

# TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

Yıl : 2024 - Sayı - 1  
Turkish Journal of Science and Engineering – TJSE



**ISPARTA**  
UYGULAMALI BİLİMLER  
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN 2687-6086

# TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

(TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING)

Yılda iki sayı olarak (Haziran, Aralık) yayınlanan hakemli bir dergidir. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından yayınlanmaktadır.

It is a peer-reviewed journal published in two issue per year (June, December). Published by Isparta University of Applied Sciences, The Enstitute of Graduate Education.

Yıl/Year: 2024, Cilt/Volume: 6, Sayı/Issue: 1

## Privilege Owner / İmtiyaz Sahibi

Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL

## Baş editör / Editor-in-chief

Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ

## Editörler / Editors

Prof. Dr. Norita NORRAWİ

Prof. Dr. Mirha DİKİÇ

Dr. Teuku Reza FERASYİ

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

Prof. Dr. İskender AKKURT

Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ

Doç. Dr. Halime ÜNLÜ

Doç. Dr. Abdullah GENÇ

Doç. Dr. Musa YAVUZ

Dr. Öğr. Üyesi Filiz HALLAÇ TÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Ruziye KARAMAN

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR

Dr. Mahdi HOSSEINI

Dr. Supriyanto SUPRIYANTO

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK

Doç. Dr. Mualla Birgül HUBAN

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Hakan İNCE

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KIRBAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Sinan UĞUZ

Dr. Öğr. Üyesi Ali Nadi KAPLAN

Dr. Öğr. Üyesi Tuna GÖKSU

Dr. Öğr. Üyesi Mevlüt Yunus KAYACAN

## Danışma kurulu / Advisory board

Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR

Prof. Dr. Cengiz ÖZEL

Prof. Dr. Okan BİNGÖL

Prof. Dr. Hasan BAYDAR

Prof. Dr. Altan DOMBAYCI

Prof. Dr. İbrahim ÇAKMAK

Doç. Dr. Selçuk HELHEL

Prof. Dr. Metin MÜJDECİ

Prof. Dr. Hasan ALKAN

Prof. Dr. Oğuzhan ÇALIŞKAN

Prof. Dr. Mahmut ELP

Doç. Dr. Osman GENCEL

Dr. Öğr. Üyesi Selbi KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan TÜZÜN

## İstatistik Editörleri

Prof. Dr. Gamze ÖZEL

Doç. Dr. Özgür KOŞKAN

## Yayıncı Kuruluş / Publisher

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü – Isparta

## Dil Editörü/Language Editor

Dr. Öğr. Üyesi Gülin ZEYBEK

## İletişim / Contact

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Doğu, Yerleşkesi, Orman Fakültesi Binası, Zemin Kat  
32260 Çünür/Isparta

Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjse>

Tel: 0246 214 65 74

## Teknik Editörler/Technical Editors

Doç. Dr. Gürcan GÜLER

Arş. Gör. İsmail Yaşhan BULUŞ

Arş. Gör. Hasibe YILDIZ

**TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ** aşağıdaki indeks ve özler tarafından  
taranmaktadır.

**TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING** is indexed and/or abstracted by  
the following international databases.



Academic Resource Index (ResearchBib)



Directory of Research Journals Indexing (DRJI)



Asos Index



Bielefeld Academic Search Engine (BASE)



International Institute Of Organized Research (I2OR)



Acarindex

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### Araştırma / Research

Yüz Tanıma Tabanlı Öğrenci Takip Sistemi

*Face Recognition Based Student Tracking System*

Hümeyra Turan, Habib Doğan ..... 1-7

Farklı Yulaf (*Avena sativa* L.) Çeşit/Hatlarının Isparta Koşullarında Tane Verimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

*Determination of Grain Yield and Quality Characteristics of Oat (*Avena sativa* L.) Varieties/Lines under Isparta Conditions*

Gülsüm Güngören, İlknur Akgün ..... 8-13

Ahşap Ağartma Kimyasalları Uygulandıktan Sonra Balmumu ile Muamele Edilmiş Balau Red (*Shorea guiso*) Odununda Bazı Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi

*Identification of Certain Surface Characteristics of Balau Red (*Shorea guiso*) Wood Treated with Wood Bleaching Chemicals Followed by Wax Treatment*

Hüseyin Peker, Elif Hümeyra Bilginer, Ümit Ayata, Osman Çamlıbel, Levent Gürleyen ..... 14-21

Ekonominin Termodinamik Yasaları Üzerine Bir Deneme

*An Essay on the Thermodynamics Laws of Economics*

Ünal Çamdalı ..... 22-29

Tarım Sigortası Yaptıran ve Yaptırmayan Elma İşletmelerinin Maliyet ve Kârlılık Analizi: Denizli İli Çivril İlçesi Örneği

*Cost and Profitability Analysis of Apple Enterprises with and without Agricultural Insurance: The Case of Denizli Province Çivril District*

Ayşe Tekin, Bahri Karlı ..... 30-38

Konya Koşullarında Farklı Azot ve Fosfor Uygulamalarının Macar Fiği + Arpa Karışımının Ot Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

*Determination of the Effects of Different Nitrogen and Phosphorus Doses on the Hay Yield and Quality of Hungarian Vetch+Barley Mixture in Konya Conditions*

Ömer Faruk Kökcüler, Mevlüt Türk ..... 39-47

Destek Bitki Olarak Farklı Oranlarda Tritikale Kullanımının Macar Fiğinde Tohum Üretimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

*Determination of the Effects of the Use of Different Ratios of Triticale As A Support Plant on Seed Production of Hungarian Vetch*

Aytaç Zafer Alıcı, Mevlüt Türk ..... 48-54

Ozonlu Su Uygulamasının Kapyra Biberinde Depolama Boyunca Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi

*Effect of Ozonated Water on Fruit Quality of *Capia* Pepper During Storage*

Yasin Şimşek, Mehmet Ali Koyuncu ..... 55-63

### Derleme / Review

Sürdürülebilir Hayvancılıkta Yenilikçi Teknolojilerin Kullanımı

*Use of Innovative Technologies in Sustainable Livestock Production*

Murat Kahraman, Hasan Yılmaz ..... 64-71



## Yüz Tanıma Tabanlı Öğrenci Takip Sistemi

Hümeyra Turan<sup>1\*</sup> , Habib Doğan<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Gölhisar, Burdur

\*Sorumlu yazar: humeyratrn@hotmail.com

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 5/12/2023

Kabul tarihi: 4/4/2024

**Anahtar Kelimeler:** Bilgisayarlı Görü, Dlib, Yüz algılama, Yüz tanıma

DOI: 10.55979/tjse.1400518

### ÖZET

Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesi otomasyon sistemlerinde farklı yaklaşımların ortaya çıkmasını netice vermiş ve biyometrik temelli tanımların yoğun bir şekilde kullanımını doğurmuştur. Bu çalışmada öğrencilerin bir derse devam süreçlerinin etkili ve kolay bir şekilde yapılabilmesi ve yaşanacak zaman israfının önüne geçilmesi amacıyla biyometrik temelli sistemlerden yüz tanıma işlemi kullanılarak sınıf yoklama sistemi geliştirilmiştir. Phyton programlama dili ve OpenCV kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilen uygulama ile hem tekli ve çoklu yüz tanıma işlemleri hem de tıbbi maske takılma durumundaki yüz tanıma işlemleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Derse kayıtlı olmayan öğrencilerin misafir öğrenci olarak kodlandığı sistemde, istenildiği durumlarda sesli uyarı ile de yüzü tanınan öğrencinin isminin seslendirilmesi de sağlanabilmektedir. Sonuçlar bir CSV uzantılı dosyada tarih temelli olarak depolanmakta istenildiği takdirde öğrencilerin devam durumları istatistiksel olarak analiz edilebilmektedir. Çalışmanın eğitim kurumlarındaki devam süreçlerinde iyileştirmeler sağlayacağı ve uygulanması durumunda farklı mobil platformlarla desteklenerek çok daha efektif hale getirilebileceği öngörülmektedir.

## Face Recognition Based Student Tracking System

### ARTICLE INFO

Received: 5/12/2023

Accepted: 4/4/2024

**Keywords:** Computer Vision, Dlib, Face detection, Face Recognition

DOI: 10.55979/tjse.1400518

### ABSTRACT

The rapid development of technology has resulted in the emergence of different approaches in automation systems and has led to the intensive use of biometric-based recognitions. In this study, a class attendance system has been developed using face recognition, one of the biometric-based systems, in order to make students' attendance to a class effectively and easily and to prevent time waste. With the application implemented using Phyton programming language and OpenCV library, both single and multiple face recognition processes and face recognition processes in the case of wearing a medical mask were successfully performed. In the system where students who are not enrolled in the course are coded as guest students, the name of the student whose face is recognized can also be voiced with a voice warning when desired. The results are stored in a csv file on a date-based basis and the attendance status of the students can be statistically analyzed if desired. It is predicted that the study will provide improvements in attendance processes in educational institutions and if implemented, it can be made much more effective by supporting it with different mobile platforms.

### 1. Giriş

Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesiyle birlikte hayatımıza daha önce olmayan birçok yeni kavram katılmış ve daha önce çözümü bile öngörülemeyen problemlere çok farklı ve kolay çözüm yolları ortaya konulmuş, bu sayede çoğu konu kolay, basit ve hızlı bir şekilde çözüme kavuşturulabilmeye başlamıştır. Özellikle insan aklını ve düşünme biçimini taklit etmeye çalışan yapay zekâ sistemlerinin makine öğrenme, derin öğrenme, yapay sinir ağları, bilgisayarlı görü gibi teknolojiye dönük uygulamaları son zamanların en popüler araştırma konularını oluşturmaktadır (Wang & Deng, 2021).

Makine öğrenme algoritmalarının endüstriyel uygulamalara entegre edilmesi, otomasyon sistemlerinde farklı bir boyuta geçilmesine sebep olmuş ve bu alanda görüntü işleme konusunun derinlemesine çalışılmasını ve araştırılmasını netice vermiştir. Görüntü işleme, herhangi bir şekilde alınan görüntüler üzerinde işlem yaparak karar

verme algoritmalarının devreye sokularak işlem yapılmasıdır (Eldem vd., 2017). Bu teknik, alınan görüntülerin netliğini artırmak, nesnelerin tanımlanmasını, farklı nesnelerin elde edilmesini sağlamak gibi birçok amaç için uygulanabilir olup, bu sayede insanı devreden çıkaran ve güvenliği üst seviyelere taşıyan otomasyon sistemlerinin önünü açmıştır. Eğitim, sağlık, tıp, tarım, güvenlik ve ulaşım gibi farklı alanlarda kendisine uygulama alanı bulan görüntü işleme sistemleri, yaygın bir şekilde de personel takip otomasyon ve güvenlik sistemlerinde kullanılmaktadır (Khan vd., 2019). Derin öğrenmenin görüntü işleme algoritmalarında kullanılmaya başlanmasıyla birlikte hata oranlarının azalması, bahsedilen uygulamalarda bu tekniğe olan talebi de artırmıştır (Mamak vd., 2020). Hataların azalması ve güvenlik seviyelerinin artması birçok kurumda farklı sistemlerle sürdürülen personel tanıma ve takip sistemlerinde biyometrik özelliklerin kullanımını



sağlamıştır. Parmak izi, iris ve yüz tanıma bu tür biyometrik tabanlı sistemlerin başında gelmektedir (Başay, 2021).

Diğer biyometrik temelli tanımlamalara kıyas edildiğinde ilk uygulamalarının literatüre 1950 yıllarında girdiği (Khan vd., 2019) yüz tanıma ve tarama sistemlerinin yakın temas istememesi, yüksek doğrulukta başarıma oranları onu bir adım öne çıkarmaktadır. Özellikle personel takibi, suçlu takibi ve farklı şekillerdeki güvenlik uygulamalarında yüz tanımanın daha çok kullanılabilir olduğu görülmektedir (Torun vd., 2007; Boutros vd., 2022). Gelişmiş ülkelerin birçoğunda güvenlik sağlama amaçlı olarak yüz tanıma sistemleri aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Metropollerin farklı noktalarına yerleştirilen kameralardan elde edilen verilerle birçok suç olayının aydınlatılması ve suçluların yakalanabilmesinin temelinde görüntü işleme teknikleriyle ortaya konulan yüz tanıma algoritmalarının devreye girmesidir.

Yüz algılama veya tanıma şeklindeki sistemler, dijital olarak işlenmiş görüntülerdeki insan yüzlerini bulmayı ve tanımayı amaçlamaktadır. Genel uygulamalara bakıldığında farklı ortamlardaki yüzlerin algılanması veya veri tabanlarına daha önce kaydedilmiş yüzlerin tanınması gibi iki ana kategoriye ayrıldığı görülmektedir. İnsan yüzündeki ayırt edici özelliklerin yapay zekâ algoritmaları tarafından işlenerek istenen çözümün sunulduğu bu teknikte artık birçok teknoloji devi olan firmaların farklı çözüm önerileri ve uygulamaları ortaya konulmaktadır. Açık kaynak kodlu olarak çalışan, C++ ile yazılmış ve binlerce optimize edilmiş algoritmaya sahip olan OpenCV kütüphanesi bu amaçla oluşturulmuş ve çoğu firmanın kullandığı, tüm işletim sistemlerinin desteklediği bir platformdur (Anonim, 2021). OpenCV yanında farklı firmaların yapay zekâ temelli yüz tanıma amaçlı geliştirmiş olduğu başka kütüphanelerinde bulunduğu bilinmektedir. Özellikle Google ve Facebook gibi şirketlerin bu alana çok fazla yatırım yaptığı bilinmektedir (Parkhi vd., 2015). Bu farklı kütüphanelerden OpenCV ve Dlib kütüphanelerinin hangisinin nasıl performans sergilediğine dair çalışmalarda literatüre kazandırılmıştır (Boyko vd., 2018). Bu karşılaştırma sonucunda IoT platformları için OpenCV kütüphanesinin daha iyi sonuç verdiği ortaya konulmuştur.



