



Peynirlerde Olgunlaşma Sürecinin Hızlandırılmasına Yönelik Stratejiler

Mehtap ÇELİK^{1*}, Metin YILDIRIM²

¹Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çorum, Türkiye.

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye.

Mehtap ÇELİK, ORCID No: [0000-0001-6929-1879](https://orcid.org/0000-0001-6929-1879), Metin YILDIRIM, ORCID No: [0000-0002-6637-916X](https://orcid.org/0000-0002-6637-916X)

MAKALE BİLGİSİ

ÖZ

Derleme

Geliş: 02.04.2024

Kabul: 27.01.2025

Anahtar Kelimeler

Peynir

Hızlandırılmış olgunlaşma

Glikoliz

Lipoliz

Proteoliz

* Sorumlu Yazar

mehtapcelik@hitit.edu.tr

Dünyada binin üzerinde peynir çeşidi bulunmakta ve Türk Gıda Kodeksine göre peynir, pıhtılaştırıcı kullanılarak süt ve türevlerinden elde edilen farklı sertlik ve yağ içeriğine sahip, çeşidine özgü özellikler taşıyan bir süt ürünü olarak tanımlanmaktadır. Peynirin duysal, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin şekillenmesinde kritik bir rol oynayan olgunlaşma süreci, mikroorganizmalar ve enzimlerin etkisiyle gerçekleşmektedir. Olgunlaşma sırasında glikoliz, lipoliz ve proteoliz gibi reaksiyonlar meydana gelmekte, bu reaksiyonların hızı ve seviyesi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu süreçte ortaya çıkan çeşitli kimyasal bileşikler, her peynir çeşidine özgü lezzet ve dokunun oluşmasını sağlamaktadır. Ancak olgunlaşma süreci, özellikle yüksek kuru madde içeriğine sahip peynirlerde yavaş ve maliyetli bir işlem olduğundan, peynir endüstrisinde bu süreci kısaltmaya yönelik stratejiler geliştirilmiştir. Olgunlaşmayı hızlandırmak için sıcaklık artırımı, enzim ilavesi, modifiye mikroorganizma kültürleri eklenmesi, yüksek basınç uygulamaları ve peynir bulamacı gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu makalede, söz konusu yöntemlerin avantajları, dezavantajları ve ticari potansiyelleri incelenmiştir.

Strategies to Accelerate the Ripening Process in Cheeses

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Review

Received : 02.04.2024

Accepted : 27.01.2025

Keywords

Cheese

Accelerated ripening

Glycolysis

Lipolysis

Proteolysis

* Corresponding Author

mehtapcelik@hitit.edu.tr

There are over a thousand types of cheese worldwide, and according to the Turkish Food Codex, cheese is defined as a dairy product with varying firmness and fat content, produced from milk and its derivatives using a coagulant, and characterized by features specific to its type. The ripening process plays a critical role in shaping the sensory, physical, and chemical properties of cheese, primarily influenced by the activity of microorganisms and enzymes. During maturation, reactions such as glycolysis, lipolysis, and proteolysis occur, with their rates and extents being influenced by numerous factors. These reactions lead to the formation of various chemical compounds that contribute to the unique taste and texture of each cheese type. However, the ripening process, particularly in cheeses with high dry matter content, is a slow and costly operation. This has driven the cheese industry to develop strategies to accelerate the ripening process. Methods such as elevated ripening temperatures, enzyme addition, the use of modified microbial cultures, high-pressure treatments, and cheese slurry additions have been employed to expedite cheese ripening. This article examines the advantages, disadvantages, and commercial potential of these methods in detail.

Lütfen aşağıdaki şekilde atıf yapınız / Please cite this paper as following;

Çelik, M., Yıldırım, M., 2025. Peynirlerde olgunlaşma sürecinin hızlandırılmasına yönelik stratejiler, Journal of Animal Science and Products (JASP) 8 (1):48-72. DOI: [10.51970/jasp.1463642](https://doi.org/10.51970/jasp.1463642)

Giriş

Kaynaklara göre farklılık göstermekle birlikte dünyada çok değişik lezzet, doku ve şekle sahip binden fazla peynir çeşidi bulunmaktadır (Fox ve ark., 2017). Türk Gıda Kodeksine göre peynir "Hammaddenin uygun bir pıhtılaştırıcı kullanılarak pıhtılaştırılması ve pıhtıdan peynir altı suyunun ayrılmasıyla ya da sütün permeatının ayrılmasından sonra pıhtılaştırılmasıyla elde edilen, farklı sertliklerde ve yağ içeriklerinde, salamura ile ya da kuru tuzlama ile tuzlanarak ya da tuzlanmadan, starter kültür kullanarak ya da kullanmadan, telemesi haşlanarak ya da haşlanmadan, çeşnili ya da çeşnisiz, tekniğine uygun olarak üretilen, olgunlaştırılmadan ya da olgunlaştırıldıktan sonra tüketilen, çeşidine özgü karakteristik özellikleri gösteren süt ürünüdür" şeklinde tanımlanmaktadır (Anonim, 2015).

Olgun peynirle karşılaştırıldığında taze peynir, kazein, çok az peynir altı suyu proteini (ultrafiltre süttten yapılan peynirler hariç), yağ, çok az laktoz (süzme aşamasında ~%1), laktik asit (~%1), sitrik asit (%0.2), NaCl (%0.7-6.0) ve su içeren nispeten basit bir karışımdır (Fox ve ark., 2017). Peynirde olgunlaşma; her peynir çeşidinin kendine özgü duysal, fiziksel ve kimyasal özellikleri kazanabilmesi için belirli şartlar altında ve belirli sürelerde geçirdiği fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve enzimatik değişikliklerin toplamı olarak tanımlanabilir. Bu süreçte en etkin görevi mikroorganizmalar, özellikle de laktik asit bakterileri üstlenmektedir. (Fox ve McSweeney, 1996; Upadhyay ve McSweeney, 2003).

Boyut, mikrobiyal flora ve asitlik düzeyindeki farklılıklar nedeniyle peynirlerin olgunlaşma koşulları da farklılık göstermektedir. Tüm peynir çeşitlerinde ilk gerçekleşen olay asit üretimidir. Olgunlaşma işlemi, yumuşak peynirlerde dıştan içe doğru, sert ve yarı sert peynirlerde ise peynirin tüm kitlesinde eşit bir şekilde gerçekleşmektedir (Azarnia ve ark., 2010; Fox ve ark., 2017). Peynir, süt, starter kültür ve çevresel bulaşmalar gibi farklı kaynaklardan gelen mikroorganizma gruplarının oluşturduğu karmaşık bir ekosistem olarak değerlendirilebilir. Bu mikroorganizma gruplarının olgunlaşma döneminde laktoz, protein ve yağı kullanma şekilleri her peynir çeşidinin kendine özgü duysal özelliklerinin oluşumunda temel katkı sağlayan faktördür. Olgunlaşma sırasında gerçekleşen glikoliz, lipoliz ve proteolizin (Şekil 1) hızı ve düzeyi pıhtılaştırıcı enzimin çeşidi ve peynirde kalan miktarı, starter olan ve olmayan mikroorganizmaların durumu, enzim ilavesi, üretim teknolojisi, üretim ve olgunlaşma sırasındaki çevre koşulları gibi birçok faktörden etkilenir (Forde ve Fitzgerald, 2000; Upadhyay ve McSweeney, 2003). Bu birincil reaksiyonlar sonucu oluşan ürünlerin ileri düzeyde dönüşüme uğraması ile her peynirin kendine özgü lezzeti ortaya çıkar (McSweeney ve Sousa, 2000; Azarnia ve ark., 2010). Peynir çeşitlerinin çoğunluğu üretimin hemen sonrasında kimyasal bileşim ve doku açısından temel olarak benzerlik göstermekle birlikte olgunlaşma aşamasında peynirin maruz kaldığı koşullar her peynir çeşidi için farklı lezzet ve dokunun gelişmesine yol açar. Bu süreçte; peptitler, amino asitler, aminler, tiyoller, tiyoesterler, yağ asitleri, yağ asidi esterleri, laktonlar, metil ketonlar, asetik asit, propiyonik asit gibi organik asitler, alkoller ve karbon dioksit oluşmaktadır (El Soda, 1993; Forde ve Fitzgerald, 2000; Upadhyay ve McSweeney, 2003; McSweeney, 2004; Üçüncü, 2008).

Peynirin olgunlaşması tam olarak kontrol edilemeyen, yavaş (özellikle de düşük su içerikli peynirlerde) ve pahalı bir süreçtir. Soğutma, işçilik ve diğer işletme giderlerini azaltmak ve sınırlı üretim alanından optimum düzeyde yararlanmak için olgunlaşma süresinin kısaltılması peynir endüstrisi açısından çok önemlidir (Azarnia ve ark., 2006). Olgunlaşma

yüksek basınç uygulaması ve peynir bulamacı ilavesi gibi stratejiler ile enzimatik aktivitenin artırılarak olgunlaşmanın hızlandırılması hedeflenmektedir (Fox ve McSweeney, 1996; Calasso ve ark., 2015). Tablo 1’de bu stratejilerin avantaj ve dezavantajları özetlenmiştir.

Tablo 1. Olgunlaşma süresini kısaltmak için kullanılan stratejilerin avantaj ve dezavantajları
Table 1. Advantages and disadvantages of strategies used to shorten ripening time.

Stratejiler	Avantajlar	Dezavantajlar
Fiziksel Stratejiler		
<i>Olgunlaşma sıcaklığının yükseltilmesi</i>	- Basit, ucuz ve etkilidir. - Yasal bir sınırlama mevcut değildir. - Glikoliz, proteoliz ve lipoliz dikkate değer ölçüde hızlanır.	- Mikrobiyal bulaşmalar hem insan sağlığı hem de peynir kalitesi açısından büyük bir risk oluşturur. - Bütün biyokimyasal reaksiyonlar hızlandığı için lezzet gelişimi dengesiz hale gelebilir. - Bütün peynir çeşitlerine uygulanamaz. - Biyojenik aminlerin miktarında artış görülebilir. - Peynir dokusunun bozulması ve yağ sızması görülebilir. - Yüksek düzeyde D-laktik asit oluşumu gerçekleşebilir.
<i>Peynir işlenecek sütün düşük basınçta homojenizasyonu</i>	- Pıhtılaşma süresini kısaltır. - Peynirde verim artışı sağlar. - Peynir kitlesinin beyazlığını artırır. - Yağın hidrolizini teşvik edip metil keton oluşumunu artırır. - Peynir altı suyu ile yağ kaybını azaltır.	- Zayıf pıhtı oluşturur. - Sinerezi azaltır. - Aşırı miktarda serbest yağ asidi oluşumuna yol açar. - Süt proteinleri üzerinde olumsuz etkiye sahiptir.
<i>Peynir işlenecek sütün yüksek basınçta homojenizasyonu</i>	- Enzim aktivitesinin kontrol edilmesini sağlar. - Sütün rennet ve asitle pıhtılaşmasını kolaylaştırır. - Peynirde verim artışı sağlar. - Peynirde daha sert, daha elastik ve daha az kırılgan bir dokuya yol açar. - Kazeinin proteolitik enzimlere duyarlılığını artırması nedeniyle proteolizin hızlanmasına yol açar.	- Peynir kitlesinde tutulan su miktarında artışa yol açar. - Kazein misel yapısı bozulabilir. - 200 MPa ve üzerindeki basınçlar lipoprotein lipazını inaktive ettiğinden daha düşük lipoliz düzeyi görülür.
<i>Telemeye/Peynir yüksek (hidrostatik) basınç uygulanması</i>	- Patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların çoğunluğu imha edilir. - Uygulanan basınca bağlı olarak enzimlerin aktivitesi artar veya azalır. - Mikroorganizmaların zarar görmesi nedeniyle hücre içi enzimleri peynir kitlesine salınır.	- Peynir kitlesinde tutulan su miktarı artar. - Peynirin mikro-yapısı ve dokusunda değişime neden olur. - Kazein misel yapısı bozulabilir. - β-laktoglobulin ve α-laktalbumin denatüre olabilir.
Modifiye edilmiş kültür kullanımına yönelik stratejiler		
<i>Fiziksel, kimyasal veya enzimatik olarak modifiye edilmiş starter kültür ilavesi</i>	- Isıl işlem, dondurma-çözme, donuk veya püskürtürerek kurutma, lizozim, faj ve kimyasal çözeltilere maruz bırakma ve ultra ses uygulaması yardımıyla mikrobiyal enzim sistemlerinin etkinliği değiştirilir.	- Bazı kimyasalların kullanımı yasal değildir. - Modifiye edilmiş ve edilmemiş kültür hücreleri arasındaki dengenin korunmaması sorun oluşturabilir.
<i>Genetik olarak modifiye edilmiş starter kültür ilavesi</i>	- Doğal veya müdahale yoluyla genetik modifikasyon mikroorganizma enzim sistemlerinin etkinliğini artırır. - Starter kültür oranı artırılarak hem proteolizin daha hızlı gerçekleşmesi hem de normal asitlik gelişiminin sağlanması mümkün olmaktadır.	- Genetik modifikasyona karşı tüketici tepkisi söz konusudur. - Bazı ülkelerde izin verilmemektedir.
Bulamaç sistemi stratejisi	- Proteoliz ve lipoliz hızı artar. - Duyusal ve dokusal özellikler iyileşir.	- Mikrobiyal bulaşmaya yol açabilmektedir. - Anormal lezzet gelişimi görülebilmektedir.
Enzim ilavesine yönelik stratejiler	- Enzimler substrat spesifik olduklarından sadece istenilen reaksiyonun hızlanmasını sağlarlar.	- Tedariki zor ve pahalıdır. - Bazı ülkelere yasaklanmıştır. - Peynir kitlesindeki enzim aktivitesini kontrol etmek çok mümkün değildir. - Peynir kitlesinde homojen dağılımı zordur. - Peynir altı suyu enzimle kontamine olur. - Aşırı proteoliz verim kaybına yol açabilir. - Peynirlerde lezzet ve doku kusurlarına neden olabilir.