Şekil 1. Yüz tanıma işlemi  
Figure 1. Face recognition process

Genel hatlarıyla bakıldığında, yüz tanıma süreçleri oldukça karmaşık ve çok aşamalı bir süreç dizisini içermektedir. İlk aşama, görüntü içerisinde bulunan yüzün algılanmasıdır. Bu aşama, genellikle alınan görüntüdeki yüz bölgelerini belirleme veya yüz konumunu tespit etme işlemlerini içerir. Daha sonrasında, elde edilen yüz bölgeleri normalleştirilir. Normalleştirme, farklı ışık koşulları, perspektif değişiklikleri veya ölçek farklılıkları gibi çeşitli faktörleri dikkate alarak yüz görüntüsünü standart bir forma getirme işlemidir. Özellikle, normalleştirme işlemi sırasında yüz görüntüsü üzerindeki görüntülerin azaltılması ve yüz özelliklerinin daha belirgin hale getirilmesi amaçlanır. Ardından, belirtilen normalleştirilmiş yüz üzerinde özellik çıkarma adımı gerçekleştirilir. Bu adım, yüzün karakteristik özelliklerini temsil eden veri noktalarını çıkarmayı içerir. Elde edilen verilerin uyumluluğuna göre yüz, en uyumlu veri kümesine sahip olanla eşleştirilerek yüz tanıma işlemi gerçekleştirilmeye çalışılır.

Son zamanlarda Evrimsel Sinir Ağlarının (Convolutional Neural Networks, CNN) etkileyici bilgisayarlı görü performansları dikkat çekse de büyük depolama ve fazla zaman gereksinimi, CNN modellerinin mobil ve gömülü sistemlerde kullanımını zorlaştırmaktadır (Tiraki vd., 2022). Bu nedenle bu platformlar için Mobile ID, ShiftFaceNet, ve Mobile FaceNET gibi daha düşük seviyeli modeller geliştirilmiştir. Ama bu modellerinde belli durumlarda performans kriterlerini sağlayamamaları nedeni ile farklı algoritma geliştirme çalışmaları yürütülmüş olup OpenCV kütüphanesinin de kullandığı Triplet Loss algoritması bunlardan birisidir (Feng vd., 2020).

Personel takip sistemlerinin yanında eğitim kurumlarının da artık yasal sınırlamaları gözeterek biyometrik tanımlama ve takip sistemlerini kullanmaya başladıkları ve bir sürü formalite zaman harcanmasına neden olan süreçleri otomatize etmeye yönelik çalışmalara yönelindikleri görülmektedir. Eğitim kurumlarındaki öğretmenlerin takip ettiği öğrenci devam durumlarının bir şekilde otomasyon sisteminin içerisine dahil edilmesi ve hem öğrencilerin hem de öğretmenlerin boşa zaman harcamasının önüne geçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle öğrencilerin devamsızlık problemlerinin takibinde kullanılacak farklı çözümler literatüre kazandırılmış olup, RFID tabanlı sistemler yanında yüz tanıma sistemlerinin de bu amaçla kullanıldığı çalışmalar yapılmıştır (Sezdi & Tüysüz, 2018).

Bu çalışmada eğitim kurumlarında öğrenci devam takibine yönelik yüz tanıma uygulaması geliştirilmiş ve sonuçları test edilmiştir. Bu amaçla OpenCV kütüphanesi kullanılmış olup, sınıf girişine veya sınıfa hâkim noktalara yerleştirilecek kamera ile öğretmen kontrolünde elektronik bir şekilde sınıf yoklaması alınabilecek olup, bu şekilde ders sürecinde yaşanacak zaman kaybı ile bilinçli veya bilinçsiz yapılan yanıtların da önüne geçilmesi sağlanmış olacaktır. Sınıfın büyüklüğüne göre birden fazla kameranın kullanılmasının mümkün olduğu bu sistemde, veri tabanında sağlanacak farklı fotoğraf destekleri ile hata payı ortadan kaldırılacaktır. Sistem tekli ve çoklu okumalarda test edilmiş, pandemi

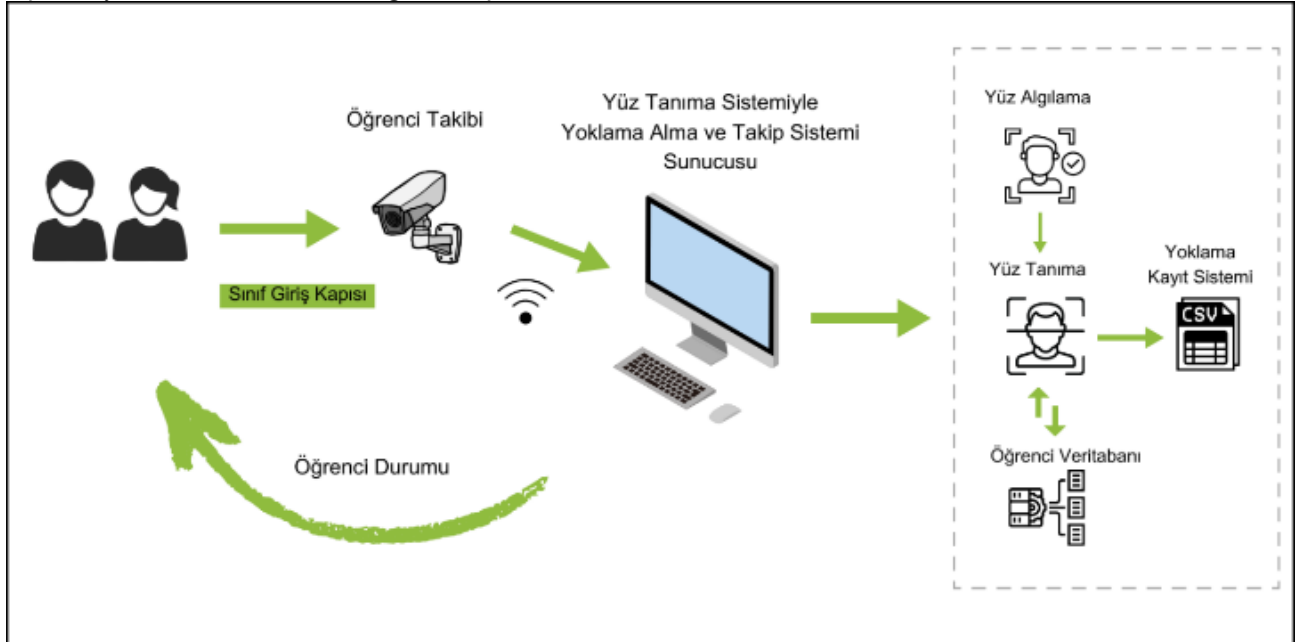
süreçlerinde hayatımıza giren maske takılma durumunda da doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çalışmanın 2. Kısımında sistemin nasıl kurgulandığı verilmiş olup, elde edilen sonuçlar 3. Kısım olan Bulgularda gösterilmiştir. 4. Kısımda ise sonuçlar farklı açılardan yorumlanmış ve sistemin ne oranda kullanılabilir olacağına dair değerlendirmeler yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Yüz tanıma sistemleri, kişileri tanıma ve doğrulama amacıyla kullanılan teknolojilerdir. Bu sistemler, kişilerin yüz özelliklerini analiz ederek kimliklerini belirlerler. Bu analiz, önceden tanımlanmış yüz özellikleri ile karşılaştırma yoluyla gerçekleştirilir. Buna da bir nevi "encoding" denilir. Encoding, yüz tanıma algoritmalarının, yüzleri karşılaştırma ve tanıma işlemlerini gerçekleştirmelerine olanak tanır. Yüz tanıma sistemleri, yüz görüntülerinden elde edilen özelliklerin dosyalarda saklandığı bir yapıya sahiptir. Bu yapı, tanımlı kişilerin yüzlerini temsil eden fotoğrafları içerir. Sistem,

kişinin yüz dokusu ve şeklini inceleyerek, bu kalıpları kullanarak ve karşılaştırmalar yaparak, kişiyi benzersiz bir şekilde tanımlar. Biyometrik temelli yapay zekâ uygulamaları da gelişen bir alanı temsil eder. Kişinin biyometrik özellikleri, yüz tanıma sistemleri gibi teknolojilerle analiz edilir. Bu yöntemler, kişinin fiziksel özelliklerini kullanarak kimlik doğrulaması yaparlar. Yüz tanıma sistemlerinin doğruluk seviyesi, diğer biyometrik yöntemlere göre daha düşük olabilir, örneğin iris tanıma veya parmak izi tanıma gibi yöntemlere kıyasla. Fakat görüntü işleminin gelişmiş algoritmaları ile bu işlem tersine dönebilir. Parmak izi kişiye özel ve tek olduğundan doğruluk oranı daha yüksektir. Ancak yüz tanıma, temassız ve invazif olmayan bir işlem olduğundan yaygın olarak kullanılır. Şekil 2'de çalışmada kullanılan sistemin blok diyagramı verilmiştir. Bu sistem, sınıflarda yoklama alma sürecini en aza indirerek verimlilik sağlar.



Şekil 2. Önerilen yüz tanıma tabanlı yoklama alma ve takip sisteminin çalışma diyagramı

Figure 2. Working diagram of the proposed face recognition based attendance and tracking system

Önerilen bu sistemde tercih edilebilecek kablolu veya kablosuz Wi-Fi kameralar öğrencilerin derslere devamlılık durumlarını takip edebilmek amacıyla ve yüz görüntülerini almak sureti ile sınıfların girişlerine yerleştirilmektedir. Bu kameralar sayesinde sınıflara girişlerde öğrencilerden alınan görüntüler bilgisayarda görüntü işleme teknikleriyle işlenmektedir. Kameradan alınan görüntülerde ilk önce yüz tespiti yapılır. Bir yüz tespit edildiye eğer, tespit edilen yüz öğrenci veri tabanında bulunan yüzlerle karşılaştırılarak kontrol edilir. Algılanan yüz, öğrenci veritabanı içerisinde bulunan fotoğraflar arasında yer alıyor ise, öğrencinin "ad", "soyad", "numara" ve derse saat kaçta giriş yaptığı bilgileri yoklama kayıt sistemine o günün tarihi ile otomatik bir şekilde kaydedilir. Ve bu süre zarfında sesli bir şekilde öğrencinin adı, soyadı ve numara bilgileri anons edilir. Gerçek zamanlı bir şekilde görüntüleri alan

kamera, öğrenci veritabanında bulunmayan bir yüz ile karşılaşır ise bu öğrenci yoklama kayıt sistemine "misafir öğrenci" olarak kaydedilir. Bu sistem ile öğretmenler, öğrencilerin derslere devamlılıklarını kolay bir şekilde takip altına alabilirler.

İlk olarak, yüz tanıma sürecinin başlangıç adımı, yüz algılama işleminin doğru ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesidir. Bu amaca yönelik kullanılan yüz algılama yöntemleri bir dijital görüntünün yüz içerip içermediğini tespit etmeye çalışırlar. Yüz algılama ve yüz tanıma algoritmaları, bu bağlamda önemli bir rol oynar. Yüz algılama bir veri kaynağında yani bir video veya fotoğrafta bir veya birden fazla yüzün varlığını tespit etmeyi amaçlar. Genellikle bu resim veya videoda bir yüz bulunuyor mu gibi evet/hayır tarzında sorulara cevap niteliğinde olur. Yüzlerin nerede olduğunu belirlemeye

odaklanır, fakat bu algılanan yüzlerin kimlere ait olduğunu tanımaya yönelik bir ayırım yapmaz. Bu çalışmada geleneksel yüz algılama algoritmaları olan HOG (Histogram of Oriented Gradients) veyahut Viola-Jones kullanılmamıştır. Aksine Face Recognition kütüphanesinde yüz algılama işlemi için kullanılan önceden eğitilmiş bir yüz algılama modeli kullanılmıştır.

Videodan alınan görüntülerdeki yüzler algılandıktan sonra algılanan yüzlerin kimlere ait oldukları tespit edilmeye çalışılır. Sadece yüzleri tanımakla kalmaz aynı zamanda bu yüzleri önceden kaydedilmiş kişilerle karşılaştırmalar yaparak atama yapar. Ayrıca yüz tanıma aşamasında Face Recognition kütüphanesi yüzlerin tanınabilmesi için Dlib kütüphanesi ile çalışır. Bu kütüphaneler önceden eğitilmiş yüz tanıma modeli içerirler. Çalışmamızda tercih ettiğimiz Face Recognition kütüphanesi gelişmiş bir yüz tanıma tekniği olan Triplet Loss tabanlı yaklaşımı benimser. Triplet Loss, yüz tanıma süresinde kullanılan bir yöntemdir ve yüzleri sayısal vektörlere dönüştürme işlemi olan encoding için özellikle etkilidir. Bu teknik benzer yüzleri ayırt etme yeteneğini güçlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Triplet Loss'un temel prensibi üç farklı yüz örneğini içeren triplet'leri kullanmaktır. Bu tripletler, pozitif ve negatif örnekleri içerir. Pozitif örnekler aynı kişiye ait yüzleri temsil ederken, negatif örnekler farklı kişilere ait yüzleri ifade eder. Öncelikle her bir triplet içindeki yüzler arasındaki benzerlik veya farklılık belirlenir. Triplet Loss fonksiyonu, aynı kişiye ait yüzlerin arasındaki mesafeyi minimize etmeyi ve farklı kişilere ait yüzlerin arasındaki mesafeyi maksimize etmeyi amaçlar. Bu sayede model, yüzlerin benzersiz özelliklerini daha iyi öğrenir ve her bir yüzü benzersiz bir sayısal vektörle temsil eder. Encoding işlemi sırasında bu sayısal vektörler arasındaki mesafelerin kullanılması yüz tanıma doğruluğunu artırır ve benzer yüzlerin daha doğru bir şekilde eşleştirilmesini sağlar. Triplet Loss tabanlı yaklaşım, özellikle sınırlı sayıda örnek içeren durumlarda modelin daha güçlü ve geliştirilebilir yüz tanıma yetenekleri kazanmasına yardımcı olabilir. Derin öğrenme, bu çalışmada kullanılan Triplet Loss tabanlı yöntem aracılığıyla geleneksel yüz tanıma algoritmalarına göre avantajlar sunmaktadır. Bu yöntem, özellikle yüz tanıma işlemlerinde yüksek hassasiyet ve doğruluk elde etmeyi hedefleyerek Face Recognition kütüphanesine üst düzey avantajlar sunmaktadır. Derin öğrenmenin bu bağlamdaki önemi Triplet Loss'un yüz tanıma sürecindeki üstün yeteneklerine dayanmaktadır. Geleneksel yöntemler genellikle yüzler arasındaki benzerlikleri belirleme konusunda sınırlı kalabilirken, Triplet Loss tabanlı derin öğrenme pozitif ve negatif örnekleri içeren tripletler üzerinden öğrenme yeteneği ile benzersiz bir ayırım sağlar. Bu yöntem yüz tanıma süreçlerindeki karmaşıklığı azaltarak daha kesin ve güvenilir sonuçlar elde etmeyi amaçlar. Gelişmiş hassasiyet ve doğruluk, özellikle bu çalışmanın hedefi olan sınıf yoklama sistemi gibi uygulamalarda daha etkili ve güvenilir performans sağlamak adına önemli bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, derin öğrenme yöntemleri ile yüz tanıma teknolojisinin evrimini vurgulayarak, biyometrik tabanlı

sistemlerin günlük yaşamda daha yaygın ve etkili bir şekilde kullanılabilmesini destekler.