Fiziksel Stratejiler

Olgunlaşma sıcaklığının yükseltilmesi

Sıcaklığı yükselterek olgunlaşmanın hızlandırılmasına yönelik uygulamalar 1980’li yıllarda başlamış olup teknolojik açıdan basit ve ucuz bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca herhangi bir yasal engelin bulunmaması da önemli bir avantajdır (Vélez ve ark., 2023). Enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar, belirli bir değere kadar sıcaklık arttıkça hızlandığından, lezzet bileşiklerinin oluşumundan sorumlu biyokimyasal reaksiyonlar da hızlanmakta ve böylece olgunlaşma daha kısa sürede tamamlanabilmektedir (Fox, 1993).

Olgunlaşma odalarındaki sıcaklık, peynir çeşidine göre değişmekle birlikte genel olarak 6-8°C’dir. Olgunlaşmanın 10°C’nin altında gerçekleştirilmesi peynirin kalitesi ve mikrobiyal güvenliği açısından oldukça önemlidir (Fox, 1988; Azarnia ve ark., 2006). Bununla birlikte olgunlaşma sıcaklığının yükselmesi proteinlerin parçalanmasını hızlandırdığından olgunlaşma süresi belirgin bir şekilde kısalmaktadır. Ancak olgunlaşmanın sorunsuz bir şekilde gerçekleşmesi için mikrobiyal bulaşma olmaması, sütün ve ilave edilen diğer maddelerin istenilen nitelikte olması gerekmektedir (El Soda, 1986; Üçüncü, 2008). Ayrıca bu işlem sonucunda bütün biyokimyasal reaksiyonlar hızlandığı için peynirde dengesiz bir lezzet gelişimi de gerçekleşebilmektedir (Law, 2001; Azarnia ve ark., 2006). Yüksek nem, düşük tuz veya yüksek pH değerlerine sahip peynir çeşitleri çoğunlukla yüksek sıcaklıklarda olgunlaşmaya pek uygun değildir. Peynir kalitesinin bozulmaması, intoksikasyon veya enfeksiyona yol açabilen mikroorganizmaların sorun oluşturmaması için bu yöntemde hijyen kurallarının çok titizlikle uygulanması zorunludur (Azarnia ve ark., 2006; Sihufe ve ark., 2010). Yapılan çalışmalarda, 8°C’nin üzerinde olgunlaştırılan peynirlerde daha yüksek toplam bakteri sayısı tespit edilmiştir (Azarnia ve ark., 2006).

Sıcaklığın yükseltilmesi laktik asit bakterilerinin dekarboksilaz aktivitesini arttırdığı için histamin, tiramin, pütresin ve kadaverin gibi biyojenik aminlerin miktarında da artış görülebilmekte ve sonuçta da bu aminlere duyarlı kişiler sağlık sorunları yaşayabilmektedir. Örneğin histamin zehirlenmesi veya yüksek tiramin içeriğine bağlı olarak gelişen ve “peynir reaksiyonu” olarak adlandırılan yüksek tansiyon görülebilmektedir (Stratton ve ark., 1991). Olgunlaşma sıcaklığının 20°C’nin üzerine çıkması peynir dokusunun bozulmasına ve yağ sızmasına neden olabilmektedir. Bu durum olgunlaşmayı hızlandırmak için en basit yol olmasına karşın sıcaklığın arttırılması yönteminin kullanımını önemli ölçüde sınırlandırmaktadır (Fox ve McSweeney, 1996).

Yüksek olgunlaşma sıcaklıkları, starter olmayan laktik asit bakterilerinin aşırı gelişimi sonucunda yüksek düzeyde D-laktik asit oluşumuna yol açabilmektedir. D-laktat, kısmen peynirde kalan laktozun bu bakteriler tarafından fermente edilmesi kısmen de L-laktatın izomere edilmesi sonucunda oluşmaktadır. L-laktatın izomere edilmesi lezzet açısından çok önemli bir sorun olmamakla birlikte D-laktat özellikle bebeklerde beslenme açısından istenmeyen sonuçlar doğurabilmektedir. Kalsiyum D-laktatın çözünürlüğü kalsiyum L-laktata oranla daha düşük olduğundan özellikle yeni kesilen peynir yüzeylerinde kalsiyum D-laktat istenmeyen beyaz benekler şeklinde kristallere dönüşebilmektedir (Fox ve ark., 1990).

Nunez ve ark. (1986), Manchego peynirini 20°C’de olgunlaştırdıklarında fosfatogustik asitte çözünür azot ve serbest yağ asidi içeriğinin 5°C’de olgunlaştırmaya göre %90 kadar daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Fedrick ve ark. (1986) tarafından yapılan çalışmada,

Cheddar peyniri üretiminde olgunlaşmayı hızlandırmak için peynir pıhtısına laktoz-negatif (Lac⁻), proteinaz negatif (Prt⁻) starter ve Neutrase enzimi ilave ederek olgunlaşma sıcaklığını 8°C'den 16°C'ye yükseltmişlerdir. Araştırmacılar çalışma sonucunda olgunlaşma süresinin yarıya indiğini belirlemiştir.

Olgunlaşma sıcaklığının 5-8°C'den 13-15°C'ye çıkartılması gibi basit bir yöntemle yasal engeller olmaksızın iyi bir bileşime ve mikrobiyal kaliteye sahip peynir elde edilebildiği saptanmıştır (Fox, 1993). Yüksek olgunlaşma sıcaklıklarında hızla ortaya çıkabilen yumuşak ve pütürlü yapı sorunu olmaksızın Cheddar peynirinin olgunlaşma süresini %60-75 oranında kısaltan 12°C'de olgunlaştırma işlemi endüstriyel boyutta da kabul görmüş bir uygulamadır (Law, 2001). Ancak böyle bir uygulamaya tabi tutulacak peynirin iyi bir kimyasal ve mikrobiyolojik kaliteye sahip olması gerektiği önemle vurgulanmıştır (Fedrick ve ark., 1986; Fox, 1993).

Peynir işlenecek sütün düşük basınçta homojenizasyonu

Lipoliz, birçok peynir çeşidi için çok önemli bir reaksiyon olmamakla birlikte küfle olgunlaştırılan Mavi küflü, Brie, Roquefort gibi peynirler ile Parmesan, Grana Padano gibi sert İtalyan peynirlerinde lezzet gelişiminde lipolizin önemi büyüktür. Bu tip peynirlerde, süt kaynaklı lipoprotein lipazı, starter ve starter olmayan laktik asit bakterileri ile küf kaynaklı esteraz enzimleri lipolize yol açar. Kısa zincirli yağ asitlerince zengin olması nedeniyle peynirde lezzet gelişimine önemli ölçüde katkıda bulunan süt yağı, koruyucu globül membranı nedeniyle normal koşullarda lipoprotein lipazı tarafından hidrolize edilemez. Hidrolizasyon için süt yağı globül membranının homojenizasyon, çalkalama, dondurma gibi işlemlerle parçalanması gerekir (Collins ve ark., 2003).

Homojenizasyon işlemiyle sütteki yağ kürecikleri parçalanarak yüzey alanlarının 5-10 kat artması sağlanır. Patojen mikroorganizmaları ve ransit tada neden olan lipoprotein lipazını imha etmek için içme sütü üretiminde homojenizasyon işlemi daima ısıl işlemle birlikte uygulanır. Peynir altı suyu ile yağ kaybını azaltmak, yağ ayrılmasını engellemek ve duysal nitelikleri geliştirmek gibi amaçlarla peynir üretiminde kullanılacak süte homojenizasyon işlemi uygulanır. Ancak homojenizasyon işlemi, peynir mayasıyla pıhtılaşma süresinin kısalması, sinerezin azalması, zayıf pıhtı oluşumu, verimin artması ve aşırı miktarda serbest yağ asitleri oluşumu gibi etkilere de sahiptir (Vélez ve ark., 2023).

Mavi küflü peynir üretiminde sütün homojenizasyonu, yağın hidrolizini teşvik eder. Hidroliz sonucunda meydana gelen serbest yağ asitlerinin katabolizmasıyla metil keton gibi uçucu bileşiklerin oluşumu peynirde lezzet gelişimini sağlar. Ayrıca homojenizasyon işlemi peynir kitlesinin beyazlığını ve opaklığını da artırır. Bu durum Mavi küflü peynirde arzu edilen beyaz arka plan ile mavi damarlar arasındaki karışıklığın artmasını sağlar (Johnson, 2011).

Homojenizasyon işlemi, peynir olgunlaşmasının hızlandırılmasına yönelik çalışmalarda da kullanılmıştır. Deegan ve McSweeney (2013) farklı basınçlarda (0.5 ve 10 MPa) homojenize edilip 37°C'de 1 saat bekletilen ve sonra 63°C'de 30 dakika pastörize edilen süttten ürettikleri Cheddar peynirinde lipoliz düzeyini incelemiştir. Olgunlaşma boyunca en yüksek serbest yağ asitleri 10 MPa basınçta homojenize edilen süttten üretilen Cheddar peynirinde tespit edilmiştir. Homojenize edilmeyen süttten üretilen peynirlerde α_{s1} -kazeinin; homojenize edilen süttten üretilen peynirlerde ise β -kazeinin daha fazla hidrolize uğradığı gözlenmiştir.

Homojenizasyon işleminin süt proteinleri üzerindeki olumsuz etkilerini engellemek amacıyla %14 yağlı kremanın 13.8 MPa (birinci aşama 10.3 MPa ve ikinci aşama 3.5 MPa) basınçta homojenizasyonu, %9,5 yağ içerecek şekilde yağsız süt ile standardizasyonu, pastörizasyonu ve sonrasında farklı oranlarda lipaz enzimi ilavesiyle Mavi küflü peynir üretimi gerçekleştirilmiştir (Cao ve ark., 2014). Araştırmacılar homojenizasyon işlemi ve lipaz ilavesinin daha yüksek serbest yağ asitleri ve metil keton oluşumuna yol açtığını saptamıştır.

Peynire işlenecek sütün yüksek basınçta homojenizasyonu

Günümüzde, yüksek basınç homojenizatörleri ve mikro sıvılaştırıcılar gibi yeni homojenizasyon araçları geliştirilmiştir. Bu araçlarla yüzlerce MPa basınca çıkılabilmekte ve sonuçta da yağ küreciklerinin çok daha küçük boyutlara indirilmesi mümkün olabilmektedir. (Guamis ve ark., 2000; Kavinila ve ark., 2023). Kullanılan basınca bağlı olarak bu teknik, yüksek basınç (YB) homojenizasyonu (150-200 MPa) ya da ultra yüksek basınç (UYB) homojenizasyonu (350-400 MPa) ismini almaktadır. Literatürde bu tür uygulamalara yüksek dinamik basınç uygulaması ismi de verilmektedir. Çok daha yüksek basınç uygulanmasının dışında her iki teknik de süt endüstrisinde kullanılan geleneksel homojenizasyona benzerlik göstermektedir. Yüksek ve ultra yüksek basınç homojenizasyon işlemleri minimum düzeyde işlenmiş güvenli ve besleyici gıda üretmek için geliştirilmiştir. Bu homojenizasyon teknikleri sütteki mikroorganizmaları imha etmek, çok ince ve kararlı emülsiyonlar oluşturmak, süt ve süt ürünlerinin pıhtılaşma ve reolojik özelliklerini modifiye etmek gibi amaçlarla kullanılmıştır. Yüksek basınç uygulamasının, enzim aktivitesini kontrol edilmesini sağladığı, sütün rennet ve asitle pıhtılaşmasını kolaylaştırdığı ve peynir verimini arttırdığı bildirilmiştir (Vélez ve ark., 2023).

Kheadr ve ark. (2002), 200 MPa basınçta 28°C giriş sıcaklığında ve birer dakikalık 5 tekrarlar homojenize edilen süttten üretilen Cheddar peynirinin reolojik özelliklerini ve mikroyapısını incelemiştir. Bu amaçla %3.4 yağlı, yağsız (peynir üretiminden önce pastörize krema ile %3.4 yağ içerecek şekilde standardize edilen) ve %2 yağlı sütleri homojenize edip peynir üretmişlerdir. Kontrol olarak 72°C'de 15 saniye pastörize edilen %3.4 yağlı süttten üretilen peynir kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, homojenizasyon işlemi ile kazein miselleri ve yağ küreciklerinin boyutunda dikkate değer bir azalma gözlenmiştir. Homojenize süttten üretilen peynirlerin pastörize süt peynirlerine oranla daha fazla su ve protein içeriğine ve daha yüksek verime sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca homojenize yağlı süt ve homojenize %2 yağlı süttten üretilen peynirler pastörize süt peynirine oranla çok sıkı (çok sayıda oldukça küçük yağ kürecikleri içeren) ve düzenli bir kazein matrisi oluşumu nedeniyle daha sert, daha elastik ve daha az kırılğan bir dokuya sahip olmuştur. Homojenize yağsız süttten (üretim öncesi pastörize krema ile standardize edilen) üretilen peynirin ise pastörize süt peynirine yakın dokusal özellikler sergilediği saptanmıştır.

Yüksek basınç uygulamalarında temel amaç olgunlaşmayı hızlandırmak olmamakla birlikte homojenizasyon işlemiyle lipolizin arttığı, lipoliz düzeyinin kullanılan basınca bağlı olarak değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Basıncın 100 MPa'dan 200 MPa seviyelerine çıkartılması lipoprotein lipazının inaktivasyonuna yol açabilmektedir. Yapılan bir çalışmada, 200 MPa basınçta (giriş sıcaklığı 30°C) homojenize edilen keçi süttünden üretilen peynirlerdeki lipoliz ve proteoliz düzeyi düşük basınçta (birinci aşama 18 MPa ve ikinci aşama 2 MPa) homojenizasyon sonrasında pastörize edilen (72°C'de 15 saniye) süttten üretilen peynir ve

sadece pastörize edilen (72°C’de 15 saniye) süttten üretilen peynir ile karşılaştırılmıştır. Yüksek basınçta homojenize edilen süttten üretilen peynirdeki lipoliz düzeyinin sadece pastörize süttten üretilen peynire benzer olduğu, ancak düşük basınçta homojenize edilen süttten üretilen peynirde lipoliz düzeyinin çok daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Yüksek basınçta homojenize edilen süttten üretilen peynirin düşük basınçta homojenize edilen süttten üretilen peynire oranla daha düşük bir lipoliz düzeyine sahip olması hem yüksek basınç uygulamasının hem de sıcaklığın çok kısa bir süre için (≤ 0.7 saniye) 82.75°C’ye kadar yükselmesinin etkisiyle lipoprotein lipazının imha olmasına bağlanmıştır. Yüksek basınç uygulanmış pastörize süttten elde edilen peynirlerde, sadece pastörizasyon uygulanan süttten üretilen peynirlere oranla α_{s2} -kazein, β -kazein ve para- κ -kazeinin daha yüksek düzeyde hidrolize uğradığı saptanmıştır. Bu durumun homojenizasyon sonucunda kazeinlerin proteolitik enzimlere açık yüzey alanlarının artmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Juan ve ark., 2015; Juan ve ark., 2016).

Telemeye/Peynir yüksek (hidrostatik) basınç uygulanması

Yüksek hidrostatik basınç teknolojisi olarak da adlandırılan yüksek basınç uygulaması termal olmayan ancak ısı işleme benzer faydalar sağlarken gıda kalitesine minimum düzeyde zarar veren bir tekniktir. Bu teknikte, gıdalardaki birçok mikroorganizmayı oda sıcaklığında bile imha eden ancak vitamin, lezzet ve renk moleküllerine önemli bir zarar vermeyen 900 MPa (yaklaşık 9000 atm) kadar yüksek basınçlar kullanılır. Yüksek hidrostatik basınç uygulaması kesikli bir işlem olup genellikle 35-350 L kapasiteli tanklarda uygulanır. Bu amaçla paketlenmiş gıda maddesi yüksek basınç uygulanacak tanka yerleştirilir ve ardından yüksek basınç ortamı olarak genellikle su pompalanarak istenilen basınca ulaşılır. Basınç isostatik olarak uygulandığı için boyut ve şekilden bağımsız olarak gıdanın her tarafı eşit basınca maruz kalır. Yüksek basınç uygulaması sırasında her 100 MPa’lık basınca karşılık sıcaklık 3-9°C’lik bir artış gösterirken basıncın kaldırılması sırasında sıcaklık daha düşük bir oranda azalma gösterir. Yaygın olarak kullanılan yüksek basınç uygulama koşullarda patojen ve bozukluk yapan mikroorganizmaların çoğunluğu imha edilir. *Clostridium botulinum* gibi spor oluşturan bakterilerin sporlarının imhası daha aşırı koşullara veya kombine uygulamalara ihtiyaç gösterir. Yüksek basınç uygulamasının laktik asit bakterileri üzerindeki etkinliği suşa bağlı olarak değişirken bu uygulama enzimleri de inaktive edebilir. Konu edilen uygulamadan protein ve lipitler de etkilendiği için peynirin mikro-yapısı ve dokusu da değişime uğrayabilir. Kazein misel yapısının parçalanması ve β -laktoglobulin ile α -laktalbuminin denatürasyonu gerçekleşebilir. Yağ küreciklerinin boyutu 20°C’de 30 dakika süreyle uygulanan 100-600 MPa arasındaki basınçtan önemli ölçüde etkilenmemektedir. (Huppertz ve ark., 2002; Xia ve ark., 2020).

Sütün raf ömrünün yüksek basınç uygulamasıyla uzatılabileceği 19. yüzyıl sonlarında gösterilmiş olmasına karşın uygun ekipmanın kolaylıkla bulunamaması nedeniyle daha ileri çalışmalar 20. yüzyılın ortalarına kadar yapılamamıştır. Yüksek basıncın peynire uygulanmasına ilişkin ilk bilgiler Yokoyama ve ark. (1992) tarafından alınan patentte yer almıştır. Söz konusu patentte, yüksek aktiviteye sahip proteolitik enzim ilavesi ve yüksek basınç (50 MPa, 3 gün 25°C) uygulaması birlikte gerçekleştirildiğinde 3 gün içerisinde tat ve serbest amino asit miktarı açısından Cheddar peynirinde 6 aylık olgunlaşmaya eşdeğer bir düzeye ulaşıldığı belirtilmiştir. Reps ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada, 50 MPa basıncın Camembert peynirinde yüksek bir proteoliz düzeyine yol açtığı ancak Gouda ve Kurpiowski peynirlerinde önemli bir etki oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Yüksek basınç (400 MPa) uygulanan keçi peynirinin daha iyi su tutma yeteneğine ve olgunlaşmanın bütün dönemlerinde kontrol peynirine oranla daha yüksek su içeriğine sahip olduğu saptanmıştır. Uygulanan 400 MPa'lık basınç sonucunda keçi peynirinde görülen yüksek nem ve pH, proteolizin artmasına yol açmıştır. Bu nedenle tam olgunlaşmaya ulaşmak için gerekli olan sürenin 400 MPa basınç uygulamasıyla %50 oranında kısaltılabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Saldo ve ark., 2000).

Cheddar, Gouda gibi peynirler üzerinde yapılan çalışmalar yüksek basınç uygulamasının olgunlaşmayı hızlandırmada sınırlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca yüksek basınç uygulamasının olgunlaşmayı durdurmak veya yavaşlatmak için de yararlı olabileceği belirtilmiştir (Vélez ve ark., 2023).

Yüksek basınç uygulamasıyla peynir olgunlaşmasında gözlenen hızlanmanın, peynir kitlesinde tutulan su miktarının artması, bakteri enzimlerinin peynir kitlesine salınması ve basınç altında enzim aktivitesinin artmasından kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Peynir teknolojisinde yüksek basınç uygulaması peynirin raf ömrünü uzatmak ve dokusunu geliştirmek amaçlarıyla da kullanılmıştır (Guamis ve ark., 2000).

Modifiye Edilmiş Mikroorganizma Kültürleri Kullanımına Yönelik Stratejiler

Fiziksel, kimyasal veya enzimatik olarak modifiye edilmiş starter kültür kullanımı

Küçük peptitlerin ve serbest amino asitlerin oluşumunu sağlayan starter bakterilerindeki proteolitik enzim sistemi peynirin olgunlaşmasından ve lezzetinden sorumludur. Bu enzimlerin konsantrasyonunu yükseltmek amacıyla kullanılan starter bakteri oranının artırılması yönündeki çalışmalar aşırı asitlik gelişimi nedeniyle peynirde kusurlara yol açtığı için başarılı olamamıştır (Johnson ve ark., 1995; Law, 2001). Bu sorunu çözmek için kullanılan yöntemlerden bazıları, olgunlaşma sırasında çoğalamayan ve önemli miktarda laktik asit üretemeyen ancak aktif enzim salgılayabilen zayıflatılmış laktik asit bakteri hücreleri oluşturulmasını hedeflemiştir. Isıl işlem, dondurma-çözme (genellikle -20°C'de dondurup sonra çözme şeklindeki döngünün birkaç kez uygulanması), donuk veya püskürterek kurutma, lizozim ile muamele, kimyasal çözeltilere maruz bırakma ve doğal veya müdahale yoluyla genetik modifikasyon (otolizi arttırmak gibi) zayıflatıcı yöntemler olarak kullanılmıştır (Klein ve Lortal, 1999; Madkor ve ark., 2000; Law, 2001).

Mikroorganizmaların lize ve permeabilize işlemlerine dirençleri, mikroorganizma tipi, ortamın bileşimi, sıcaklığı ve gelişme fazı gibi koşullara bağlıdır. Uygulamanın hücre duvarı ve membranı üzerindeki etkisi kullanılan kimyasal, enzimatik, fiziksel veya mekanik işlemin şiddetine ve süresine bağlı olarak değişiklik gösterir (Geciova ve ark., 2002).

Proteolizi hızlandırmak ve olgunlaşma süresini kısaltmak amacıyla zayıflatılmış starter kullanımı ile ilgili ilk çalışma PetterssWilkinsonon ve Sjöström (1975) tarafından yarı sert peynir (Svecia, İsveç peyniri) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar tarafından mezofilik ve termofilik kültürlerle sırasıyla 59°C ve 69°C'de 15 saniye süreyle ısıl şok (sub-lethal) uygulanan bu çalışma ısıl şokun zayıflatılmış starter üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Isıl işlemin etkisi tam olarak aydınlatılmamış olmakla birlikte hücre duvarı ve membranından substratların taşınmasını sağlayan enzimlerin zarar görmesi, hücre membranının fiziksel olarak hasara uğraması veya β -galaktozidaz enziminin denatürasyonu muhtemel etkenler olarak sıralanmıştır. Isıl şok sonucunda bakteri hücrelerinin %0.3-30.0 arasında değişen oranlarda

canlı kaldıkları saptanmıştır (Klein ve Lortal, 1999). Daha sonraları ısı şoku ve dondurma şokuna maruz bırakılmış kültürler, Gouda (Bartels, 1987; Bartels ve ark., 1987), Ras (Abdel Baky ve ark., 1986) ve Cheddar peynirinin (Johnson ve ark., 1995) olgunlaşmasını hızlandırmak için de kullanılmıştır. Abdel Baky ve ark. (1986), ısı şoku ile zayıflatılmış laktobasil kültürü ilavesiyle üretilen peynirin kontrol peynirinden 1-2 ay önce arzu edilen lezzet ve dokuya ulaştığını tespit etmişlerdir.