### 3. Bulgular

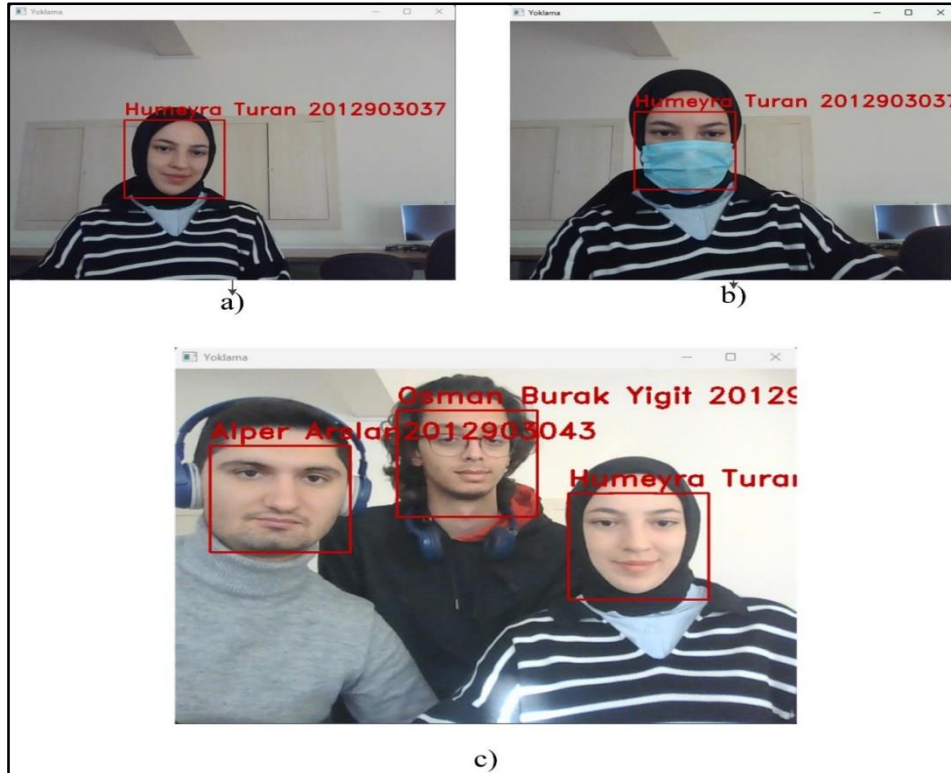
Çalışmada yüz tanıma tabanlı yoklama alma sistemi oluşturulmuştur. İlk adımda çalışmada kullanılacak kütüphaneler ve modüller içeri aktarılmıştır. Bunlar arasında başlıca olanları OpenCV, SimpleFacerec sınıfı, datetime ve pyttsx3 bulunmaktadır. Yüz tanıma işlemi için Face Recognition kütüphanesinin SimpleFacerec sınıfı oluşturulur ve bu sınıfın içinde Face Recognition kütüphanesinin içerisinde bulunan hazır eğitilmiş algoritmalarla yüzlerin özellikleri yüklenir. Bu özellikler ise sınıftaki öğrencilerin yüzlerinin bulunduğu öğrenci veritabanında bulunan yüz resimlerinin özelliklerini içerir. Sınıf giriş kapılarına yerleştirilen kameralar açılır ve sonsuz bir döngü başlar. Bu döngü içerisinde ise her bir frame yakalanır. Yakalanan görüntülerde yüzler tespit edilir. SimpleFacerec görüntüdeki algıladığı yüzleri tanımaya çalışır. Bu işlemi ise öğrencilerin yüzlerinin bulunduğu öğrenci veritabanı içerisinde bulunan yüzlerle karşılaştırma yaparak bulur. Öğrenci veritabanında bulunan bir yüz ile benzerlik uyarırsa yüz tanıma işlemi gerçekleşir. Aynı zamanda tanıma işlemi yapılırken tek bir yüzü baz alarak algılama işlemi yapılmaz. Çoklu tanıma ve tıbbi maske takılı haldeyken bile tanıma işlemleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilir. Şekil 3'te tekli, çoklu ve tıbbi maske takılması durumlarda gerçekleşen tanıma işlemleri gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görüleceği gibi çoklu tanımalarda ve tıbbi maske takılması durumunda da yüzler tanınmakta ve herhangi bir zorluk ile karşılaşılmamaktadır. Bu da bu sistemin çok rahatlıkla sınıflarda yoklama alma işlemlerinde kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca, literatürde yapılmış benzer çalışmalarla bu çalışmanın mukayesesi Tablo 1'de verilmiştir. Bu araştırmanın temel hedefi, yukarıdaki Tabloda da görüldüğü üzere yüz tanıma teknolojisine dayalı olarak sınıf yoklama süreçlerini etkili bir şekilde otomatize etmek ve geliştirmektir. Face Recognition kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışma, sınıftaki öğrencilerin yüzlerini tanıyarak yoklama alınmasını sağlamaktadır. Proje, öğrencilerin tıbbi maskelerle sınıfa giriş yaptığı durumları da başarıyla ele alarak maskeli yüz tanıma özelliğini entegre etmiştir. Ayrıca, sesli komutlar kullanılarak sınıfa giriş yapan öğrencilerin bilgileri anons edilmekte, bu da yoklama sürecini daha interaktif hale getirmektedir. Bu yenilikçi özelliklerle beraber, çalışmanın temel odak noktası geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkili, hızlı ve kullanıcı dostu bir sınıf yoklama sistemi oluşturmaktır. Bu bağlamda, öğrencilerin tıbbi maske takmış olmaları durumunda dahi yüksek tanıma başarısı elde edilmesi, çalışmanın sınıf içindeki çeşitli koşullara adaptasyon yeteneğini ve güvenilirliğini vurgular. Bu şekilde, eğitim ortamlarında yüz tanıma teknolojisinin sağladığı



avantajları daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Tablo 1. Bu çalışma ile literatürde yapılmış benzer çalışmaların mukayesesi  
Table 1. Comparison of this study with similar studies in the literature

Referanslar	Kullanılan Kütüphane ve Yöntem	Maskeli Yüz Tanıma	Sesli Anons	Amaç
(Sezdi & Tüysüz, 2018)	Python, Tkinter	Hayır	Hayır	RFID kart okuyucu ile öğrenci sınıf yoklaması alma.
(Tanrıverdi, 2017)	EmguCV, Özyüz, FisherYüz, .NET	Hayır	Hayır	Geleneksel yüz tanıma yöntemleri ve mobil bir sistem ile öğrenci sınıf yoklaması alma.
(Temiz, 2022)	Eigen Value Face Recognition, HAAR classifier, EMGU	Hayır	Evet	Eigenfaces yöntemiyle derin öğrenmenin hazır eğitilmiş kütüphaneleri kullanılmadan veriler eğitilerek yüz tanıma tabanlı sınıf yoklaması alma.
(Mamak vd., 2020)	Özyüz, FisherYüz, LBPH	Hayır	Hayır	Yüz tanıma tabanlı personel kontrol ve takip sistemi.
Bu çalışma	OpenCV, Face Recognition, Numpy, Dlib, Triplet Loss, Encoding	Evet	Evet	Bu çalışmanın amacı, Face Recognition kütüphanesi kullanılarak sınıf yoklama süreçlerini otomatize etmek, maskeli yüz tanıma ve sesli komut özelliklerini entegre ederek daha efektif bir sınıf yoklama sistemi oluşturmaktır.



Şekil 3. Yüz tanıma işlemleri a) tekli yüz tanıma işlemi b) tıbbi maske ile tanıma işlemi c) çoklu yüz tanıma işlemi

Figure 3. Face recognition processes a) single face recognition process b) recognition process with medical mask c) multiple face recognition process

Yüz tanıma işlemi gerçekleştirildikten sonra sesli bir komut ile öğrencinin ad, soyad ve numara bilgisi sesli bir şekilde anons edilir. Daha sonra öğrencinin bu bilgileri CSV formatında oluşturulan dosyaya kaydedilir. Yoklama kaydı, her çalışma günü için ayrı bir CSV dosyası içinde saklanır. Dosya adı, o günün tarihine göre oluşturulur. Örneğin, "yoklama-NOV-22-2023.csv" şeklinde bir dosya adı oluşturulur. Dosya açılır ve başlık satırı eklenir. Daha

sonrasında ise öğrencinin ad, soyad, okul numarası ve derse kaçta giriş yaptığı bilgileri her öğrenci için teker teker kayıt altına alınır. Öğrencilerin yüzlerinin bulunduğu öğrenci veri tabanında kaydı bulunmayan yani yoklamaya dahil edilmeyen öğrenciler misafir olarak kayda alınır. Şekil 4'te yoklama kaydının örneği gösterilmiştir.

	A	B	C	D	E
1	Ad,Soyad,Numara,Saat				
2	Humeyra Turan 2012903037,12:57:21				
3	Misafir Öğrenci,12:58:00				
4	Alper Arslan,2012903043,12:58:28				
5	Osman Burak Yiğit , 2012903050, 12:59:39				
6					
7					
8					

Şekil 4. Yoklama kaydının alınması  
Figure 4. Receiving the attendance record

#### 4. Sonuç

Bu makalede, yüz tanıma temelli bir yoklama alma sistemi başarıyla geliştirilmiş ve test edilmiştir. Çalışmada, öğrencilerin yüzlerini tanıyarak derse katılımlarını otomatik olarak kaydeden ve bu şekilde hem öğrenci açısından hem de öğretmenler açısından gereksiz bir uğraşın ortadan kaldırılması hem de zaman kaybını önleyecek verimli bir sistem oluşturmak amaçlanmıştır. Bu yaklaşım, geleneksel manuel yoklama yöntemlerine kıyasla daha hızlı bir alternatif sunmaktadır. İlk olarak, öğrenci yüzlerinin tanınabilmesi amacıyla derse kayıtlı her bir öğrencinin yüz bilgisini içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanında toplamda 100 öğrencinin yüz bilgisi bulunmaktadır. Çalışmadaki önemli bir husus şudur ki, test ve eğitim işlemlerinin gerçekleştirilmemiş olmasıdır. Yani, her öğrencinin yüzlerce fotoğrafını depolama ve eğitime süreci uygulanmamıştır. Bunun yerine her bir öğrencinin yalnızca tek bir fotoğrafından elde edilen görüntüler kullanılarak, encoding temelli bir işlem gerçekleştirilmiştir. Daha sonra derin öğrenme destekli önceden eğitilmiş kütüphaneler kullanılarak yüz tanıma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tanıma işlemi başarılı olduğunda, yoklama bilgileri her ders günü için ayrı bir csv dosyasına kaydedilmektedir. Bu dosyalar, ders tarihini baz alarak adlandırılır. Öğrencilerin yoklama durumları bu dosyalarda kaydedilirken, istenilirse, öğrenci bilgileri sesli bir şekilde anons edilerek doğrulama süreci kolaylaştırılabilir. Ayrıca, ders yoklamasında kaydı olmayan öğrencilerin de misafir öğrenci olarak kayda alınması mümkün hale getirilmiştir. Bu çalışma öğrenci yoklama alma sürecini otomatikleştirmenin ve hızlandırmanın etkili bir yolunu sunmakla birlikte, aynı zamanda, yüz tanıma teknolojisinin eğitim alanında başarılı bir şekilde nasıl kullanılabileceğini gösteren iyi bir örnek özelliğindedir. İleriki aşamalarda çalışmanın mobil uygulama haline getirilerek daha da kullanışlı hale getirilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada geliştirilen biyometrik temelli yüz tanıma sınıf yoklama

sisteminde belirli koşullarda hatalar ve sınırlamalarla karşılaşılabilir. Bunlardan biri çok fazla düşük aydınlatma koşullarında yüz tanıma doğruluğunda bir düşüş meydana gelebilir, veyahut yüz tanıma süresini arttırabilir. Diğer ise yanlış tanımlama ve benzer görünümlü kişiler (ikiz) arasında karışıklıklara veya hatalı tanımlamalara neden olabilir. Bu nedenle geliştiricilerin bu durumları iyileştirmek için çözüm aramaları önem arz eder.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### 5. Kaynaklar

- Anonim (2021). OpenCV Nedir? <https://devreyakan.com/opencv-nedir>. (Son erişim tarihi:11 Kasım 2023)
- Başay, B. (2021). Görüntü İşleme Teknikleriyle Yüz Algılama Sistemi Geliştirme. <https://medium.com/augelab-crew/görüntü-işleme-teknikleriyle-yüz-algılama-sistemi-geliştirme-1ee3c16e91c4> (Son erişim tarihi: 05 Kasım 2023)
- Boutros, F., Damer, N., Kirchbuchner, F., & Kuijper, A. (2022). Self-restrained triplet loss for accurate masked face recognition. *Pattern Recognition*, 124, 108473. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2021.108473>
- Boyko, N., Basystiuk, O., & Shakhovska, N. (2018). Performance evaluation and comparison of software for face recognition, based on dlib and opencv library. In *2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)*. (pp. 478-482).
- Eldem, A., Eldem, H., & Palali, A. (2017). Görüntü işleme teknikleriyle yüz algılama sistemi geliştirme. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 44-48.
- Feng, Y., Wang, H., Hu, H. R., Yu, L., Wang, W., & Wang, S. (2020). Triplet distillation for deep face recognition. In *2020 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. (pp. 808-812).
- Khan, M., Chakraborty, S., Astya, R., & Khepra, S. (2019). Face detection and recognition using OpenCV. In *2019 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS)*. (pp. 116-119).