Lactobacillus casei ve *Lactobacillus helveticus* hücrelerine 67°C'de 22 saniye süreyle uygulanan ısıl işlemin asit üretme yeteneğinde en yüksek, proteolitik enzimlerde ise en az zarara yol açtığı saptanmıştır. Cheddar peyniri üretiminde bu şekilde ısı şokuna maruz bırakılan laktobasillerin %1 düzeyinde kullanılmasının kontrol peynirine göre lezzet gelişimini %50 düzeyinde arttırdığı görülmüştür (El Abboudi ve ark., 1991). Daha yakın bir geçmişte, Garbowska ve ark. (2021), ısıl işlem uygulanmış *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*, *Leuconostoc pseudomesenteroides* ve *Lactobacillus helveticus* kültürlerinin Hollanda tipi peynir modelinde olgunlaşmanın hızlandığını gösteren birincil ve ikincil proteolizi arttırdığını saptamışlardır. Ardo ve Petterson (1988), ısı şokuna maruz kalan bakteri hücrelerinin kazein hidrolizinden daha çok peptitlerin parçalanmasını hızlandığını; Neutrase enzim ilavesiyle oluşan acı peptitleri giderdiğini belirlemişlerdir.

Ultra ses uygulaması da laktik asit bakterilerinin zayıflatılmasında kullanılmıştır. Ultra ses dalgaları akustik kavitasyon olarak adlandırılan ve bakteri hücre duvarı ve membranına zarar veren bir etki oluşturmaktadır (Vélez ve ark., 2023).

Yüksek basınç uygulamaları bakteri hücre duvarı ve membranına zarar vermektedir. Laktokok ve mezofilik laktobasillere yüksek basınç uygulanması sonucunda, acılığa yol açan β -kazeinin karboksil ucu kaynaklı peptitlerin miktarının arttığı saptanmıştır (Casal ve Gómez, 1999). Yüksek basınç uygulanan bakterilerin, (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* HP ve *L. lactis* subsp. *cremoris* 303, 200 MPa basınç ve 20°C sıcaklıkta 20 dakika) Cheddar peynirindeki ikincil proteolizi arttırdığı gözlenmiştir (Upadhyay ve ark., 2007).

Etanol, bütanol, izopropanol gibi alkoller ile sodyum dodesil sülfat ve hegzadesiltrimetil amonyum bromid gibi deterjanların hücre geçirgenliğinin artırılmasında etkili kimyasallar olduğu belirlenmiştir. Sodyum dodesil sülfat ile muamele edilen starter kültürün olgunlaşmayı hızlandırmak amacıyla kullanılmasına yönelik bir patent Smith ve ark. (2003) tarafından alınmıştır. Ayrıca nisin (bir bakteriyosin) gibi antibakteriyel maddeler, bakteriyofaj gibi virüsler, mutanolisin ve lizozim gibi litik enzimlerle muamele edilen bakterilerin de peynirin olgunlaşmasını hızlandırmak amacıyla kullanıldığı bilinmektedir (Crow ve ark., 1995a; Klein ve Lortal, 1999). Ancak Law ve ark. (1976), peynire lizozim ile muamele edilmiş 10^{10} kob/g düzeyinde bakteri hücresi ilave ettiklerinde serbest amino asit miktarının 3 kat artmasına karşın Cheddar peynirinin lezzetinde çok küçük bir değişiklik olduğunu belirlemişlerdir.

Cheddar peyniri üretiminde bakteriyosin üreten bakteri suşları ilave edilmiş ve böylece starter hücrelerinin lize olması sağlanarak peynirin olgunlaşması hızlandırılmıştır. Bakteriyosin üreten bakterinin ilavesiyle birlikte acılaşmanın azaldığı; ancak starter olmayan laktik asit bakterilerinin gelişiminde herhangi bir azalmanın olmadığı bildirilmiştir (Fox ve McSweeney, 1996).

Bakteriyofajlar Camembert (Martley, 1975) ve Cheddar (Lowrie ve ark., 1974) peynirlerinde acılık gelişimini sınırlamak için kullanılmıştır. Crow ve ark. (1995a), süte artan

oranlarda faj ilavesinin olgunlaşmanın başlangıcında Cheddar peynirinde starter bakteri hücrelerinin de artan seviyelerde lize olmasına yol açtığını saptamışlardır. Hücrede lize olma oranı arttıkça peynirde serbest amino asit ve amonyak oluşumu da artmış ancak laktozun kullanım oranı azalmıştır. Yüksek oranda pıhtılaştırıcı enzim ilavesiyle ortaya çıkan belirgin acılığın bakteri hücrelerinin yüksek düzeyde lize edilmesi durumunda giderildiği saptanmıştır. Bu sonuçlar, lize olmuş ve olmamış starter hücreleri arasındaki dengenin önemli olduğunu; lize olan hücrelerden serbest kalan enzimlerin olgunlaşma hızını sınırlayan proteolizi hızlandırmakta etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Bazı bakteri türleri, genetik mühendisliği teknikleriyle müdahaleye gerek olmadan kendiliğinden laktozu kullanma (Lac⁻) yeteneklerini kaybedebilmektedir. Bu bakteriler, laktozu kullanamadıkları için süt ve peynirde asitlik gelişimine katkı sağlayamamaktadır. Laktozu kullanamayan bu varyantlar ayrıca çoğunlukla proteinaz negatif (Prt⁻) de olmaktadır. Söz konusu iki özellik de plazmidler tarafından kodlandığı için bu tür bakterileri doğadan izole etmek mümkün olabilmektedir (Klein ve Lortal, 1999).

Zayıflatılmış hücrelerin endüstriyel boyutta uygulanması çok yaygın değildir. Bunun önemli nedenleri, peynir olgunlaşmasında etkili olan minimum bakteri hücre sayısı ve ölü/canlı hücre oranları konusunda kabul gören bir standardın bulunmamasıdır (Klein ve Lortal, 1999).

Genetik olarak modifiye edilmiş starter kültür ilavesi

Süt endüstrisinde kullanılan laktik asit bakterilerinin genetik olarak modifikasyonunda dikkate değer ölçüde ilerleme sağlanmış olmakla birlikte bazı sağlık endişeleri nedeniyle endüstri ve tüketici kabulü konuları bu uygulamaların olgunlaşmanın hızlandırılmasında kullanılmasına önemli bir engel teşkil etmektedir. Genetik mühendisliği teknikleri 4 farklı şekilde uygulanabilmektedir: (i) Peptidazlar, esterazlar ve amino asitleri katabolize eden enzimleri rekombinant tekniği ile üreten mikroorganizmaların oluşturulması; (ii) Seçilmiş bazı peptidaz, esteraz ve katabolik enzimleri aşırı üreten genetik olarak tasarlanmış starter laktik asit bakterilerinin oluşturulması; (iii) Otolizin enzimini üreten genin starter laktik asit bakterilerine aktarılması ve (iv) Starter laktik asit bakterilerinin metabolizmalarının düzenlenmesi (Azarnia ve ark., 2006; Law, 2010).

Yapılan çalışmalarda kolaylıkla otolize uğrayan starter kültürle üretilen peynirlerin daha hızlı olgunlaştığı saptanmıştır. Otolitik bakteri suşları, peynir üretim işleminin başlangıcında lize olarak hücre içi enzimlerini peynir pıhtısına salacak; olgunlaşmada etkili proteinaz, peptidaz, lipaz, esteraz gibi bu hücre içi enzimler de peynir lezzetinin gelişimini hızlandıracaktır (Crow ve ark., 1995b). Proteolizde hücrenin otolizi önemli olmakla birlikte peynir yapımında laktik asit üretimi ve bazı lezzet bileşiklerinin oluşumunda otolize uğramamış hücrelerin metabolik aktivitelerine de ihtiyaç duyulmaktadır (Crow ve ark., 1995a).

Laktoz-negatif (Lac⁻) ve proteinaz-negatif (Prt⁻) laktik asit bakterileri, genetiği değiştirilmiş ilk bakterilerdir. Starter kültürlerin genetik modifikasyonu sonucunda peynirdeki starter kültür sayısı artırılarak proteolizin ve diğer değişikliklerin daha hızlı gerçekleşmesi sağlanırken normal asitlik gelişiminin garanti altına alınması da mümkün olmaktadır (Fox, 1993; Fox ve McSweeney, 1996; Azarnia ve ark., 2010). Starter bakterilerin laktoz-negatif mutantları, peynirde küçük peptitlerin ve serbest amino asitlerin üretimini arttırmak için kullanıldığında bu hücrelerin peynir üretimi süresince asitlik gelişimine engel olmadığı belirtilmiştir (Fox, 1993).

Bulamaç sistemi kullanımına yönelik stratejiler

İlk kez Kristoffersen ve ark. (1967) tarafından Cheddar peyniri için geliştirilen bulamaç sistemi, olgunlaşmayı hızlandırmak amacıyla enzim, mikroorganizma ve lezzet öncülerinin kaynağı olarak birçok çalışmada kullanılmıştır. Bu yöntem bir Mısır peyniri olan Ras peynirinde uygulandığında ultrafiltrasyonla üretim sonucunda karşılaşılan yetersiz lezzet, tipik olmayan doku ve artan olgunlaşma süresi gibi problemlerin kısmen giderilebildiği belirtilmiştir (Hamdy ve ark., 2017). Bu amaçla 12 ay olgunlaştırılmış Cheddar peyniri 2 kat konsantre inek sütü ile 2:1 oranında 45°C'de 5 dakika karıştırılarak bulamaç haline getirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan bulamacın %2-3 düzeyinde ultrafiltre süte ilavesiyle üretilen Ras peynirinde proteoliz (olgunlaşma indeksinde yaklaşık iki katlık artış) ve lipolizin arttığı, duysal ve dokusal özelliklerin iyileştiği saptanmıştır. Araştırmacılar %2-3 düzeyinde olgun Cheddar peyniri bulamacının ultrafiltre sütle üretilen Ras peynirinde olgunlaşmayı hızlandırmak ve kaliteyi iyileştirmek için kullanımını önermişlerdir. Ancak yeterli özenin gösterilmemesi durumunda bulamaç sistemi önemli bir mikrobiyal bulaşma kaynağı haline gelebilmektedir (El Soda, 1986).

Cheddar peynirinin olgunlaşmasını hızlandırmak amacıyla Dulley (1976), tuzlama sırasında peynir telemesine enzimatik olarak aktif Cheddar peyniri bulamacı eklemiştir. Peynir bulamacı, 2 kısım tuzlanmış teleme ile 1 kısım %5'lik NaCl veya %0.3'lük potasyum sorbat çözeltilerinin karıştırılıp 1 hafta boyunca 30°C'de inkübasyonu sonucunda hazırlanmıştır. Peynir bulamacının süte veya tuzlanmış telemeye (100 g tuzlanmış teleme için 6 g bulamaç) eklenmesi, 3 aylık olgunlaşma sonunda daha yüksek su içeriği (%2 kadar) ve laktobasil sayısı ile lezzet ve doku gelişiminde önemli bir artış sağlamıştır. Peynir bulamacı ilavesi, İsviçre peynirinde (Singh ve Kristoffersen, 1971), Ras peynirinde (Abdel Baky ve ark., 1982; Bakr ve ark., 2024) ve Mavi küflü peynirde (Rabie, 1989) de olgunlaşmanın hızlanmasını sağlamıştır.

Peynir bulamaç sisteminin geliştirilmiş bir şekli olan enzimle modifiye edilmiş peynir bulamacı teknolojisinde, değişik enzimler yardımıyla yağın ve proteinin eş zamanlı olarak hidrolizi sonucu elde edilen bulamaç ısıt işlem uygulanıp kurutulduktan sonra peynir telemesine ilave edilmektedir. Bu şekilde hazırlanan bulamaç yüksek miktarda serbest amino asit, peptit, serbest yağ asitleri ve peynir lezzetiyle ilişkili diğer katabolik ürünleri içermektedir. Ancak ısıt işlem uygulandığı için enzim ile modifiye edilmiş peynir bulamaçları hemen hemen hiç aktif enzim içermemektedir (Kilcawley ve ark., 1998; Hannon ve ark., 2006). Bu sistem kullanılarak Cheddar peynirinin olgunlaşması yaklaşık 2 ay kadar hızlandırılmıştır. Tuzlama aşamasında Cheddar peyniri telemesine %1 düzeyinde eklenen enzim ile modifiye edilmiş peynir bulamacı tozu lezzet gelişimini ve ikincil proteolizi arttırmıştır. Bununla birlikte olgunlaşmanın ilerlemesiyle peynirde anormal Cheddar lezzeti gözlenmiştir. Kullanılan peynir bulamacı, rendelenmiş teleme, emülsifiye edici tuzlar (disodyum fosfat, trisodyum fosfat ve trisodyum sitrat), su, tuz, aminopeptidaz, glutaminaz, pankreatik lipaz ve proteinaz karışımının 45°C'de 30 saat inkübasyonu ve 80°C'de 40 dakikalık ısıt işlemi takiben püskürtülerek kurutulması sonucunda hazırlanmıştır (Hannon ve ark., 2006). Bu çalışma, enzim ile modifiye edilmiş peynir bulamacı tozu kullanılarak hızlı olgunlaşan Cheddar peyniri üretiminin mümkün olabileceğini göstermiştir.

Enzim İlavesine Yönelik Stratejiler

Olgunlaşmada anahtar niteliğinde rol oynayan enzimlerin aktivitesini arttırarak peynirin olgunlaşmasını hızlandırmak mümkündür. Enzim ilavesi daha özgün bir işlem olduğundan, sıcaklık yükseltilmesi ile karşılaştırıldığında peynirin olgunlaşmasının hızlanmasında daha fazla avantaja sahiptir. Bu nedenle serbest veya kapsüllenmiş (tutuklanmış) enzimlerin ilavesi en çok incelenen ve kabul gören olgunlaşma hızlandırma yöntemidir. Ancak temin edilmesinin zor ve pahalı olması, bütün ülkelerde kullanımına izin verilmemesi, peynir matrisinde homojen dağılımının zor olması, peynir sütüne ilave edildiğinde yaklaşık %90'ının peynir altı suyu ile kaybolması, onay almış ticari enzimlerin yetersizliği ve sütün peynire dönüşümü sırasında gerçekleşen proteoliz sonucunda verimin düşmesi gibi serbest enzim kullanımının dezavantajları vardır (Fox, 1993; Azarnia ve ark., 2006). Serbest enzim kullanımının yol açtığı randıman kaybı, aşırı lipoliz veya proteoliz kaynaklı lezzet kusurları ve peynir altı suyunun enzimlerle kontamine olması gibi olumsuzlukların önlenmesinde kapsüllenmiş enzim teknolojisi yararlı olabilmektedir (Fox ve McSweeney, 1996; Vélez ve ark., 2023). Ancak kapsüllenmiş enzimlerde yaşanan kontrolsüz serbest kalma sorunları enzimlerin çoğunlukla olgunlaşma aşamasında değil üretim aşamasında serbest kalmasına yol açtığından peynirlerde lezzet ve doku kusurları ortaya çıkabilmektedir (Li ve ark., 2024).

Endoproteinaz, ekzoproteinaz ve lipaz gibi enzimleri içeren Accelase, NaturAge, FlavorAge, Rulactine ve DC50 gibi ticari ürünler günümüzde peynir endüstrisinde sıklıkla kullanılmaktadır (Fox ve ark., 2017; Vélez ve ark., 2023).

Lipolitik enzimlerin ilavesi

Lipolitik enzimler, lipazlar ve esterazları içeren EC 3.1.1.- kodlu enzim grubunu oluşturur. Bu gruptaki enzimler ester bağının hem parçalanmasını ve hem de yeniden oluşmasını sağlar. Lipolitik enzimler hayvan, bitki veya mikroorganizma kaynaklı olabilir. Kolay üretilebilir, ucuz ve aktivitelerinin daha iyi kontrol edilebilir olması nedeniyle mikroorganizma kaynaklı lipolitik enzimler ticari öneme sahiptir. Süt yağının seçici bir şekilde kısmen parçalanması olan lipoliz sonucunda serbest yağ asitleri ve serbest yağ asitlerinin katabolizması ile de esterler, ketonlar, alkoller gibi aromatik bileşiklerin oluşumu gerçekleşir (Vélez ve ark., 2023). Olgunlaşma sırasında serbest C4 ve C6 yağ asitlerinin konsantrasyonunun lezzet gelişimi için iyi bir gösterge olduğu belirtilmiştir (Lin ve Jeon, 1987). Bütanoik (C4), hekzanoik (C6), oktanoik (C8) ve dekanoik (C10) asit gibi yağ asitleri peynir tat ve kokusuna katkıda bulunmaktadır. Bütanoik asit ransit ve peynirimsi, hekzanoik asit terimsi, acı ve ransit, oktanoik asit mumumsu, keçimsi, sabunumsu, küfümsü ve dekanoik asit yağımsı ve narenciyemsi kokudan sorumludur (Gan ve ark., 2016). Uzun zincirli yağ asitleri sabunsu bir tat verdikleri için bunların peynirdeki konsantrasyonun düşük olması istenir (Peng ve ark., 2014).

Serbest yağ asitlerinin tat ve koku üzerindeki bu direkt etkilerinin yanı sıra metilketonlar, alkoller, esterler ve laktonlara dönüştürülmeleri nedeniyle tat ve kokuya dolaylı yoldan da katkı sağlarlar (Smit ve ark., 2005). Serbest yağ asitlerinin alkollerle reaksiyonu sonucunda esterler oluşabilir. Peynirde en fazla bulunan alkol genellikle etil alkol olduğu için etil bütanoat (bütirat), etil hekzanoat, etil asetat ve etil oktanoat baskın esterlerdir. Etil alkol, amino asit katabolizması veya laktoz fermentasyonu sonucunda oluşur (McSweeney, 2011).

Serbest yağ asitlerinin metiyonal ($\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$) gibi sülfidril gruplarıyla reaksiyonu, S-metil tiyoasetat, tiyoetil-2-metilpropiyonat ve S-metil tiyobütirat gibi tiyoesterlerin oluşumuna; bu esterler de sarımsak, sülfür ve yumurtamsı lezzete yol açar (Iwasawa ve ark., 2014). Hidroksi yağ asitlerinin molekül içi esterleşmesi sonucunda nonalakton (kremamsı veya tereyağımsı lezzet) gibi laktonlar oluşur. İlâveten serbest yağ asitlerinin beta oksidasyonu ve devamında dekarboksilasyonu özellikle heptanon ve nonanon gibi metil ketonların üretilmesine yol açar (McSweeney ve ark., 2004).

Piccantase (*Mucor miehei*), Palatase (*Aspergillus niger* ve *Mucor meihei*), Capalase/Italase ve oğlak/kuzu kaynaklı enzimler peynir endüstrisinde kullanılan lipazlardan bazılarıdır. Ancak lipazların kullanımı sonucunda acılık, ransidite, zayıf yapı ve tipik olmayan lezzet gibi problemler ortaya çıkabilmektedir (Law, 2001).

Romano, Mavi küflü ve Beyaz peynir gibi peynir çeşitlerinde lipolizin lezzete katkısı önemlidir (Fox, 1993). El-Shibiny ve ark. (1978), Ras peyniri üzerinde yaptıkları çalışmada, lipaz ilavesinin peynirde olgunlaşmayı hızlandırarak lezzet gelişimine katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir. Altı aylık depolama süresi sonunda lezzette bir kusur olmadığını ve toplam uçucu yağ asidi kompozisyonunda artış olduğunu saptamışlardır.

El Neshawy ve ark. (1982), Domiati peynirinin lezzeti üzerine lipaz enzimi ilavesinin etkisini inceledikleri çalışmada, lipaz ilave edilip 4 hafta olgunlaştırılan peynirin lezzetinin kontrol grubu olarak üretilen 8 haftalık peynirin lezzetine eşdeğer olduğunu ve lipaz ilave edilmiş peynirde 8 haftanın sonunda ransit lezzet geliştiğini tespit etmişlerdir.

Manchego peynirinde lipolizin iki farklı küften (*Mucor miehei* ve *Aspergillus niger*) elde edilen lipaz enziminin ilavesiyle arttığı gözlenmiştir (Fernandez-Garcia ve ark., 1994). Duyusal analiz sonucunda *Aspergillus niger* lipazı (kısa ve uzun zincirli yağ asitlerini eşit şekilde oluşturur) ilavesiyle üretilen peynirlerde olgunlaşmanın hızlandığı, bu peynirlerde tipik keskin Manchego lezzetinin algılandığı saptanmıştır. *Mucor miehei* lipazı (esas olarak trigliseritlerden uzun zincirli yağ asitlerini açığa çıkartır) ilavesiyle üretilen peynirlerde muhtemelen uzun zincirli yağ asitlerinin fazla miktarda serbest kalması nedeniyle sabunsu lezzet geliştiği belirlenmiştir.

Salamura Beyaz peynir üretiminde kullanılan inek sütüne lipaz enzimi ilavesinin, peynirde kısa zincirli serbest yağ asitleri (C4-C8) düzeyini arttırdığı, bu yağ asitlerinin etil alkol ile kısmen esterler oluşturduğu ve peynirin duyusal niteliklerini geliştirdiği saptanmıştır (Akın ve ark., 2003). Koçak ve ark. (1995) tarafından yapılan çalışmada Tulum peynirinin olgunlaşmasını hızlandırmak amacıyla lipaz (Palatase A75 L, Novo Nordisk) enziminin kullanılabileceği saptanmıştır.

Mavi küflü peynire tuzlama aşamasında *Penicillium roqueforti* lipazı, buzağı pregastrik esterazı ve domuz pankreatik lipazı ilave edilerek üretilen Mavi küflü peynirlerde metil keton ve peynir aroması oluşumu Cao ve ark. (2014) tarafından incelenmiştir. Çalışma sonucunda, *Penicillium roqueforti* lipazının metil keton ve peynir aroması oluşumunda buzağı pregastrik esterazı ile pankreatik lipazdan çok daha etkili olduğu saptanmıştır. Bu veriler kullanılacak lipolitik enzimin seçiminde dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir.

Karaca ve Güven (2018) tarafından yapılan çalışmada, Beyaz peynir üretiminde *Bacillus subtilis* kaynaklı Neutrased (proteinaz) ve *Mucor miehei* kaynaklı Piccantase A (lipaz) enzimi kullanılmıştır. Peynir sütüne 0.20 g/100 L Neutrased ve 0.05 g/100 L Piccantase A enzimi ilavesinin olgunlaşma süresinin kısaltılmasında etkili olduğu saptanmıştır. Bu enzimlerin

kullanılan miktarının arttırılması durumunda Beyaz peynirde sert ve kırılğan bir yapı oluştuğu ve acılık geliştiği belirlenmiştir.

Swiss peynirinin olgunlaşma süresini kısaltmak için *Bacillus tequilensis* tarafından üretilen lipaz enzimi kullanılmıştır. Peynir sütüne lipaz enzimi (30 L süte 200 U) ilavesiyle duysal ve fizikokimyasal özelliklerde herhangi bir kayıp olmaksızın peynirin olgunlaşma süresi 3 aydan 2 aya indirilmiştir. Ancak daha yüksek (30 L süte 800 U) oranlarda ilave edilen lipaz enzimi peynirin kalitesinde ve duysal niteliklerinde önemli bir gelişme oluşturmamıştır. Taramalı elektron mikroskobu ile yapılan incelemede, lipaz enziminin peynirdeki yağ küreciklerinin sayısını ve boyutunu azalttığı saptanmıştır. Plastikleştirici etkiye sahip yağ fazı ile kazein miselleri arasındaki etkileşimin değişmesi nedeniyle lipaz ilavesi peynir sertliğinde artışa yol açmıştır (Rani ve Jagtap, 2019).

Proteolitik enzimlerin ilavesi

Peynir olgunlaşmasında en önemli biyokimyasal reaksiyon olan proteoliz, pıhtılaştırıcı enzim (rennet), sütün doğal enzimleri, starter veya starter olmayan mikroorganizma kaynaklı ve sonradan ilave edilen proteolitik enzimler tarafından gerçekleştirilmektedir. Proteoliz peynirin olgunlaşmasına en az dört yolla katkı sağlamaktadır. i) Proteoliz sonucu oluşan amino asit ve peptitler lezzete doğrudan, amino asitlerin aminlere, asitlere, tiyollere ve tiyoesterlere katabolizması ise dolaylı yoldan katkı sağlar. ii) Olgunlaşma sırasında daha fazla hoş aromalı bileşiklerin serbest bırakılmasını sağlar. iii) Amonyak oluşumu ile peynir pH'sının değişmesini sağlar. iv). Protein ağ yapısının parçalanması, pH değerinin yükselmesi ve yeni açığa çıkan amino ve karboksil gruplarının daha fazla su bağlamasıyla dokusal değişimin gerçekleşmesini sağlar (Forde ve Fitzgerald, 2000).