- Mamak, U., Konyar, M. Z., Solak, S., & Uçar, M. H. (2020). Gerçek zamanlı yüz tanıma tabanlı personel kontrol ve takip sistemi tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 497-504.
- Parkhi, O., Vedaldi, A., & Zisserman, A. (2015). Deep face recognition. In *British Machine Vision Association*. (pp. 41.1-41.12)
- Sezdi, E., & Tüysüz, B. (2018). Elektronik bilgi sistemleri tabanlı öğrenci yoklama kontrol sistemi. *Bilgi Yönetimi*, 1(1), 23-31.
- Tanrıverdi, M. (2017). *Yüz bulma ve tanıma tabanlı otomatik sınıf yoklama yönetim sistemi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Temiz, H. (2022). Rapid marking attendance with face recognition. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 36, 78-86.
- Tiraki, Y., Bakır, Ç., Serttaş, S., & Temurtaş, H. (2022). Evrişimsel sinir ağları ile otomatik yüz tanıma sistemi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(3), 219-224.
- Torun, B., Yurdakul, M., & Duygulu, P. (2007). Benzer yüzlerin bulunması, Bilgisayar Mühendisliği, Bilkent Üniversitesi. <http://www.cs.bilkent.edu.tr/~duygulu/papers/SIU2009-Torun.pdf>. (Son erişim tarihi: 10 Kasım 2023).
- Wang, M., & Deng, W. (2021). Deep face recognition: A survey. *Neurocomputing*, 429, 215-244.



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Farklı Yulaf (*Avena sativa* L.) Çeşit/Hatlarının Isparta Koşullarında Tane Verimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Gülsüm Güngörer<sup>1</sup> , İlknur Akgün<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

\*Sorumlu yazar: ilknurakgun@isparta.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 08/12/2023

Kabul tarihi: 20/02/2024

**Anahtar Kelimeler:** *Agronomik özellikler, Kalite, Verim, Yulaf*

DOI: 10.55979/tjse.1402112

#### ÖZET

Araştırmada, 6 adet yulaf çeşidi (Küçükyayla, Diriliş, Yeniçeri, Halkalı, Kırklar ve Kahraman), 3 adet ileri generasyon hattı (YBUD-4, YBUD-9 ve YBUD-18) ve 3 adet yerel popülasyonun (Kütahya, Afyonkarahisar, Isparta) Isparta koşullarında bazı agronomik ve kalite özellikleri incelenmiştir. Çalışma, 2022 yılında tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve metrekareye 500 adet tohum atılmıştır. Çalışmada incelenen özellikler yönünden genotipler arasındaki farklılıkların, istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada tane verimi 189.33-297.67 kg/da, biyolojik verimi 714.00-966.67 kg/da, hasat indeksi %25.64-31.61, bin tane ağırlığı 27.49-48.60 g, ham protein oranı %10.59-14.92 ve kavuz oranı %33.50-49.30 arasında değişim göstermiştir. Sonuç olarak, araştırmada tane verimi ve biyolojik verim değerleri dikkate alındığında ileri generasyon hatlarından YBUD-4 ve YBUD-9 ile Kahraman ve Küçükyayla çeşitlerinin Isparta koşullarında yazlık olarak ekilebileceği tespit edilmiştir. Farklı yerlerden temin edilen yulaf popülasyonlarının (Isparta, Kütahya ve Afyonkarahisar) ham protein oranları diğer yulaf çeşit ve hatlarından daha düşük bulunmuştur.

### Determination of Grain Yield and Quality Characteristics of Oat (*Avena sativa* L.) Varieties/Lines under Isparta Conditions

#### ARTICLE INFO

Received: 08/12/2023

Accepted: 20/02/2024

**Keywords:** *Agronomic traits, Quality, Yield, Oat*

DOI: 10.55979/tjse.1402112

#### ABSTRACT

In this study, 6 oat varieties (Küçükyayla, Diriliş, Yeniçeri, Halkalı, Kırklar and Kahraman), 3 advanced generation lines (YBUD-4, YBUD-9 and YBUD-18) and 3 local populations (Kütahya, Afyonkarahisar, Isparta) were examined for some agronomic and quality characteristics under Isparta conditions. The study was conducted in 2022 with 3 replications according to the randomized blocks experimental design and 500 seeds were sown per square meter. It was determined that the differences between the genotypes in terms of the traits examined in the study were statistically significant. In the study, grain yield varied between 189.33-297.67 kg/da, biological yield varied between 714.00-966.67 kg/da, harvest index varied between 25.64-31.61%, thousand grain weight varied between 27.49-48.60 g, crude protein rate varied between 10.59-14.92% and scab rate varied between 33.50-49.30%. In conclusion, considering the grain yield and biological yield values, it was determined that the advanced generation lines YBUD-4 and YBUD-9, Kahraman and Küçükyayla varieties can be sown as summer crops under Isparta conditions. Crude protein ratios of oat populations obtained from different locations (Isparta, Kütahya and Afyonkarahisar) were found to be lower than other oat varieties and lines.

#### 1. Giriş

Tahıllar geniş ekotip, tür ve çeşit zenginliğine sahip olmasının yanı sıra, insan beslenmesinde de önemli bir yere sahiptir (Gençtan vd., 2010). Yulaf birinci yüzyılda kültüre alınmış ancak, Avrupa ülkelerinde 5. yüzyılda yetiştiriciliği yapılmaya başlamıştır (Karaman vd., 2020). Kendine döllen bir cins olan yulaf, genotip ve çevre şartlarına göre düşük oranda yabancı döllenebildiğinden (%1-2), genetik varyasyonlar oluşabilmektedir (Vilaró vd., 2004). Ülkemiz, kırmızı yulaf (*Avena byzantina* Koch.) ve beyaz yulafın (*Avena sativa* L.) gen merkezi olmasından dolayı, çeşit ve form bakımından oldukça zengindir (Kün, 1988). Dünya’da yulaf yaklaşık 9.5 milyon ha ekim alanına, 22.5 milyon ton üretime ve 236 kg/da verime sahiptir (FAO, 2021). Ülkemizde ise yulafın ekim alanı 137 655 ha, üretimi 365 000 ton ve verimi 266 kg/da olarak belirlenmiştir. Ayrıca ülkemizde yulaf üretimi bir önceki yıla (276 000 ton) göre %32.2 oranında

artış göstermiş (TÜİK, 2022), kişi başına yulaf tüketimi 2021 yılında 1.4 kg olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2021).

Yulafın saman, yeşil yem, insan besini ve endüstri hammaddesi olarak çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Özellikle günümüzde, insan beslenmesinde giderek daha da önemli hale gelmektedir. Yulaf tanesinin 100 gramında 14 g protein, 58.7 g karbonhidrat, 1.2 g doymuş yağ, 2.2 g tekli doymamış ve 25 g çoklu doymamış yağ 1 g’a yakın oligosakkarit ve şeker ile 9 g diyet lifi bulunmaktadır (Gulvady vd., 2013). Özellikle yapısında bulundurduğu diyet lifleri,  $\beta$ -glukan ve avenin maddelerinden dolayı günlük diyetlerde bulundurulması durumunda bazı hastalıkları (kanser, kolesterol, kardiyovasküler, diabet, obezite vb.) önlemektedir (Çağındı, 2009; Yaver & Ertaş, 2013). Ayrıca yulaf çim suyu, içerdiği birçok allelopatik etkiye sahip maddelerden (hidroxamik asit, L-triptofan, saponin (avenacins), skopoletin) dolayı tarımsal üretimde

tohumların çimlenmesini engellediği bioaktivatör olarak kullanılamayacağı belirlenmiştir (Karaman vd., 2021). Bunların yanında yulaf, mısırdan sonra en fazla yağ içeriği bulunan tahıllardan birisi olmasından dolayı, hayvan beslemede tercih edilmektedir. Tanelerinin içerdiği avenin maddesi, hayvanların süt üretiminin artırılmasında, kas yapılarının ve genç organizmaların gelişiminin hızlandırılmasında, kanatlılarda civciv ölümlerinin düşürülmesinde oldukça etkilidir (Yılmaz, 1996).

Günümüzde yulafın gıda ürünlerinde daha fazla yer alması ve daha sağlıklı ürünler üretilmesi için çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Yulafın çeşitli amaçlarla kullanılması arttıkça, yüksek verimli, farklı iklim koşullarına uygun yulaf çeşitlerinin bulunması ve çiftçilerimize tanıtılması ülkemizde yulaf tarımının büyümesine yardımcı olacaktır. Bu doğrultuda, çeşitlerin ve hatların farklı ekolojilerde denemeye alınarak tarımsal özelliklerinin belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada, farklı yulaf çeşit ve hatlarının yazlık ekimi yapılarak Isparta koşullarındaki verim ve verim öğelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, Isparta ve yakın çevresinde yetiştirilen yerel popülasyonlar diğer genotiplerle karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Araştırma, 2022 yılında Isparta Eğirdir yolu üzerinde bulunan ORKAV AŞ'ine ait deneme alanlarında yürütülmüştür. Çalışmada, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilen 6 adet yulaf çeşidi (Diriliş, Halkalı, Kahraman, Kırklar, Küçükyayla ve Yeniçeri), 3 adet ileri generasyon hattı (YBUD-4, YBUD-9 ve YBUD-18) ve Afyonkarahisar, Isparta ve Kütahya'dan temin edilen 3 adet yerel popülasyon materyal olarak kullanılmıştır.

Çalışma, Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak 27 Mart 2022 tarihinde kurulmuştur. Çeşit/hatların bin tane ağırlığı ölçülerek, m<sup>2</sup>'de 500 adet tohum olacak şekilde ekim deneme mibzeri ile yapılmıştır. Araştırmada parsel boyutları 4.8 m<sup>2</sup> (4 m x 1.2 m) olacak şekilde ayarlanmış ve her parselde 6 sıra (20 cm sıra arası) yer almıştır. Dekara 8 kg azotlu, 5 kg fosforlu gübre uygulanmıştır. Azotlu gübrenin yarısı ekimle birlikte, geri kalan yarısı ise sapa kalkma döneminde verilmiştir (Sabandüzen & Akçura, 2017).

Çizelge 1. Çalışmanın yapıldığı yıla ve uzun yıllara (1929-2021) ait iklim verileri\*

Table 1. Climatic data for the year of the study and long years (1929-2021)\*

Aylar/İklim Faktörleri	Yağış (mm)		Sıcaklık (°C)		Nispi nem (%)	
	2022	Uzun Yıllar	2022	Uzun Yıllar	2022	Uzun Yıllar
<b>Mart</b>	78.3	58.9	3.2	6.0	61.2	65.8
<b>Nisan</b>	17.4	51.2	14.6	10.8	45.7	61.1
<b>Mayıs</b>	12.9	55.9	17.3	15.5	52.5	58.9
<b>Haziran</b>	46.1	35.6	21.5	19.9	58.1	52.8
<b>Temmuz</b>	0.8	15.6	25.3	23.4	37.8	45.5
<b>Ortalama</b>	-	-	16.4	15.1	51.06	56.8
<b>Toplam</b>	<b>155.5</b>	<b>217.2</b>	-	-	-	-

\*Isparta Meteoroloji İstasyonu iklim verileri

Yabancı ot mücadelesi için 2.4-D terkipli herbisit kullanılmıştır. Çalışmada tam olum dönemine gelen parsellerin başlangıç sıraları ve parsel uçlarından 50 cm'lik kısımlar kenar tesiri olarak çıkarıldıktan sonra kalan alandaki bitkilerin hasadı el ile yapılmıştır. Ardından tohumlar harman makinesiyle harmanlanmıştır. Çeşit ve hatların olgunluk durumuna göre 5-15 Temmuz 2022 tarihleri arasında hasat yapılmıştır.