Kazeinin özellikle de α_{s1} -kazein ve β -kazeinin parçalanmasına (birinci aşama) çoğunlukla pıhtılaştırıcı enzimler ve plazmin gibi sütün doğal enzimleri yol açar. Birinci aşamada kazeinden üretilen peptitlerin daha ileri parçalanması esas olarak mikroorganizma enzimleri yoluyla ikinci aşamada gerçekleşir. Bu aşamada meydana gelen ürünler her peynir çeşidinin kendine özgü lezzet ve dokusunun oluşmasında etkin rol oynar. Örneğin kısa zincirli hidrofobik peptidler peynirde acı tada, serbest amino asitler ise tatlı (Gly, Ser, Thr, Ala, Pro), ekşi (His, Glu, Asp) veya acı (Arg, Met, Val, Leu, Phe, Tyr, Ile, Trp) tada yol açmaktadır (McSweeney, 2004; Fox ve ark., 2017). Bu ikincil proteolizin temel işlevi aroma gelişimi için gerekli olan serbest amino asitleri üretmektir. Son aşamada serbest amino asitler ve küçük peptitler mikroorganizmalar tarafından üretilen aminotransferaz, dekarboksilaz gibi enzimlerle dönüşüme uğratarak aminler, aldehytler, organik asitler ve kükürtlü bileşiklerin oluşumu sağlanır. Ayrıca serbest amino asitlerin diğer bileşiklerle reaksiyonu da söz konusudur. Bakteri aktivitesiyle olgunlaşan peynirlerde aroma maddelerinin %50'sinden fazlası amino asitlerin katabolize edilmesiyle üretilir (Fox ve McSweeney, 1996; Law, 2001; Azarnia ve ark., 2006; Vélez ve ark., 2023).

Dallanmış yan gruba sahip lösin, izolösin ve valin amino asitleri, deaminasyon reaksiyonu sonucunda baskın kötü kokulu sırasıyla ketoizokaproik asit, α -keto-L-metil valerik asit ve α -keto-izovalerik asit oluşturur. Aromatik amino asitler de karşılıkları olan α -keto asitlere dönüştürülebilmektedir. Örneğin triptofan, indol-3-pirüvata ve bu da asetik aside dönüştürülür. Tirozin, hidroksibenzaldehite ve fenilalanin ise acı badem lezzeti oluşturan benzaldehite dönüştürülür (McSweeney, 2004). Kükürt içeren amino asitlerden metiyonin,

metiyonal (pişmiş patetes/et benzeri koku), metantiyol (ransit) ve dimetil sülfid (sarımsak) gibi kükürt içeren diğer kokulu bileşiklerin başlangıç maddesi olarak rol oynar (Smit ve ark., 2005).

Amino asitlerin dekarboksilasyonu sonucunda peynirde histamin, tiramin ve pütresin gibi biyojenik aminler oluşabilmektedir. Bunlar peynir tüketiminden sonra ortaya çıkan histamin zehirlenmesi gibi olumsuzluklara neden olabilir. Yüksek tiramin içeriğine sahip peynirlerin tüketimi “peynir reaksiyonu” olarak adlandırılan yüksek tansiyona neden olabilmektedir (Stratton ve ark., 1991).

Peynirde birincil proteolizden sorumlu olan kimozen miktarı artırılarak, olgunlaşmanın hızlandırılabilceği düşünölmüştür. Ancak yapılan birkaç çalışma sonucunda, olgunlaşmanın hızlanmadığı ve peynirlerde acılaşıma meydan geldiğı görölmüştür (Guinee ve ark., 1991; Johnston ve ark., 1994). Kimozen, yüksek pişirme/haşılama sıcaklığı uygulanan peynir çeşitlerinde inaktif olmasına rağmen, ısıya dayanıklı ve tripsin benzeri doğal bir süt enzimi olan plazminin tamamı peynir kitlesinde kalmakta ve proteolize katkıda bulunmaktadır. Peynir pıhtısına homojen bir şekilde ilave edilen plazmin, peynir olgunlaşmasını hızlandırmak için eklenen proteinazların sebep olduğı sorunları engellemektedir. Yapılan çalışmalarda enzimin tuz ile seyreltilerek pıhtıya ilave edilmesinin homojen karışmaya yardımcı olduğı saptanmıştır (Fox ve McSweeney, 1996).

Mikrobiyal asit proteinazlar küf kaynaklı rennetlerle birlikte kullanıldıklarında orta yoğunlukta lezzet gelişimi sağlarken peynirde bariz bir acılığa yol açmıştır. Nötral proteinazlar, mikrobiyal peptidazlar ve mikrobiyal rennetlerin bir arada kullanılması durumunda rennetin yol açtığı acılığın yoğunluğu azalmıştır. Çalışma sonucunda asit proteinazların yoğun bir acılığa yol açtıkları saptanmıştır (Wilkinson, 1993).

Gıdalara katılabilir nitelikteki bazı ticari proteinazlar, özgün olmayan etkileri ve yeterince saf olmamaları nedeniyle peynirde hatalı doku oluşumu ve dengesiz lezzete yol açabilmektedir. Peynir üretimi sırasında ilave proteinazlar tarafından kazeinlerin aşırı hidrolizi peynir altı suyu ile peptitlerin kaybolmasına yol açabileceğinden randıman kayıpları ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle araştırmacıların çoğunluğu enzimleri tuzla karıştırıp tuzlama aşamasında peynir telemesine eklemeyi tercih etmiştir. Proteinaz, lipaz gibi büyük moleküllerin difüzyon katsayıları çok küçük olduğundan bu yöntem sadece Cheddar peynirinde olduğu gibi parçalanmış telemenin tuzlandığı peynir çeşitlerine uygundur. Bu durumda bile ilave edilen enzimler teleme parçalarının yüzeyinde konsantre olabilmektedir. Tuz-enzim karışımının homojen bir şekilde ilave edilmemesi durumunda peynir kitlesinde aşırı lipoliz ve/veya proteolizin gerçekleştiğı, dolayısıyla kötü lezzetin geliştiğı bölgeler oluşabilecektir (Law, 2010). Bu gibi olumsuz sonuçlarla karşılaşmamak için kullanılacak enzim çeşidinin, konsantrasyonun, ilave edileceğı zamanın ve peynir bileşiminin önceden belirlenmesi çok büyük öneme sahiptir.

Bir metalloproteinaz olan rulaktin, sert peynir üretiminde süte ilave edildiğinde acı lezzet oluşturmada tekstür gelişimine katkıda bulunmuştur. Ancak rulaktin miktarı artırılarak üretilen peynirlerde acı lezzet ile birlikte verim düşüşü de gözlenmiştir (El Soda, 1986).

Aspergillus oryzae’dan elde edilen bir nötral proteinazın parçalanmış Cheddar telemesine ilavesinin 10°C’de 6 aylık olgunlaşma boyunca peynirin özellikleri üzerine etkisini inceleyen Fedrick ve ark. (1986), olgunlaşma süresinin ve enzim ilave oranının artışına paralel olarak proteoliz düzeyinin de artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Kontrol peynirinin 6 ayda ulaştığı proteoliz düzeyine %0.1 oranında enzim ilave edilen örnekler 2 ay içerisinde ulaşmıştır.

İlerleyen olgunlaşma süresi ve enzim ilave oranının %0.005'in üzerine çıkmasıyla birlikte olgunlaşma seviyesinin ve acılığın arttığı saptanmıştır. Enzim ilave oranının ve olgunlaşma süresinin artmasıyla peynirlerin daha yumuşak, daha kolay parçalanabilir ve daha az esnek olduğu tespit edilmiştir.

Haard ve Patel (1987), Cheddar peyniri üretiminde tek başına ya da pıhtılaştırıcı enzim ile birlikte peynir sütüne *Pseudomonas fluorescens*'ten üretilen proteinazı ilave etmişlerdir. Peynir üretimi boyunca proteinaz aktivitesinin sabit kaldığı ve olgunlaşma süresince Cheddar peynirine özgü lezzet bileşiklerinin oluştuğu belirlenmiştir.

Peynirde olgunlaşmayı hızlandırmak amacıyla sütte doğal olarak bulunan proteolitik enzimlerden plazminin aktivitesini arttırmaya yönelik farklı bir yaklaşım urokinaz enzimini (EC 3.4.21.73) kullanmak olmuştur. Urokinaz, sütte inaktif halde bulunan plazminojeni (toplam plazmin aktivitesinin yaklaşık %90'lık kısmı) plazmine dönüştüren 54 kDa moleküler ağırlıkta, serin proteinazlar grubunda yer alan bir enzimdir. Barrett ve ark. (1999), urokinaz enzimi ilave edilen süttten üretilen Cheddar peynirinde plazmin aktivitesinin arttığını ve buna bağlı olarak serbest amino asit, γ -kazein ve suda çözünür protein düzeyindeki artış ve peptit profilindeki değişiklikler ile ölçülen proteolizin daha yüksek seviyelerde gerçekleştiğini saptamışlardır.

Karaca ve Güven (2018) tarafından yapılan çalışmada, Beyaz peynir üretiminde *Bacillus subtilis*'ten üretilen Neutrased ve *Mucor miehei*'den üretilen Piccantase A enzimi kullanılmıştır. Neutrased (0.20 g/100 L) ve Piccantase A (0.05 g/100 L) enzimleri kullanımının olgunlaşma süresini kısalttığı, söz konusu enzimlerin kullanım oranlarının artırılması durumunda ise Beyaz peynirde sert ve kırılğan bir yapının oluştuğu ve acılığın geliştiği saptanmıştır.

Cheddar peynirinin olgunlaşmasını hızlandırmak amacıyla *Penicillium candidum* PCA1/TT031 suşundan elde edilen proteolitik enzim, peynir telemesine farklı düzeylerde eklenmiştir. Çalışma sonucunda, ideal Cheddar peynirinin 3.12 kat saflaştırılmış enzimin %0.01 düzeyinde ilave edilip 10°C'de 0.6 ay olgunlaştırılması sonucunda elde edildiği saptanmıştır. Bu şartlarda elde edilen peynirin pH değeri 5.4, asit değeri (ADV) 6.6, kuru madde oranı %65, yağ oranı %34 ve toplam azot içerisindeki çözünebilir azot oranı ise %18.8 olarak belirlenmiştir (Alhelli ve ark., 2021).

Laktaz (β -galaktozidaz) enzimi ilavesi

Beta-galaktozidaz enzimi, laktozu glikoz ve galaktoza hidroliz edip serbest glikoz oluşturduğu için peynirde fermantasyonun daha hızlı gerçekleşmesini sağlamaktadır (Azarnia ve ark., 2006). Fermantasyonun hızlanmasına bakterilerin lag periyodunun kısılmasının neden olduğu belirtilmiştir (Wilkinson, 1993).

Yapılan çalışmalarda, laktozun β -galaktozidaz enzimi ile hidrolizi (%60'a kadar) sonucunda üretilen Cheddar peynirinde proteolizin arttığı ve olgunlaşmanın hızlandığı saptanmıştır. Laktozun monosakkaritlerine dönüştürülmesinin starter bakterilerini teşvik ederek sayılarının artmasına neden olduğu ve sayıları artan starter bakterilerinin de peynir kitlesindeki peptidaz aktivitesini artırarak proteolizin hızlanmasına yol açtığı belirtilmiştir (Gooda ve ark., 1983). Bununla birlikte starter hücre sayısındaki artışın mutlaka olgunlaşmanın hızlanmasına yol açmayacağı, bu durumun β -galaktozidaz enziminin proteinazlarla bulaşmış olmasından kaynaklanabileceği de belirtilmiştir (Wilkinson, 1993).