Çalışmada, parsellerden elde edilen taneler tartılarak parsel verimleri belirlenmiş ve bu değerler kg/da çevrilerek tane verimi hesaplanmıştır. Biyolojik verimin belirlenmesinde ise parsellerden hasat edilen ürünler 3 gün süreyle kurumaya bırakıldıktan sonra, tartılmış ve kg/da çevrilmiştir. Her parselden elde edilen tane verimi, biyolojik verime oranlanmış ve 100 ile çarpılmasıyla hasat indeksi belirlenmiştir. Bin tane ağırlığı ise parsellerden elde edilen tohumlardan dört kez 100 tane sayılarak 0.01 g duyarlıklı terazide tartılmış ve ortalaması alınarak 10 ile çarpılarak belirlenmiştir (Dumlupınar, 2010). Ham protein oranının belirlenmesinde ise taneler önce elekten geçirilmiş (2.5 mm) ve un haline getirilmiş, ardından N içeriği Kjeldahl yöntemi belirlenmiştir (Kacar & İnal, 2010). Elde edilen N miktarı 6.25 katsayısı ile çarpılarak tanelerin ham protein oranları (%) tespit edilmiştir (Kahraman vd., 2012). Kavuz oranının belirlenmesinde ise Anonim (1987), tarafından belirtilen yöntem kullanılmış ve Denklem (1)'den yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Kavuz oranı (\%)} = (E-A) \times 100 / E \quad (1)$$

Yukarıdaki denklemde A: % kuru madde olarak kavuzu alınmış tane ağırlığı, E: % kuru madde üzerinden örnek miktarıdır.

Çalışmanın yürütüldüğü vejetasyon döneminde toplam yağış miktarı (155.5 mm) uzun yıllar toplamından (217.2 mm) daha düşük, ortalama sıcaklık (16.4 °C) ise aynı döneme ait uzun yıllar ortalamasından (15.1 °C) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ortalama nispi nem içeriği (%56.8) ise çalışmanın yürütüldüğü dönemdeki (%51.06) nispi nem içeriğinden yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Çalışma alanının toprak özellikleri; tekstür bakımından tınlı, fazla kireçli (%24.3), hafif alkalın reaksiyonlu (pH değeri 8.35), potasyum bakımından zengin, organik madde (%1.41), fosfor bakımından fakir olduğu tespit edilmiştir.



Çalışmada elde edilen veriler, TOTEMSTAT paket programı kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine uygun olacak şekilde varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testi ile belirlenmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Tane verimi

Araştırmada yulaf genotiplerinin ortalama tane verimi 189.33-297.67 kg/da arasında değişim göstermiş, genotipler arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0.01$ ). Genotiplerin tane verimi ortalaması 245.25 kg/da olarak tespit edilmiştir. Tane verimi en yüksek YBUD-4 hattında belirlenmiştir. Bununla birlikte YBUD-9 (289.0 kg/da), Küçükyayla (285.67 kg/da), Isparta (279.33 kg/da) ve Kahraman (274.67 kg/da) genotipleri ile YBUD-4 hattı aynı istatistiksel grupta yer almıştır. En düşük tane verimine ise Diriliş çeşidi sahip olurken, Afyonkarahisar genotipi (193.33 kg/da) ile YBUD-18 hattı aralarında istatistiksel olarak fark belirlenmemiştir (Çizelge 2).

Bitkinin genetik potansiyeli, çevre koşulları ve kültürel uygulamalar, tane verimini doğrudan etkilemektedir. Nitekim, yüksek sıcaklık, kuraklık, şiddetli rüzgar ile yağış, yulaf bitkisinin tane verimini düşürmektedir (Tamm, 2003). Bir çeşit genotipik olarak yüksek verim potansiyeline sahip olsa da tane verimi çok sayıda gen tarafından kontrol edildiğinden, çevre şartlarına adaptasyonu oldukça önem arz etmektedir (Sobayoğlu & Topal, 2016, Mut vd., 2018, Yaşar, 2021). Diğer çalışmalar incelendiğinde yulafın tane verimini; Erbaş (2012), Yozgat koşullarında 96.3-443.8 kg/da, Özdener Şener (2017), Bursa koşullarında 132.14 -865.54 kg/da, Topkara (2019), Ordu koşullarında 463.27-846.38 kg/da, Çiçek (2019), Aydın koşullarında 77.7-469.1 kg/da ve Yaşar (2021), Eskişehir koşullarında 353.7-622.9 kg/da arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Tane verimi ile ilgili sonuçların farklı olmasının nedenleri arasında, çeşit ve ekolojik faktörler sayılabilir. Sonuç olarak YBUD-4, YBUD-9, Küçükyayla, Kahraman ve Isparta genotiplerinin Isparta ekolojik koşullarına daha iyi adapte olduğu söylenebilir.

#### 3.2. Biyolojik verim

Çalışmada yulaf genotiplerinin biyolojik verimi arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.01$ ). Genotiplerin ortalama biyolojik verimi 714.00-966.67 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek biyolojik verime YBUD-9 hattı sahip olurken, bunu azalan sırayla YBUD-4 (942.67 kg/da), Küçükyayla (916.67 kg/da), Isparta (894.33 kg/da) genotipleri takip etmiş ve aralarında istatistiksel olarak fark oluşmamıştır. En düşük biyolojik verim ise Kırklar çeşidinde belirlenirken, YBUD-18 (730.00 kg/da), Diriliş (739.00 kg/da) ve Afyonkarahisar genotipleri (740.67 kg/da) ile Kırklar çeşidi aynı istatistiksel grupta yer almıştır (Çizelge 2).

Yulafın samanı ve yeşil otu hayvancılıkta değerli bir kaba yem kaynağıdır (Mut vd., 2021). Yulafın biyolojik veriminin, çevre şartlarına, kültürel işlemlere ve genotipe

göre değişim gösterebildiği birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Kim vd., 2006; Mut vd., 2015; Karakuzu, 2022). Nitekim, Sabandüzen & Akçura (2017), Çanakkale koşullarında 49 yulaf genotipinin biyolojik veriminin 1038-3156 kg/da arasında değişim gösterdiğini ve genel ortalamayı da 1874 kg/da olarak tespit etmişlerdir. Demirtaş (2018) ise, Yozgat koşullarında sulu şartlarda biyolojik verimi 1120 kg/da, kuru şartlarda ise 755 kg/da olarak tespit etmiştir. Özbaş vd. (2009) ise yulaf genotiplerinin ortalama biyolojik verimini Kızılkaya lokasyonunda 324-871 kg/da, Ürkütlü lokasyonunda ise 210-402 kg/da arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Yine araştırmacılar lokasyonlardaki biyolojik verim arasındaki farklılıkların, vejetasyon dönemindeki toplam yağış miktarından kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Sonuç olarak, biyolojik verim değerlerinde (714.00-966.67 kg/da) incelenen diğer araştırma bulguları ile benzerlik ve farklılıklar gözlenmiştir. Bu farklılıklar, araştırmalarda kullanılan genotiplerin, çevre koşullarının ve kültürel işlemlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, Isparta popülasyonu, YBUD-4 ve YBUD-9 hatları ile Küçükyayla ve Kahraman çeşitlerinin genel ortalamasının (824.53 kg/da) üzerinde biyolojik verim değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

#### 3.3. Hasat indeksi

Yulaf genotiplerinin ortalama hasat indeksi değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $P \leq 0.01$ ). Genotiplerin hasat indeksi ortalaması %25.64-31.61 arasında değişim göstermiş ve hasat indeksi ortalaması %29.63 olarak belirlenmiştir. En yüksek hasat indeksi YBUD-4 hattında belirlenirken, Kahraman (%31.47), Isparta (%31.24), Küçükyayla (%31.19), Halkalı (%31.10), Kırklar (%30.98), Kütahya (%30.47) ve YBUD-9 (%29.90) genotipleri YBUD-4 hattı ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. En düşük hasat indeksi değerine ise Diriliş çeşidi sahip olmuştur (Çizelge 2).

Serin iklim tahıllarında, hasat indeksi değerinin yüksekliği oldukça önemlidir. Nitekim hasat indeksi değerinin %50'ye yükseltilmesi, ıslahçıların ve yetiştiricilerin öncelikli hedeflerinden birisidir. Günümüzde ise bu oran yaklaşık %35-40 arasında değişmektedir (Sarı & İmamoğlu, 2011; Sobayoğlu, 2017). Hasat indeksinin yüksek olması, birim alandan daha az sapın daha fazla tane üretildiğini göstermektedir. Ayrıca, kaba yem için kullanılacak genotiplerin hasat indeksinin düşük, bitkinin uzun boylu ve yapraklı olması istenmektedir (Iannucci vd., 2011; Sarı & İmamoğlu, 2011). Yulafın hasat indeksini Sarı & İmamoğlu (2011), Menemen koşullarında %20.1-41.3, Hışır vd. (2012), Kahramanmaraş koşullarında %18.60-27.13, Erbaş (2012), Yozgat koşullarında %22.8-47.1, Sobayoğlu (2017), Karaman koşullarında %22.0-28.0 arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte İnan vd. (2005), insan beslenmesi için kullanılan yulaf hatlarının hasat indeksi değerlerini %19.1-41.6 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, araştırmada yulaf genotiplerinin ortalama hasat indeksi değerleri diğer araştırmaların sonuçlarıyla benzerlik ve farklılıklar göstermektedir. Bu farklılık, çalışmada kullanılan genotiplerin farklı olmasının

yanında, uygulanan kültürel işlemler, genotiplerin tane dökmeye hassasiyetleri ve çevre şartlarının da etkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 2. Yulaf genotiplerinde incelenen bazı özelliklere ait ortalama değerler  
Table 2. Mean values of some traits examined in oat genotypes

Genotipler	Tane Verimi (kg/da)	Biyolojik Verim (kg/da)	Hasat İndeksi (%)	Bin Tane Ağırlığı (g)	Ham Protein Oranı (%)	Kavuz Oranı (%)
<b>Kahraman</b>	274.67 A <sup>1</sup>	872.67 BC <sup>1</sup>	31.47 A <sup>1</sup>	36.22 D <sup>1</sup>	14.15 A-C <sup>1</sup>	42.50 D <sup>1</sup>
<b>Küçükyaıyla</b>	285.67 A	916.67 AB	31.19 A	48.60 A	13.48 CD	38.75 F
<b>Halkalı</b>	242.33 B	779.00 DE	31.10 A	35.65 E	14.58 AB	47.20 B
<b>Yeniçeri</b>	235.67 B	825.00 CD	28.52 BC	27.49 G	13.40 C-E	40.95 E
<b>Diriliş</b>	189.33 D	739.00 E	25.64 D	30.89 F	13.37 C-E	45.80 C
<b>Kırklar</b>	221.00 BC	714.00 E	30.98 A	43.25 B	12.72 DE	33.50 G
<b>Isparta</b>	279.33 A	894.33 A-C	31.24 A	31.08 F	12.42 EF	46.35 BC
<b>Afyonkarahisar</b>	193.33 D	740.67 E	26.13 CD	27.86 G	11.44 FG	49.30 A
<b>Kütahya</b>	235.67 B	773.67 DE	30.47 AB	30.46 F	10.59 G	42.60 D
<b>YBUD-4</b>	297.67 A	942.67 AB	31.61 A	41.42 C	13.67 B-D	46.55 BC
<b>YBUD-9</b>	289.00 A	966.67 A	29.90 AB	40.02 D	11.55 FG	46.15 BC
<b>YBUD-18</b>	199.33 CD	730.00 E	27.28 CD	35.19 E	14.92 A	41.40 DE
<b>Ortalama</b>	245.25	824.53	29.63	35.68	13.02	43.42
<b>F Değeri</b>	19.83 **	14.82 **	7.57**	169.90 **	14.71 **	129.51 **
<b>CV (%)</b>	6.24	4.94	4.62	2.42	4.59	1.54

\*\* : P<0.01; <sup>1</sup>Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

### 3.4. Bin tane ağırlığı

Yulaf genotiplerine ait ortalama bin tane ağırlığı 27.49-48.60 g arasında değişim göstermiş ve genotipler arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). En yüksek ortalama bin tane ağırlığı Küçükyaıyla çeşidinde tespit edilmiştir. En düşük ortalama bin tane ağırlığı ise Yeniçeri çeşidi sahip olurken, Afyonkarahisar genotipi ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır. Genotiplerin bin tane ağırlığı ortalaması ise 35.68 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Bin tane ağırlığı, birim alan tane verimi üzerine en fazla etkili olan özelliklerden birisidir. Bin tane ağırlığının yüksek olması tanenin iyi gelişim gösterdiğini ifade etmektedir (Sarı, 2012). Yulaf da kavuz oranı yüksek olduğu için, bin tane ağırlığı diğer serin iklim tahıllarına göre düşüktür. Yulaf salkımındaki tanelerin iriliği, alttan üste doğru gidildikçe azalmaktadır. Nitekim, alt kenar tanelerin bin tane ağırlığı 45-50 g iken, ikinci tanelerde 30 g, üçüncü tanelerde bu değer 15 g'a kadar düşebilmektedir (Kün, 1988). Diğer taraftan bin tane ağırlığı, çeşit özelliğini yansıtmakla birlikte, kültürel uygulamalara ve iklim şartlarına göre değişiklik gösterebilmektedir (Naneli & Sakin, 2017; Topkara, 2019). Nitekim incelenen diğer çalışmalarda bin tane ağırlığını; Sarı & İmamoğlu (2011), Menemen ekolojik koşullarında 23.2-35.4 g, Kahraman vd. (2012), Trakya-Marmara Bölgesinde 18.8-35.8 g, Sobayoğlu (2017), Karaman koşullarında bin tane ağırlığını 25.3-46.9 g, Mut vd. (2018), Orta ve Doğu Karadeniz koşullarında 21.8-34.2 g, Yaşar (2021), Eskişehir şartlarında 28.2-36.4 g arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Araştırmada yulaf genotiplerinin ortalama bin tane ağırlığı diğer araştırma sonuçlarıyla benzerlik ve farklılıklar göstermektedir. Bu

farklılık araştırmada kullanılan genotiplerin farklı olmasının yanında, iklim şartları ve uygulanan kültürel işlemlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

### 3.5. Ham protein oranı

Çalışmada yulaf genotiplerinin ham protein oranları %10.59-14.92 arasında değişmiştir. Genotipler arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). En yüksek ortalama ham protein oranı YBUD-18 hattında belirlenirken, Halkalı (%14.58) ve Kahraman (%14.15) çeşitleri ile YBUD-18 hattı istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük ham protein oranı ise Kütahya genotipinde tespit edilmiştir. Yulaf genotiplerinin ham protein oranı ortalaması %13.02 olarak belirlenmiştir. Farklı yörelerden temin edilen yulaf genotiplerinin (Isparta, Kütahya ve Afyonkarahisar) ham protein oranları diğer yulaf çeşit ve hatlarından daha düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 2).

İnsan ve hayvanların beslenmesinde kullanılan yulaf tanesinin protein oranı, en önemli kalite özellikleri arasındadır (Kantar, 2022). Yulaf tanesinin ham protein oranı %8.7-16.1 arasında değişirken, bu oran yabani yulafalarda %12-13 civarındadır (Welch & Leggett, 1997). Ayrıca, kavuzsuz yulafaların ham protein oranı, kavuzlu yulafalara göre daha yüksektir (Biel vd., 2009). Bununla birlikte kantitatif bir özellik olan protein oranı, özellikle genetik çeşitliliğe, yetiştirilme ortamına ve yetiştirme tekniğine bağlı olarak değişim göstermektedir (Elgün vd., 2001; Sobayoğlu & Topal, 2016; Naneli & Sakin, 2017). Yulaf tanesinin protein oranını Kahraman vd. (2012), %12.6-15.9, Mut vd. (2018), %12.0-13.3, Halil & Uzun (2019), birinci yıl %8.03-8.44, ikinci yıl %5.67-6.94, Sönmez & Karaduman (2020), %13.4-15.9, Demir vd. (2022), kuru şartlarda %11.98, sulu şartlarda %12.27

olarak belirlemişlerdir. Bu sonuçlar araştırmada elde edilen verileri destekler niteliktedir.

### 3.6. Kavuz oranı

Çalışmada yulaf genotiplerinin kavuz oranı arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.01$ ). Genotiplerin ortalama kavuz oranı %33.50-49.30 arasında değişim göstermiştir. Nitekim en yüksek ortalama kavuz oranı Afyonkarahisar popülasyonunda, en düşük ise Kırklar çeşidinde tespit edilmiştir. Genotiplerin kavuz oranı ortalaması ise %43.42 olarak belirlenmiştir. Çalışmada, Isparta, Halkalı ve Diriliş genotipleri ile YBUD-9 ve YBUD-4 hatlarında kavuz oranları genel ortalamanın üstünde değerler aldığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

Yulaf, yüksek kavuz oranı ile tanınmakta olup, kavuz oranının belirli değer arasında olması arzu edilmektedir (Çiçek, 2019). Yulaf tanesinde kavuz oranının yüksek olması, hayvan yemi olarak kullanımını sınırlamaktadır (Peltonen-Sainio & Rajala, 2007). Bununla birlikte yulaf tanelerinin kavuz oranı, serin bölgelerde ve yağışlı yıllarda daha yüksek, taneler daha iri ve iç oranı daha yüksek olmaktadır (Sobayoğlu & Topal, 2016). Diğer taraftan kavuz oranının, kurak bölgelerde ve yıllarda daha yüksek olduğu ileri sürülmüştür (Gökgöl, 1969). Kavuz oranı yulaf için önemli kalite parametrelerinden birisi olup düşük olması istenmektedir. Özellikle insan beslenmesinde kullanılacak yulaf tanelerinin kavuz oranı düşük, iç oranı yüksek, kavuzu kolay ayrılabilir ve randımanın yüksek olması arzu edilmektedir (Kahraman vd., 2017). Yulafta kavuz oranı değerlerinin Sobayoğlu (2017), %7.3-34.5, Çiçek (2019), %12.0-42 arasında değiştiğini ve genotipler arasında önemli farkların olduğunu tespit etmişlerdir. Bununla birlikte Kahraman vd. (2017), yulaf genotiplerinin kavuz oranını %20.0-38.2 arasında değişim gösterdiğini ve bu farklılığın lokasyona ve genotiplere göre değiştiğini tespit etmişlerdir.

Çalışmada yulaf genotiplerinin kavuz oranı %33.50-49.30 arasında değişim göstermiştir. İncelenen diğer araştırma sonuçları ile benzerlik ve farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmada Kütahya popülasyonu ve YBUD-18 hattının genel ortalamasının (%43.42) altında kavuz oranına sahip olduğu belirlenmiştir.

### 4. Sonuç

Bu çalışmada, farklı yulaf genotipleri bazı agronomik ve kalite özellikleri yönünden karşılaştırılmıştır. Araştırmada tane verimi ve biyolojik verim değerleri dikkate alındığında, ileri generasyon hatlarından YBUD-4 ve YBUD-9 ile Kahraman ve Küçükayla çeşitlerinin Isparta koşullarında yazlık olarak ekilebileceği tespit edilmiştir. Yine Isparta yöresinden temin edilen popülasyonun tane ve biyolojik verim değerleri de önerilen hat ve çeşitlere yakın bulunmuştur. Farklı illerden temin edilen yulaf popülasyonlarının (Isparta, Kütahya ve Afyonkarahisar) ham protein oranlarının, diğer yulaf çeşit ve hatlarından daha düşük olduğu belirlenmiştir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### 5. Kaynaklar

- FAO (2021). The State of Food Security and Nutrition in Europe and Central Asia. Food and Agricultural Organization, Budapest.
- TÜİK (2021). Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- TÜİK (2022). Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Anonim (1987). EBC Analysis by the European Brewery Convention Braueri-und Getränke-rundschau, CH-8047 Zurich Switzerland. <https://europeanbreweryconvention.eu/>. (Son erişim tarihi: 05 Temmuz 2023)
- Biel, W., Bobko, K., & Maciorowski, R. (2009). Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *Journal of Cereal Science*, 49(3), 413-418. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.01.009>
- Çağmı, Ö. (2009). *Ayçiçeği, Keten Tohumu, Yulaf ve Mürdüm Eriği Kurasu ile Zenginleştirilmiş Sütlü, Acı (Bitter) ve Beyaz Çikolataların Raf Ömrü Boyunca Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Araştırılması*. (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çiçek, N. (2019). *Aydın Ekolojik Koşullarında Farklı Yulaf (Avena sativa L.) Genotiplerinin Verim ve Kalite Bakımından Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Demir, B., Şahin, M., Hamzaoğlu, S., Aydoğan, S., Akçacık, A. G., Çeri, S., & Gür, S. (2022). Bazı yulaf hat ve çeşitlerinin konya koşullarındaki performanslarının bazı kalite parametreleri açısından değerlendirilmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 11(3), 19-29.
- Demirtaş, N. (2018). *Sulamalı ve Sulamasız Koşullarda Yulaf (Avena sativa L.) Genotiplerinin Tarımsal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Dumlupınar, Z. (2010). *Türkiye Orijinli Yerel Yulaf Genotiplerinin Avenin Proteinleri ile Morfolojik, Fenolojik ve Agronomik Özellikler Yönünden Karakterizasyonu*. (Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Elgün, A., Türker, S., & Bilgiçli, N. (2001). *Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü*. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Ders Notları. Konya Ticaret Borsası Yayınları.
- Erbas, Ö. D. (2012). *Yulaf (Avena sativa L.) Genotiplerinin Tarımsal ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gençtan, T., Öktem, A., Sürek, H., Gevrek, M., & Baklan, A. (2010). Sıcak İklim Tahılları Üretimin Artırılması Olanakları. *Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 11-15 Ocak, Ankara, 307-327.
- Gökgöl, M. (1969). *Serin İklim Hububatı Ziraatı ve Islahı (buğday, çavdar, arpa ve yulaf)*. Tarım Bakanlığı Ziraat İşleri Genel Müdürlüğü, Özyayın Matbaası, İstanbul.
- Gulvady, A. A., Brown, R. C., & Bell, J. A. (2013). Nutritional Comparison of Oats and Other Commonly Consumed Whole Grains. In *Oats Nutrition and Technology*. (pp.71-93)
- Halil, D. S., & Uzun, A. (2019). Bursa ekolojik koşullarında yetiştirilen yulaf (*Avena sativa L.*) genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 293-305.
- Hışır, Y., Kara, R., & Dokuyucu, T. (2012). Evaluation of oat (*Avena sativa L.*) genotypes for grain yield and physiological traits. *Zemdirbysté Agriculture*, 99(1), 55-60.
- Iannucci, A., Codianni, P., & Cattivelli, L. (2011). Evaluation of genotype diversity in oat germplasm and definition of ideotypes adapted to the mediterranean environment. *International Journal of Agronomy*, 2011(1-2), 1-8. <https://doi.org/10.1155/2011/870925>
- İnan, A. S., Özbaş, M. O., & Çağırğan, M. İ. (2005). İnsan Beslenmesinde Kullanılan Yulaf Hatlarının Tarımsal ve Kalite

- Özellikleri Bakımından Değerlendirilmesi. *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi*, 5-6 Eylül, Antalya, 1153-1155.
- Kacar, B., & İnal, A. (2010). *Bitki Analizleri*. Ankara, Nobel Yayınları.
- Kahraman, T., Avcı, R., & Kurt, C. (2017). Trakya-Marmara Bölgesi'nde insan beslenmesine uygun yulaf (*Avena sativa* L.) genotiplerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(Özel Sayı), 10574-11179.
- Kahraman, T., Avcı, R., Öztürk, İ., & Tülek, A. (2012). The determination of suitable oat genotypes in Trakya-Marmara Region. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2), 24-28.
- Kantar, B. H. (2022). *Kırşehir Ekolojik Koşullarında Bazı Yulaf (Avena sativa L.) Çeşitlerinin Agronomik ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karakuzu, T. (2022). *Yulafta Farklı Ekim Sıklıkları ve Azot Seviyelerinin Verim ve Verim Unsurları ile Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karaman, R., Akgün, İ., & Türkay, C. (2020). İnsan beslenmesinde alternatif besin kaynağı: Yulaf. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 78-85.
- Karaman, R., Türkay, C., & Akgün, İ. (2021). Yulaf çim suyunun bazı yabancı ot ve kültür bitkisi tohumlarının çimlenme ile fide özellikleri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 312-321. <https://doi.org/10.33462/jotaf.791684>
- Kim, J. D., Kim, S. G., Abuel, S. J., Kwon, C. H., Shin, C. N., & Ko, K. H. (2006). Effect of location, season, and variety on yield and quality of forage oat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19(7), 970-977.
- Kün, E. (1988). *Serin İklim Tahulları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Mut, Z., Akay, H., & Erbaş Köse, Ö. D. (2018). Grain yield, quality traits and grain yield stability of local oat cultivars. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18(1), 269-281. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162018005001001>
- Mut, Z., Akay, H., & Erbaş, Ö. D. (2015). Hay yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin. *International Journal of Plant Production*, 9(4), 507-522.
- Mut, Z., Demirtaş, N., & Köse, Ö. D. E. (2021). Evaluation of yield and some physical quality characteristics of different oat (*Avena sativa* L.) genotypes under supplemented irrigation and rainfall conditions. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(1), 197-204. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i1.197-204.3825>
- Naneli, İ., & Sakin, M. A. (2017). Bazı yulaf çeşitlerinin (*Avena sativa* L.) farklı lokasyonlarda verim ve kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26, 37-44.
- Özbaş, M. O., İnan, A. S., & Çağırğan, M. İ. (2009). Agronomic and quality characterization of oats genotypes selected for winter tolerance. *Turkish Journal of Field Crops*, 14(2), 150-158.
- Özdener Şener, E. (2017). *Bursa Ekolojik Koşullarında Yulaf Çeşitlerinin Agronomik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Peltonen-Sainio, P., & Rajala, A. (2007). Duration of vegetative and generative development phases in oat cultivars released since 1921. *Field Crops Research*, 101(1), 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.09.011>
- Sabandüzen, B., & Akçura, M. (2017). Bazı yulaf genotiplerinin Çanakkale koşullarında verim ve verim unsurlarının incelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), 101-108.
- Sarı, N. (2012). *Yulafta (Avena sativa L.) Verim ve Verim Komponentleri Arasındaki İlişkiler*. (Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Sarı, N., & İmamoğlu, A. (2011). Menemen ekolojik koşullarına uygun ileri yulaf hatlarının belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 16-25.
- Sobayoğlu, R. (2017). *Karaman Şartlarında Yazlık Ekilen Yulaf Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özellikleri Yönünden Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Sobayoğlu, R., & Topal, A. (2016). Karaman şartlarında yazlık ekilen bazı yulaf genotiplerinin (*Avena sativa* L.) verim ve bazı verim unsurları yönünden değerlendirilmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 5(1), 28-34.
- Sönmez, A. C., & Karaduman, Y. (2020). Yerel yulaf (*Avena sativa* L.) genotiplerinin Eskişehir koşullarında tane verimi ve bazı kalite özellikleri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(8), 1697-1704. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i8.1697-1704.3464>
- Tamm, I. (2003). Genetic and environmental variation of grain yield of oat varieties. *Agronomy Research*, 1, 93-97.
- Topkara, A. (2019). *Yulaf Çeşit ve Genotiplerinin Ordu İli Ekolojik Koşullarında Verim, Verim Öğeleri ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Vilaró, M., Rebuffo, M., Miranda, C., Pritsch, C., & Abadie, T. (2004). Characterization and analysis of a collection of *Avena sativa* L. from Uruguay. In *Plant Genetic Resources Newsletter*. (pp. 23-31)
- Welch, R. W., & Leggett, J. M. (1997). Nitrogen content, oil content and oil composition of oat cultivars (*Avena sativa* L.) and wild *Avena* species in relation to nitrogen fertility, yield and partitioning of assimilates. *Journal of Cereal Science*, 26(1), 105-120.
- Yaşar, C. (2021). *Eskişehir Ekolojik Koşullarında Bazı Yulaf Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yaver, E., & Ertaş, N. (2013). Yulafın bileşimi, hububat endüstrisinde kullanım alanları ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 13, 41-50.
- Yılmaz, N. (1996). Van Ekolojik Koşullarında Bazı Yulaf Çeşit ve Hatlarının Verim ve Verim Öğeleri Üzerinde Bir Araştırma. *Türkiye 3. Çayır Mer'a ve Yem Bitkileri Kongresi*. 17-19 Haziran, Erzurum, 17-19.