El-Zayat (1987), Domiati peyniri üretiminde kullanılan süte pıhtılaşmadan önce β -galaktozidaz enzimi ilavesinin peynirin kalitesini iyileştirdiğini ve bu şekilde üretilen peynirin kontrol peynirinden yaklaşık iki kat daha fazla serbest amino asit ve serbest yağ asidi içerdiğini saptamıştır. Beta-galaktozidazın, Cheddar peyniri üretiminde kullanılan süte ilavesi ile lezzetin iyileştiği ve olgunlaşmanın yaklaşık %50 oranında hızlandığı ifade edilmiştir. Kontrol peyniri ile karşılaştırıldığında proteolizin de arttığı belirtilmiştir (Wilkinson, 1993). Ras peynirinin olgunlaşmasını hızlandırmak amacıyla üretimde kullanılan süte β -galaktozidaz enzimi ilave edilmiştir. Ticari ismi Lactozym olan β -galaktozidaz enzimi 1 mL/kg süt düzeyinde ilave edildikten sonra süt 33°C'de 1 saat veya 4°C'de 18 saat bekletilerek Ras peyniri üretiminde kullanılmıştır. Beta-galaktozidaz ile muamele edilen süttten üretilen peynirlerde lezzet yoğunluğu, suda çözünebilir azot, serbest amino asit ve serbest yağ asitleri miktarı artış göstermiştir. Ayrıca olgunlaşma süresi de 4 aydan 2 aya inmiştir. Sütün 4°C veya 33°C'de β -galaktozidaz ile muamele edilmesi peynir niteliklerinde herhangi bir farklılık oluşturmamıştır (Farahat ve ark., 1985).

L-metiyonin γ -liyaz enzimi ilavesi

Brevibacterium linens bakterisinden elde edilen L-metiyonin γ -liyaz enzimi (EC 4.4.1.11) Cheddar peynirinin olgunlaşmasının hızlandırılmasında kullanılmıştır. Enzim, L-metiyonin amino asidini γ -eleminasyonu mekanizması ile α -ketobütirat, metantiyol (metil merkaptan) ve amonyağa dönüştürür. Bu enzimin metiyonin amino asidi ile birlikte kullanılmasının Cheddar peynirinde karakteristik aroma bileşiği olan metantiyol üretimini arttırdığı saptanmıştır (Dias ve Weimer, 1999).

Sonuç

Peynir olgunlaşması, peynirin kendine özgü lezzetinin gelişimini sağlayan birbiriyle ilişkili reaksiyonlar dizisi sonucunda gerçekleşir. Olgunlaşma sıcaklığının yükseltilmesi, enzim ilavesi, kimyasal, fiziksel ya da genetik olarak modifiye edilmiş mikroorganizma kültürlerinin ilavesi, yüksek basınç uygulaması ve peynir bulamacı ilavesi gibi yöntemler peynirin tüketimine kadar geçen süreyi kısaltmayı ve depolama maliyetini azaltmayı amaçlamaktadır. Laktoz, süt yağı ve kazeinlerin parçalanması sonucunda değişik lezzet bileşiklerinin oluştuğu bilinmesine karşın amino asitlerin katabolizması gibi ikincil reaksiyonların ayrıntıları henüz tam olarak aydınlığa kavuşturulamamıştır. Her zaman aynı kaliteye sahip peynir üretmek ve olgunlaşma işlemini kontrol altına alıp hızlandırmak amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda sınırlı bir başarı sağlanabilmiştir. Bu nedenle, peynirde olgunlaşmanın daha hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak için sadece mevcut yöntemlerin optimize edilmesi değil, aynı zamanda yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması da büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, starter olarak kullanılan mikroorganizmaların metabolik aktivitelerinin ayrıntılı olarak belirlenmesi, yeni enzim sistemlerinin incelenmesi, farklı biyoteknolojik yaklaşımların değerlendirilmesi, olgunlaşma sürecinin daha iyi anlaşılabilmesi ve takip edilebilmesi için moleküler düzeyde araştırmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Abdel Baky, A.A., El Fak, A.M., Rabie, A.M. ve El Neshawy, A.A. (1982). Utilisation of cheese slurry in the acceleration of Kefalotyri ‘Ras’ cheese ripening. *Dairy Ind. Int.*, 47, 21-25.
- Abdel Baky, A.A., El-Neshawy, A.A., Rabie, A.M. ve Ashour, M.M. (1986). Heat-shocked lactobacilli for accelerating flavour development of Ras cheese. *Food chemistry*, 21(4), 301-313.
- Akın, N., Aydemir, S., Koçak, C. ve Yıldız, M.A. (2003). Changes of free fatty acid contents and sensory properties of White Pickled cheese during ripening. *Food Chemistry*, 80(1), 77-83. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00242-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00242-X).
- Alhelli, A.M., Mohammed, N.K., Khalil, E.S. ve Hussin, A.S.M. (2021). Optimizing the acceleration of Cheddar cheese ripening using response surface methodology by microbial protease without altering its quality features. *AMB Express.*, 11(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01205-9>.
- Anonim, (2015). Türk Gıda Kodeksi. Peynir Tebliği (2015/6). *Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı*. 8 Şubat 2015 tarih ve 29261 sayılı Resmî Gazete, Ankara. Erişim tarihi: 27.03.2024.
- Ardo, Y. ve Pettersson, H.E. (1988). Accelerated cheese ripening with heat treated cells of *Lactobacillus helveticus* and a commercial proteolytic enzyme. *J. Dairy Res.*, 55(2), 239-245.
- Azarnia, S., Lee, B.H., St-Gelais, D., Champagne, C.P. ve Kilcawley, K.N. (2010). Effect of free or encapsulated recombinant aminopeptidase of *Lactobacillus rhamnosus* S93 on acceleration of cheddar cheese ripening. *Food Biotechnology*, 24(2), 135-149. <https://doi.org/10.1080/08905431003784853>.
- Azarnia, S., Robert, N. ve Lee, B. (2006). Biotechnological methods to accelerate Cheddar cheese ripening. *Critical Reviews in Biotechnology*, 26(3), 121-143. <https://doi.org/10.1080/07388550600840525>.
- Bakr, A., Ahmed, A., El-Daba, M., ve El-Hamshary, H. (2024). Acceleration ripening of Ras cheese using slurry mixture. *Journal of Sustainable Agricultural and Environmental Sciences*, 3(3), 67-74.
- Barrett, F.M., Kelly, A.L., McSweeney, P.L. ve Fox, P.F. (1999). Use of exogenous urokinase to accelerate proteolysis in Cheddar cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 9(7), 421-427. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(99\)00047-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(99)00047-3).
- Bartels, H.J. (1987). Accelerated ripening of Gouda cheese 1. Effect of Heat-shocked thermophilic lactobacilli and streptococci on proteolysis and flavour development. *Milchwissenschaft*, 42, 83-88.
- Bartels, H.J., Johnson, M.E. ve Olson, N.F. (1987). Accelerated ripening of Gouda cheese. 2. Effect of freeze-shocked *Lactobacillus helveticus* on proteolysis and flavor development. *Milchwissenschaft*, 42(3), 139-144.
- Blaya, J., Barzideh, Z. ve LaPointe, G. (2018). Symposium review: Interaction of starter cultures and nonstarter lactic acid bacteria in the cheese environment. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3611-3629. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13345>.

- Calasso, M., Mancini, L., Di Cagno, R., Cardinali, G. ve Gobbetti, M. (2015). Microbial cell-free extracts as sources of enzyme activities to be used for enhancement flavor development of ewe milk cheese. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 5874-5889. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9362>.
- Cao, M., Fonseca, L.M., Schoenfuss, T.C. ve Rankin, S. A. (2014). Homogenization and lipase treatment of milk and resulting methyl ketone generation in blue cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(25), 5726-5733. <https://doi.org/10.1021/jf4048786>.
- Casal, V. ve Gómez, R. (1999). Effect of high pressure on the viability and enzymatic activity of mesophilic lactic acid bacteria isolated from caprine cheese. *Journal of Dairy Science*, 82(6), 1092-1098. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75331-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75331-2).
- Collins, Y.F., McSweeney, P.L. ve Wilkinson, M.G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13(11), 841-866. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00109-2).
- Crow, V.L., Coolbear, T., Gopal, P.K., Martley, F.G., McKay, L.L. ve Riepe, H. (1995b). The role of autolysis of lactic acid bacteria in the ripening of cheese. *International Dairy Journal*, 5(8), 855-875. [https://doi.org/10.1016/0958-6946\(95\)00036-4](https://doi.org/10.1016/0958-6946(95)00036-4).
- Crow, V.L., Martley, F.G., Coolbear, T. ve Roundhill, S.J. (1995a). The influence of phage-assisted lysis of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ML8 on Cheddar cheese ripening. *International Dairy Journal*, 5(5), 451-472. [https://doi.org/10.1016/0958-6946\(95\)00022-U](https://doi.org/10.1016/0958-6946(95)00022-U).
- Deegan, K.C. ve McSweeney, P.L. (2013). Effects of low-pressure homogenisation pre-treatment of cheesemilk on the ripening of Cheddar cheese. *Dairy Science & Technology*, 93, 641-655. <https://doi.org/10.1007/s13594-013-0139-0>.
- Dias, B. ve Weimer, B. (1999). Production of volatile sulfur compounds in Cheddar cheese slurries. *International Dairy Journal*, 9(9), 605-611. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(99\)00130-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(99)00130-2).
- Dulley, J.R. (1976). The utilisation of cheese slurries to accelerate the ripening of Cheddar cheese. *Aust. J. Dairy Technol.*, 31,143-148.
- El Abboudi, M., Pandian, S., Trepanier, G., Simard, R.E. ve Lee, B.H. (1991). Heat-shocked lactobacilli for acceleration of Cheddar cheese ripening. *Journal of Food Science*, 56(4), 948-949. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb14612.x>.
- El Neshawy, A.A., Abdel Baky, A.A. ve Farahat, S.M. (1982). Enhancement of Domiati cheese flavour with animal lipase preparations. *Dairy Industries International*, 47(2), 29-31.
- El Soda, M. (1986). Acceleration of cheese ripening: recent advances. *Journal of Food Protection*, 49(5), 395-399. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-49.5.395>.
- El Soda, M. (1993). Accelerated maturation of cheese. *International Dairy Journal*, 3(4-6), 531-544. [https://doi.org/10.1016/0958-6946\(93\)90030-4](https://doi.org/10.1016/0958-6946(93)90030-4).
- El-Shibiny, S., Soliman, M.A., El-Bagoury, E., Gad, A. ve El-Salam, M.H.A. (1978). Development of volatile fatty acids in Ras cheese. *Journal of Dairy Research*, 45(3), 497-500. <https://doi.org/10.1017/S002202990001671X>.
- El-Zayat, A.I. (1987). Microstructure, free amino acids and free fatty acids in Domiati cheese treated with β -galactosidase. *Food/Nahrung*, 31(1), 27-37. <https://doi.org/10.1002/food.19870310105>.

- Farahat, S.M., Rabie, A.M., Baky, A.A., El-Neshawy, A.A. ve Mobasher, S. (1985). β -Galactosidase in the acceleration of Ras cheese ripening. *Food/Nahrung*. 29(3), 247-254. <https://doi.org/10.1002/food.19850290307>.
- Fedrick, I.A., Aston, J.W., Nottingham, S.M. ve Dulley, J. R. (1986). The effect of a neutral fungal protease on Cheddar cheese ripening. *N.Z.J. Dairy Sci. Technol.*, 21, 9-19.
- Fernandez-Garcia, E., Lopez-Fandiño, R., Alonso, L. ve Ramos, M. (1994). The use of lipolytic and proteolytic enzymes in the manufacture of Manchego type cheese from ovine and bovine milk. *Journal of Dairy Science*, 77(8), 2139-2149. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77156-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77156-3).
- Forde, A. ve Fitzgerald, G.F. (2000). Biotechnological approaches to the understanding and improvement of mature cheese flavour. *Current Opinion in Biotechnology*, 11(5), 484-489. [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(00\)00130-0](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(00)00130-0).
- Fox, P.F. (1988). Acceleration of cheese ripening, *Food Biotechnology*, 2:2, 133-185. <https://doi.org/10.1080/08905438809549685>.
<https://doi.org/10.1080/08905438809549685>.
- Fox, P.F. (1993). Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 1, *Springer-Science+Business Media*.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M. ve McSweeney P.L.H. (2017). Fundamentals of cheese science. Second Ed., *Springer*.
- Fox, P.F., Lucey, J.A. ve Cogan, T.M. (1990). Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*. 29(4), 237-253. <https://doi.org/10.1080/10408399009527526>.
- Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., 1996. Proteolysis in cheese during ripening. *Food Reviews International*. 12(4): 457-509. <https://doi.org/10.1080/87559129609541091>.
- Gan, H.H., Yan, B., Linforth, R.S.T. ve Fisk, I.D. (2016). Development and validation of an APCI-MS/GC-MS approach for the classification and prediction of Cheddar cheese maturity. *Food Chemistry*. 190, 442-447. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.096>.
- Garbowska, M., Berthold-Pluta, A., Stasiak-Róžańska, L. ve Pluta, A. (2021). The impact of the adjunct heat-treated starter culture and *Lb. helveticus* LH-B01 on the proteolysis and ACE inhibitory activity in Dutch-type cheese model during ripening. *Animals*, 11(9), 2699. <https://doi.org/10.3390/ani11092699>.
- Geciova, J., Bury, D. ve Jelen, P. (2002). Methods for disruption of microbial cells for potential use in the dairy industry—a review. *International Dairy Journal*, 12(6), 541-553. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00038-9).
- Gooda, E., Bednarski, W. ve Ponznaoski, S. (1983). The protein degradation in Cheddar cheese manufactured from milk treated with lactase. *Milchwissenschaft*, 38, 83-86.
- Guamis, B., Trujillo, A.J., Sendra, E., Buffa, M. ve Saldo, J. (2000). High pressure applications in milk treatment for cheese-making and accelerated ripening. *International Journal of High Pressure Research*, 19,1-6. <https://doi.org/10.1080/08957950008202530>.
- Guinee, T.P., Wilkinson, M.G., Mulholland, E.O. ve Fox, P.F. (1991). Influence of ripening temperature, added commercial enzyme preparations and attenuated mutant (*Lac*⁻) *Lactococcus lactis* starter on the proteolysis and maturation of Cheddar cheese. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 15, 27-52.

- Haard, N.F. ve Patel, T.R. (1987). Bacterial enzyme used as cheese ripening aid. U.S. Patent No. 4,690,826. *U.S. Patent and Trademark Office*.
- Hamdy, S.M., Mahmoud, H.S. ve Abbas, K.A.H. (2017). Improving the Quality of Ultrafiltered Ras Cheese using Mature Cheddar Cheese Slurry. *International Journal of Dairy Science*, 12(5), 318-324.
- Hannon, J.A., Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Delahunty, C.M. ve Beresford, T.P. (2006). Production of ingredient-type cheddar cheese with accelerated flavor development by addition of enzyme-modified cheese powder. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 3749-3762. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72416-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72416-X).
- Huppertz, T., Kelly, A.L. ve Fox, P.F. (2002). Effects of high pressure on constituents and properties of milk. *International Dairy Journal*, 12(7), 561-572. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00045-6](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00045-6).
- Iwasawa, A., Suzuki-Iwashima, A., Iida, F. ve Shiota, M. (2014). Effects of flavor and texture on the desirability of cheddar cheese during ripening. *Food Science and Technology Research*, 20(1), 23-29. <https://doi.org/10.3136/fstr.20.23>.
- Johnson, J.A.C., Etzel, M.R., Chen, C.M. ve Johnson, M.E. (1995). Accelerated ripening of reduced-fat Cheddar cheese using four attenuated *Lactobacillus helveticus* CNRZ-32 adjuncts. *Journal of Dairy Science*, 78(4), 769-776. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76688-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76688-7).
- Johnson, M.E. (2011). Preparation of cheese milk. In Encyclopedia of Dairy Sciences. Ed. J.W. Fuquay, P.F.Fox, P.L.H. McSweeney, *Elsevier Academic Press*.
- Johnston, K.A., Dunlop, F.P., Coker, C.J. ve Wards, S.M. (1994). Comparisons between the electrophoretic pattern and textural assessment of aged Cheddar cheese made using various levels of calf rennet or microbial coagulant (Rennilase 46L). *International Dairy Journal*, 4(4), 303-327. [https://doi.org/10.1016/0958-6946\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0958-6946(94)90029-9).
- Juan, B., Quevedo, J.M., Zamora, A., Guamis, B. ve Trujillo, A.J. (2015). Lipolysis of cheeses made from goat milk treated by ultra-high pressure homogenization. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2), 1034-1038. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.003>.
- Juan, B., Zamora, A., Quevedo, J.M. ve Trujillo, A.J. (2016). Proteolysis of cheese made from goat milk treated by ultra high pressure homogenisation. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.013>.
- Karaca, O. ve Güven, M. (2018). Effects of proteolytic and lipolytic enzyme supplementations on lipolysis and proteolysis characteristics of White cheeses. *Foods*, 7(8), 125. <https://doi.org/10.3390/foods7080125>.
- Kavinila, S., Nimbkar, S., Moses, J. A. ve Anandharamakrishnan, C. (2023). Emerging applications of microfluidization in the food industry. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12, 100537. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100537>.
- Kheadr, E.E., Vachon, J.F., Paquin, P. ve Fliss, I. (2002). Effect of dynamic high pressure on microbiological, rheological and microstructural quality of Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 12(5), 435-446. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00104-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00104-2).
- Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G. ve Fox, P.F. (1998). Enzyme modified cheese. *Int. Dairy J.*, 8, 1-10. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00010-7](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00010-7).

- Klein, N. ve Lortal, S. (1999). Attenuated starters: an efficient means to influence cheese ripening-a review. *International Dairy Journal*, 9(11), 751-762. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(99\)00155-7](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(99)00155-7).
- Koçak, C., Gürsel, A., Avşar, Y.K. ve Semiz, A. (1995). Effect of lipase enzyme (Palatase A 750 L) on the ripening of Tulum cheese. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 19(3), 171-177.
- Kosikowski, F.V. (1978). Cheese and Fermented Milk Foods. Second Edition, *Cornell University*.
- Kristoffersen, T., Mikolajcik, E.M. ve Gould, I.A. (1967). Cheddar cheese flavor. IV. Directed and accelerated ripening process. *J. Dairy Sci.*, 50(3), 292-297. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(67\)87412-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(67)87412-5).
- Law, B.A. (2001). Controlled and accelerated cheese ripening: the research base for new technology. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 383-398. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00067-X).
- Law, B.A. (2010). Cheese-Ripening and Cheese Flavour Technology. In Technology of cheesemaking (Second Edition) Law, B.A. and Tamime, A.Y. (Eds.), *John Wiley & Sons Ltd*.
- Law, B.A., Castañón, M.J. ve Sharpe, M.E. (1976). The contribution of starter streptococci to flavour development in Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research*, 43(2), 301-311. <https://doi.org/10.1017/S0022029900015867>.
- Li, Z., Liu, T., Fan, K., Geng, L., Wang, P., Ren, F. ve Luo, J. (2024). Preparation of pH-responsive chitosan microspheres containing aminopeptidase and their application in accelerating cheese ripening. *Journal of Dairy Science*, 107(6), 3502-3514. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23982>.
- Lin, J.C.C. ve Jeon, I.J. (1987). Effects of commercial food grade enzymes on free fatty acid profiles in granular cheddar cheese. *Journal of Food Science*, 52(1), 79-83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb13976.x>.
- Lowrie, R.J., Lawrence, R.C. ve Peberdy, M.F. (1974). Cheddar cheese flavour. V. Influence of bacteriophage and cooking temperature on cheese made under controlled bacteriological conditions. *N.Z.J. Dairy Sci. Technol.*, 9, 116-121.
- Madkor, S.A., Tong, P.S. ve El Soda, M. (2000). Ripening of Cheddar cheese with added attenuated adjunct cultures of lactobacilli. *J. Dairy Sci.*, 83, 1684-1691. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75037-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75037-5).
- Martley, F.G. (1975). The behaviour and role of starter streptococci in Camembert cheesemaking. *N.Z.J. Dairy. Sci. Technol.*, 10, 12-17.
- McSweeney, P. L. ve Sousa, M.J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, 80(3), 293-324. <https://doi.org/10.1051/lait:2000127>.
- McSweeney, P. L.H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>.
- McSweeney, P.L.H. (2011). Cheese: Biochemistry of cheese ripening. *Encyclopedia of Dairy Sciences* (pp. 667–674).

- Nunez, M., Garcia-Aser, C., Rodriguez-Martin, M.A., Medina, M. ve Gaya, P. (1986). The effect of ripening and cooking temperatures on proteolysis and lipolysis in Manchego cheese. *Food Chemistry*, 21(2), 115-123. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(86\)90156-1](https://doi.org/10.1016/0308-8146(86)90156-1).
- Özer B. ve Hayaloğlu, A.A. (2021). Peynirde Olgunlaşmayı Hızlandırma Yöntemleri. 2. Basım, Editörler: Hayaloğlu, A.A., Özer, B. *Peynir Biliminin Temelleri*, 265-295.
- Peng, Q., Wang, X., Shang, M., Huang, J., Guan, G., Li Y. ve Shi, B. (2014). Isolation of novel alkaline-stable lipase from a metagenomic library and its specific application of milk fat flavour production. *Microb Cell Factories*, 13(1),1-6.
- Pettersson, H.E. ve Sjöström, G. (1975). Accelerated cheese ripening: a method for increasing the number of lactic starter bacteria in cheese without detrimental effect to the cheese-making process, and its effect on the cheese ripening. *Journal of Dairy Research*, 42(2), 313-326. <https://doi.org/10.1017/S002202990001534X>.
- Rabie, A.M. (1989). Acceleration of blue cheese ripening by cheese slurry and extracellular enzymes of *Penicillium roqueforti*. *Lait*, 69, 305-314. <https://doi.org/10.1051/lait:1989424>.
- Rani, S. ve Jagtap, S. (2019). Acceleration of Swiss cheese ripening by microbial lipase without affecting its quality characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 497-506. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3482-6>.
- Reps, A., Kolakowski, P. ve Dajnowiec, F. (1998). The effect of high pressure on microorganisms and enzymes of ripening cheeses. In: *High Pressure Food Science, Bioscience and Chemistry*. Neil, S. Isaacs (Ed.), pp. 265-270.
- Saldo, J., Sendra, E. ve Guamis, B. (2000). High hydrostatic pressure for ripening acceleration of goat's milk cheese. *Journal of Food Science*, 65(4), 636-640.
- Sihufe, G.A., Zorrilla, S.E., Perotti, M.C., Wolf, I.V., Zalazar, C.A. ve Sabbag, N.G. (2010). Acceleration of cheese ripening at elevated temperature. An estimation of the optimal ripening time of a traditional Argentinean hard cheese. *Food Chemistry*, 119(1), 101-107. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.001>.
- Singh, S. ve Kristoffersen, T. (1971). Influence of lactic cultures and curd milling acidity on flavor of Cheddar cheese slurries. *J. Dairy Sci.*, 54, 1589-1594. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(71\)86076-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(71)86076-9).
- Smit, G., Smit, B.A. ve Engels, W.J.M. (2005). Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiology Reviews*, 29, 591-610. <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2005.04.002>.
- Smith, M.R., Browning, P.D. ve Pawlett, D. (2003). Cheese ripening process. *United State Patent*, US 6,649,200 B2.
- Stratton, J.E., Hutkins, R.W. ve Taylor, S.L. (1991). Biogenic amines in cheese and other fermented foods: A review. *Journal of Food Protection*, 54(6), 460-470. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-54.6.460>.
- Upadhyay, V.K., Huppertz, T., Kelly, A.L. ve McSweeney, P.L.H. (2007). Use of high pressure treatment to attenuate starter bacteria for use as adjuncts for Cheddar cheese manufacture. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(4), 485-492. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.04.013>.
- Upadhyay, V.K. ve McSweeney, P.L.H. (2003). Acceleration of cheese ripening. In Dairy processing: improving quality (Edited by G Smit), *Woodhead Publishing Limited*.

- Üçüncü, M. (2008). A' dan Z' ye Peynir Teknolojisi Cilt 2. *Sidas*.
- Vélez, M.A., Bergamini, C., Wolf, I. V., Peralta, G.H. ve Perotti, M.C. (2023). Cheese Ripening: An Overview of Technological Strategies Towards Process Acceleration. Handbook of Cheese Chemistry. Editör Michael H. Tunick, *Royal Society of Chemistry*.
- Wilkinson, M.G. (1993). Acceleration of cheese ripening. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Volume 1 General Aspects. P.F. FOX Edt. Springer, pp. 523-555
- Xia, Q., Zheng, Y., Liu, Z., Cao, J., Chen, X., Liu, L., Yu, H., Barba, F.J. ve Pan, D. (2020). Nonthermally driven volatilome evolution of food matrices: The case of high-pressure processing. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 365-381. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.026>.
- Yokoyama, H., Sawamura, N. ve Motobayashi, N. (1992). Method for accelerating cheese ripening. *European-Patent-Application* EP 0 469 851 A1.



This Journal Published by the Turkish Federation of Animal Science