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Ahşap Ağartma Kimyasalları Uygulandıktan Sonra Balmumu ile Muamele Edilmiş Balau Red (*Shorea guiso*) Odununda Bazı Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi

Hüseyin Peker<sup>1</sup>, Elif Hümeýra Bilginer<sup>2</sup>, Ümit Ayata<sup>3\*</sup>, Osman Çamlıbel<sup>4</sup>, Levent Gürleyen<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

<sup>2</sup>KTO Karatay Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>3</sup>Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye

<sup>4</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, İç Mekan Tasarımı Programı, Tasarım Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

<sup>5</sup>Düzce Borsa İstanbul Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Düzce, Türkiye

\*Sorumlu yazar: umitayata@bayburt.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 21/12/2023

Kabul tarihi: 27/05/2024

**Anahtar Kelimeler:** Ağartma, Balau red, Balmumu, *Shorea guiso*

DOI: 10.55979/tjse.1407845

#### ÖZET

Balau red (*Shorea guiso*) odunu yurt dışında inşaatta, kirişlerde ve evlerin diğer kısımlarında ve araç çerçevelerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ahşap ağartma kimyasalları [tek komponentli ( $C_2H_2O_4$ ) ve çift komponentli ( $H_2O_2+NaOH$ )] uygulandıktan sonra balmumu (tek kat) ile muamele edilmiş balau red (*Shorea guiso*) odununda bazı yüzey özellikleri renk parametreleri, parlaklık ve beyazlık indeksi:  $WI^*$ ) araştırılmıştır. 6 farklı deney grubu [kontrol, tek komponentli ağartma işlemi, çift komponentli ağartma işlemi, balmumu muamelesi, tek komponentli ağartma + balmumu ve çift komponentli ağartma + balmumu] oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, varyans analizi testleri bütün testler üzerinde anlamlı olarak tespit edilmiştir. Liflere dik yönde  $WI^*$  değerleri ve  $a^*$  değeri tek ve çift komponentli ağartma kimyasalları ile azalış gösterirken,  $h^o$  değeri artış sonuçları sergilemiştir. Balmumu uygulaması ile liflere dik ve paralel yönlerde yapılan  $WI^*$  değerleri azalış durumları vermiştir. Yapılan 5 farklı uygulamalar ile bütün derece ve yönlerde ait parlaklık değerleri azalmıştır.

### Identification of Certain Surface Characteristics of Balau Red (*Shorea guiso*) Wood Treated with Wood Bleaching Chemicals Followed by Wax Treatment

#### ARTICLE INFO

Received: 21/12/2023

Accepted: 27/05/2024

**Keywords:** Bleaching, Balau red, Wax, *Shorea guiso*

DOI: 10.55979/tjse.1407845

#### ABSTRACT

Balau red (*Shorea guiso*) wood is used in construction abroad, in beams, other parts of houses, and vehicle frames. In this study, some surface properties of balau red (*Shorea guiso*) wood treated with wax (single coat) after the application of wood bleaching chemicals [single-component ( $C_2H_2O_4$ ) and double-component ( $H_2O_2+NaOH$ )] were investigated, including color parameters, glossiness, and whiteness index ( $WI^*$ ). Six different experimental groups were formed [control, single-component bleaching process, double-component bleaching process, wax treatment, single-component bleaching + wax, and double-component bleaching + wax]. According to the obtained results, variance analysis tests were found to be significant across all tests.  $WI^*$  values perpendicular to the fibers and the  $a^*$  value showed a decrease with both single and double-component bleaching chemicals, while the  $h^o$  value exhibited an increase. Wax application resulted in decreases in  $WI^*$  values in both perpendicular and parallel directions to the fibers. The glossiness values for all degrees and directions decreased with the five different treatments.

#### 1. Giriş

Genellikle mumlar, hayvan, bitki ve mineral olmak üzere üç temel kategoriden birinde sınıflandırmaya çalışılır. Ancak bu yaklaşım bile zorluklarla karşılaşmaktadır. Mineral mumlar gerçekte, petrol ve kömür oluşturmak için basınca ve milyonlarca yıllık yaşlanmaya maruz kalan ilkel bitki örtüsü tortularıdır. Üç ana kaynaktan türetilen çok sayıda sentetik mum için de dördüncü bir sınıflandırma gereklidir. Bir mumun artık doğal bir mum olarak değil de sentetik bir mum olarak kabul edilmeden önce ne kadar inceltiip değiştirilebileceği sorusu da ortaya çıkmaktadır (Bower, 2005).

Doğal olarak koyu renkte olan ahşap türleri, daha açık bir renge ağartılabilirler (Downs, 1948).

Ağartma reaksiyonları genellikle renk sistemlerini parçalayan oksidatif veya indirgeyici süreçleri içerir. Bu süreçler, altta yatan kromoforik grupların tahrip edilmesi veya değiştirilmesi yanı sıra renkli cisimlerin daha küçük, daha çözünbilir ünitelere parçalanması ve ağartma işlemi sırasında daha kolay bir şekilde uzaklaştırılması içerebilir (Farr vd., 2003).

Ağartma akışında yetersiz miktarda kalan peroksit, lif parlaklığının tersine dönmesine neden olabilirken fazla miktar ise ağartma kimyasalı olan peroksitin maliyetini artırır. Bu nedenle, ahşap lif ağartma operasyonlarında peroksit konsantrasyonunu izlemek son derece önemlidir (Chai vd., 2004).

Literatürde çeşitli ahşap malzeme yüzeylerine farklı türlerde hazırlanmış arı balmumu ve balmumu katkılı kimyasallarının [propolis ile sarıçam (*Pinus sylvestris* L.),



gökmar (*Abies nordmanniana*), doğu ladini (*Picea orientalis* L.) (Akçay vd., 2022), arı balmumu ile kavak (*Populus ussuriensis* Kom) (Ren vd., 2016), arı balmumu ile Avrupa kirazı (*Prunus avium* L) ve ladin (*Picea abies* (L) Karst) (Petric vd., 2004), polipropilen balmumu ile karaağaç (*Ulmus davidiana* Planch var. japonica) (Wang & Song, 2022), balmumu ile Avrupa cevizi (*Juglans regia*) ve Avrupa akçağacı (*Acer pseudoplatanus*) (Liu vd., 2022), arı balmumu ile kavak (*Populus alba* L.), ıhlamur (*Tilia grandifolia* Ehrh.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), kayın (*Fagus orientalis* L.) (Akçay, 2020), polietilen balmumu ve arı balmumu ile Mançurya külü (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) ağacı (Niu & Song, 2021)] ve çeşitli ağaç türleri üzerinde ağartma işlemlerinin [movingui (*Distemonanthus benthamianus*) (Peker vd., 2023b), izombé (*Testulea gabonensis*) (Peker vd., 2023a), satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) (Ayata & Çamlıbel, 2023), ilomba (*Pycnanthus angolensis* Exell) (Ayata & Bal, 2023a), olon (*Zanthoxylum heitzii*) (Peker & Ayata, 2023a), canelo (*Drimys winteri* J.R. Forst. & G. Forst.) (Peker, 2023a), lotofa (*Sterculia rhinopetala*) (Peker, 2023b), yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) (Peker & Ulusoy, 2023), ıhlamur (*Tilia tomentosa* - Moench.) (Çamlıbel & Ayata, 2023a), ekop (*Tetraberlinia bifoliolata* Haum.) (Çamlıbel & Ayata, 2023b), Japon melez (*Larix kaempferi*), Moğol meşesi (*Quercus mongolica*) (Park vd., 2022), huş (*Betula platyphylla* Suk.) (Liu vd., 2015)] yapıldığı bildirilmiştir.

*Shorea*, tropik ormanlarda yetişen ana familyanın (Dipterocarpaceae) cinslerinden biridir (Bawa vd., 1998). Kereste ticareti dünyasında *Shorea* cinsi büyük talep görmektedir ve bu nedenle birinci ticari sınıfa dahil edilmiştir (Djarwanto vd., 2017).

Dipterocarpaceae familyasına ait *Shorea guiso* (guijo), genel inşaat, kirişlerde ve evlerin diğer kısımlarında ve araç çerçevelerinde (yerli arabalar ve arabalar) kullanılan ahşap malzemede kullanılan en önemli sert ağaç türlerinden biridir. Filipinler’de geniş bir dağılıma sahiptir ve alçak rakımlı birincil ormanlarda baskın bir türdür (Florido vd., 1998).

Dışarı çıkan reçinenin toplanmadan önce ağaç üzerinde kurumasına izin verilir. Ağacın kesiği yenilemek için ziyaret edilme sıklığı, ağacın köyden ne kadar uzak olduğuna bağlı olarak haftada bir ila ayda bir arasında değişmektedir. Dokunma 30 yıl boyunca devam edebilir (Coppen, 1995).

Ağaçtan “huile de bios” olarak bilinen dammar reçinesi elde edilmektedir (Gardner vd., 2000). Bu madde, vernik ve boya yapımında kullanılmaktadır (Uphof, 1959; Gardner vd., 2000).

Dammar, Güneydoğu Asya’nın çeşitli ağaçlarından elde edilen sert bir reçinedir. Geleneksel olarak tekne ve sepetlerin kalafatlanması gibi amaçlarla, yapıştırıcı olarak, ilaç olarak, meşaleler için yakıt olarak ve bazen de yiyeceklerde kullanılır. Dammar’ın birçok ticari uygulaması vardır, ancak bu kullanımların çoğu günümüzde sentetik malzemelerin ortaya çıkması nedeniyle daha az önem taşımaktadır. Ticari olarak

mürekkeplerin, cilaların, yağlı boyaların, verniklerin vb. bir bileşenidir ve gıdalarda parlaticı madde olarak kullanılır (Coppen, 1995).

Bu çalışmada, ahşap ağartma kimyasalları uygulandıktan sonra balmumu ile muamele edilmiş balau red (*Shorea guiso*) odununda bazı yüzey özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçların ağartma, balmumu ve bu ağaç türüne ait kullanım alanları adına yeni bilgiler katacağı hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Ahşap malzeme

Balau red (*Shorea guiso*) odunu bu çalışmada seçilmiştir. Deney örnekleri 100 x 100 x 20 mm<sup>3</sup> boyutlarında hazırlanmıştır.

Daha sonra, bu numuneler üzerinde 20±2 °C ile %65 bağıl nemde olacak şekilde iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (ISO 554, 1976).

#### 2.1.2. Ağartma kimyasalları

Araştırmada, tek komponentli [oksalik asit (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>): sıvı, kokusuz, renksiz, pH değeri 2.0±0.5] ve çift komponentli (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+NaOH) [pH değeri 7, sıvı, kokusuz, renksiz, çözünür, seyreltici maddesi su, hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>): A bileşeni ve sodyum hidroksit (NaOH): B bileşeni, 2:1 oranında karıştırılarak] kimyasalları kullanılmıştır.

#### 2.1.3. Balmumu

Çalışmada, doğal ve sentetik balmumlarının karışımına sahip balmumu (görünüm: macun, renk: nötr, koku: karakteristik, suda çözünürlük: dağılabilir fakat çözünmez, kuru artık: %30 ve pH değeri: 7.6) kullanılmıştır.

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Ağartma kimyasallarının uygulanması

Bir sünger kullanılarak sürme tekniği ile bu kimyasallar ahşap malzeme yüzeylerine uygulanmıştır.

### 2.2.2. Ahşap yağının ahşap malzeme yüzeylerine uygulanması

Çalışmada, doğal ve sentetik balmumlarının karışımına sahip yağ ahşap malzeme yüzeylerine tek kat olarak fırça yardımıyla uygulanmıştır.

### 2.2.3. Testler

#### 2.2.3.1. Parlaklık özelliklerinin belirlenmesi

Parlaklık değerleri, ETB-0833 model gloss meter cihazında üç farklı açıda (20°, 60° ve 85°) liflere paralel ve dik yönlerde olacak şekilde yapılmıştır (Şekil 1b) (ISO 2813, 1994).

### 2.2.3.2. Renk özelliklerinin belirlenmesi

Bir CS-10 renk ölçüm cihazı (CHN Spec, Çin) [CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağılık aydınlatma)] (Şekil 1c) ile renk parametreleri belirlenmiştir (ASTM D 2244-3, 2007). Aşağıdaki formüller yardımıyla toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar belirlenmiştir.

$\Delta E^*$  için kıyaslamaları için kriter değerleri (DIN 5033, 1979) Çizelge 1'de verilmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan(b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - C^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - a^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - L^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - b^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Çizelge 1.  $\Delta E^*$  değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979)

Table 1. Comparison Criteria for  $\Delta E^*$  evaluation (DIN 5033, 1979)

Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ )	Görsel renk puanı farkı
<0.2	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	Zayıf
1.5 ila 3.0	Belirgin
3.0 ila 6.0	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	Güçlü
> 12.0	Çok güçlü

$\Delta a^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta L^*$  tanımlamaları (Lange, 1999) Çizelge 2'de sunulmuştur.

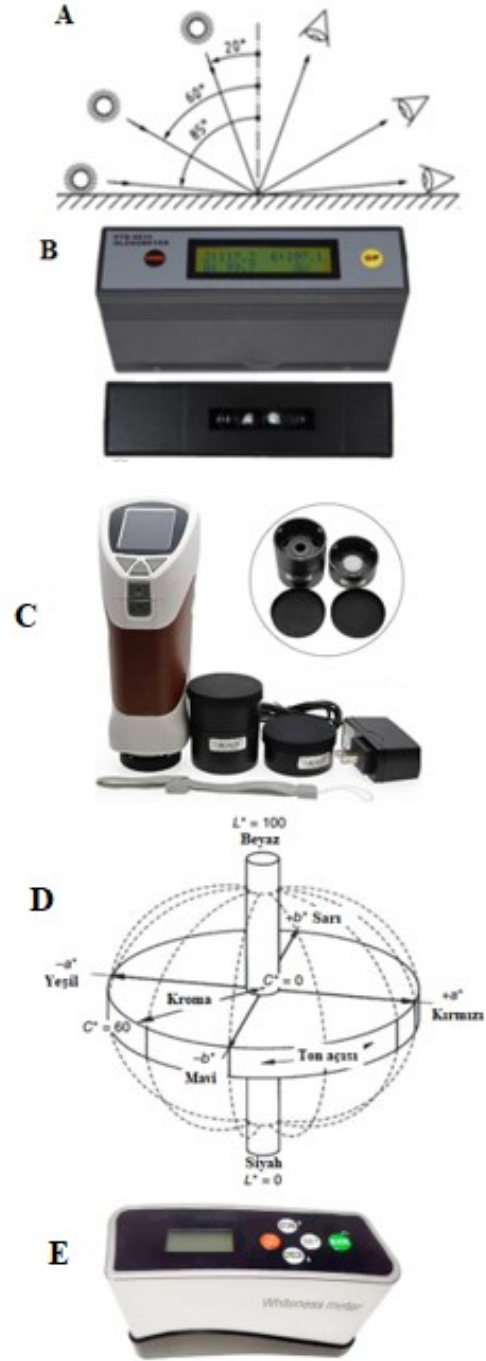
Çizelge 2.  $\Delta a^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta L^*$  tanımlamaları (Lange, 1999)

Table 2. Definitions of  $\Delta a^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta b^*$ , and  $\Delta L^*$  (Lange, 1999)

Test	Referansa göre Pozitif durumdaki açıklama	Referansa göre Negatif durumdaki açıklama
$\Delta b^*$	Daha sarı	Daha mavi
$\Delta L^*$	Daha açık	Daha koyu
$\Delta a^*$	Daha kırmızı	Daha yeşil
$\Delta C^*$	Daha net, daha parlak	Daha bulanık, mat

### 2.2.3.3. Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) özelliklerinin belirlenmesi

Bu çalışmada, Whiteness Meter BDY-1 cihazının kullanılması beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerleri liflere paralel ve dik yönlere belirlenmiştir (ASTM E313-15e1, 2015) (Şekil 1e).



Şekil 1. (a) Ölçüm açıları (ISO 2813, 2014) ve (b) parlaklık ölçüm cihazı, (c) renk ölçüm cihazı ve (d)  $L^*$  değerinin merkez ekseninde temsil edildiği ve  $a^*$  ile  $b^*$  eksenlerinin yatay düzlemde görüldüğü toplam sistem (de With, 2018) ve (e) beyazlık indeksi ölçüm cihazı

### 2.3. İstatistiksel analizlerin belirlenmesi

Bir istatistik programı ve çalışmaya ait ölçüm değerlerinin kullanılması ile standart sapmaları, maksimum ve minimum ortalama değerleri, ortalamaya ait olan ölçüm değerleri, homojenlik grupları, çok değişkenli varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çok değişkenli varyans analizi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün testler için uygulama türü faktörünün anlamlı olarak elde edildiği görülmüştür.

Beyazlık indeksi ( $WT^*$ ) değerlerine ve renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4'de sunulmuştur.

$h^o$  ve  $L^*$  değerler için en yüksek sonuçlar çift komponentli ağartma + balmumu uygulamasına sahip örneklerde görülürken, en düşük sonuçlar balmumu uygulamasına sahip örneklerde elde edilmiştir (Çizelge 4).

$a^*$  parametresi için en yüksek sonuç balmumu uygulamasına sahip örneklerde tespit edilirken, en düşük sonuç çift komponentli ağartma + balmumu uygulamasına sahip deney örneklerinde bulunmuştur (Çizelge 4).

$b^*$  ve  $C^*$  için en yüksek sonuçlar çift komponentli ağartma işlemine sahip örneklerde bulunurken, en düşük sonuçlar tek komponentli ağartma + balmumu uygulamasına sahip örneklerde tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Bütün uygulamalar ile liflere dik yöndeki  $WT^*$  değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir. En yüksek sonuç kontrol deney grubunda (13.18) bulunurken, en düşük sonuç tek komponentli ağartma + balmumu uygulamasına sahip örnekler (6.74) üzerinde görülmüştür (Çizelge 4).

Liflere paralel yönlerde yapılan  $WT^*$  değerlerinde ise en yüksek sonuç çift komponentli ağartma işlemi görmüş deney örneklerinde (9.38) tespit edilirken, en düşük balmumu muamelesine sahip örneklerde (4.32) elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 5'de toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar görülmektedir. Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979) ile verilen değerlerle bu çalışmada elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, tek komponentli ağartma işlemi görmüş deney örnekleri "çok belirgin (3.0 ila 6.0)" kriterini verirken, diğer bütün uygulamalar "güçlü (6.0 ila 12.0)" kriterini vermiştir (Çizelge 5).

$\Delta L^*$  değerleri tek komponentli ağartma işlemi, balmumu muamelesi ve tek komponentli ağartma + balmumu uygulamaları ile negatif olarak bulunurken, çift komponentli ağartma işlemi ve çift komponentli ağartma + balmumu uygulaması ile pozitif olarak elde edilmiştir (Çizelge 5).

$\Delta a^*$  değerleri ise tek komponentli ağartma işlemi, çift komponentli ağartma işlemi, tek komponentli ağartma +

balmumu ve çift komponentli ağartma + balmumu uygulamaları ile negatif yönde bulunurken, balmumu muamelesi ile pozitif yönde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5).

$\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  değerleri ise tek komponentli ağartma işlemi ve tek komponentli ağartma + balmumu uygulamaları ile negatif olarak bulunurken, çift komponentli ağartma işlemi, balmumu muamelesi ve çift komponentli ağartma + balmumu ile pozitif olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 6'da parlaklık değerlerine ait ölçüm sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün uygulamalar ile parlaklık değerlerinde azalmalar elde edilmiştir. Bütün derece ve yönlerde yapılan parlaklık testleri için en yüksek sonuçlar kontrol deney grubu örneklerinde tespit edilmiştir (Çizelge 6).

60 ve 85 derecelerde her iki yönlerdeki belirlenmiş olan parlaklık değerleri için en düşük sonuçlar çift komponentli ağartma kimyasalı uygulanmış deney örneklerine ait gruplarda bulunmuştur (Çizelge 6).

### 4. Sonuç

Elde edilen sonuçlara göre;

- ✓ Bütün testler için varyans analizi testleri anlamlı olarak belirlenmiştir.
- ✓ Balmumu uygulaması ile liflere dik ve paralel yönlerde yapılan  $WT^*$  değerleri azalış durumları vermiştir.
- ✓ Tek ve çift komponentli ağartma kimyasalları ile liflere dik yönde  $WT^*$  değerleri ve  $a^*$  değeri azalış gösterirken,  $h^o$  değeri artış sonuçları sergilemiştir.  $b^*$  ve  $C^*$  değerleri tek komponentlide azalırken, çift komponentlide artmıştır.
- ✓ Bütün derece ve yönlerde ait parlaklık değerleri yapılan 5 farklı uygulamalar ile azalmıştır.

Çizelge 3. Çok değişkenli varyans analizi sonuçları  
Table 3. Results of multivariate analysis of variance

Varyans	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Uygulama	Işıklılık ( $L^*$ )	1 164.998	5	233.000	477.141	0.000*
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	261.730	5	52.346	302.485	0.000*
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	335.351	5	67.070	161.183	0.000*
	Kroma ( $C^*$ )	214.693	5	42.939	87.909	0.000*
	Ton ( $h^\circ$ ) açısı	2 094.262	5	418.852	697.986	0.000*
	$\perp 20^\circ$ 'de parlaklık	0.155	5	0.031	20.459	0.000*
	$\perp 60^\circ$ 'de parlaklık	37.268	5	7.454	552.111	0.000*
	$\perp 85^\circ$ 'de parlaklık	131.499	5	26.300	312.956	0.000*
	$\parallel 20^\circ$ 'de parlaklık	0.329	5	0.066	25.187	0.000*
	$\parallel 60^\circ$ 'de parlaklık	54.644	5	10.929	486.521	0.000*
	$\parallel 85^\circ$ 'de parlaklık	531.389	5	106.278	1 127.949	0.000*
	Beyazlık indeksi ( $\perp$ )	419.928	5	83.986	1 474.390	0.000*
	Beyazlık indeksi ( $\parallel$ )	230.536	5	46.107	829.930	0.000*
Hata	Işıklılık ( $L^*$ )	26.370	54	0.488		
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	9.345	54	0.173		
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	22.470	54	0.416		
	Kroma ( $C^*$ )	26.376	54	0.488		
	Ton ( $h^\circ$ ) açısı	32.405	54	0.600		
	$\perp 20^\circ$ 'de parlaklık	0.082	54	0.002		
	$\perp 60^\circ$ 'de parlaklık	0.729	54	0.014		
	$\perp 85^\circ$ 'de parlaklık	4.538	54	0.084		
	$\parallel 20^\circ$ 'de parlaklık	0.141	54	0.003		
	$\parallel 60^\circ$ 'de parlaklık	1.213	54	0.022		
	$\parallel 85^\circ$ 'de parlaklık	5.088	54	0.094		
	Beyazlık indeksi ( $\perp$ )	3.076	54	0.057		
	Beyazlık indeksi ( $\parallel$ )	3.000	54	0.056		
Toplam	Işıklılık ( $L^*$ )	153 350.079	60			
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	6 448.163	60			
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	28 111.744	60			
	Kroma ( $C^*$ )	34 561.964	60			
	Ton ( $h^\circ$ ) açısı	252 012.640	60			
	$\perp 20^\circ$ 'de parlaklık	2.480	60			
	$\perp 60^\circ$ 'de parlaklık	319.230	60			
	$\perp 85^\circ$ 'de parlaklık	374.440	60			
	$\parallel 20^\circ$ 'de parlaklık	3.330	60			
	$\parallel 60^\circ$ 'de parlaklık	456.790	60			
	$\parallel 85^\circ$ 'de parlaklık	2 217.640	60			
	Beyazlık indeksi ( $\perp$ )	6 837.940	60			
	Beyazlık indeksi ( $\parallel$ )	2 863.000	60			
Düzeltilmiş Toplam	Işıklılık ( $L^*$ )	1 191.368	59			
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	271.075	59			
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	357.821	59			
	Kroma ( $C^*$ )	241.069	59			
	Ton ( $h^\circ$ ) açısı	2 126.667	59			
	$\perp 20^\circ$ 'de parlaklık	0.237	59			
	$\perp 60^\circ$ 'de parlaklık	37.997	59			
	$\perp 85^\circ$ 'de parlaklık	136.037	59			
	$\parallel 20^\circ$ 'de parlaklık	0.470	59			
	$\parallel 60^\circ$ 'de parlaklık	55.857	59			
	$\parallel 85^\circ$ 'de parlaklık	536.477	59			
	Beyazlık indeksi ( $\perp$ )	423.004	59			
	Beyazlık indeksi ( $\parallel$ )	233.536	59			

\*: Anlamlı

Çizelge 4. Beyazlık indeksi ( $WT^*$ ) değerlerine ve renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları  
Table 4. Measurement results of whiteness index ( $WT^*$ ) values and color parameters

Test	Uygulama	N	Ort.	Değişim (%)	HG	SS	Min.	Maks.	COV
$L^*$	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	51.74	-	C	0.40	51.13	52.27	0.78
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	48.31	↓6.63	D	0.73	47.60	49.39	1.51
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	55.42	↑7.11	B	0.91	53.98	56.36	1.63
	Balmumu muamelesi	10	45.16	↓12.72	E**	0.56	44.26	46.05	1.25
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	45.40	↓12.25	E	0.43	44.66	46.17	0.94
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	56.12	↑8.47	A*	0.96	54.51	57.21	1.71
$a^*$	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	11.45	-	B	0.37	10.93	11.99	3.20
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	9.36	↓18.25	D	0.32	8.94	10.08	3.39
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	8.06	↓29.61	E	0.69	6.66	8.87	8.59
	Balmumu muamelesi	10	13.75	↑20.09	A*	0.31	13.15	14.15	2.26
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	10.62	↓7.25	C	0.24	10.20	10.96	2.22
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	7.64	↓33.28	F**	0.41	7.09	8.24	5.43
$b^*$	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	20.53	-	C	0.35	19.83	21.00	1.71
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	19.57	↓4.68	D	0.52	18.77	20.20	2.65
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	24.86	↑21.09	A*	1.21	23.19	26.85	4.88
	Balmumu muamelesi	10	21.25	↑3.51	B	0.23	20.92	21.62	1.08
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	18.46	↓10.08	E**	0.36	17.76	18.84	1.95
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	24.37	↑18.70	A	0.67	23.24	25.54	2.76
$C^*$	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	23.51	-	C	0.43	22.77	24.12	1.85
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	21.70	↓7.70	D	0.52	21.01	22.37	2.39
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	26.14	↑11.19	A*	1.34	24.34	28.23	5.13
	Balmumu muamelesi	10	25.31	↑7.66	B	0.27	24.86	25.62	1.08
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	21.30	↓9.40	D**	0.33	20.70	21.73	1.57
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	25.55	↑8.68	AB	0.70	24.47	26.84	2.74
$h^\circ$	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	60.85	-	C	0.62	59.81	61.91	1.01
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	64.42	↑5.87	B	0.84	63.21	65.65	1.30
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	72.06	↑18.42	A	0.88	71.09	74.18	1.22
	Balmumu muamelesi	10	57.10	↓6.16	D**	0.61	56.26	58.08	1.07
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	60.19	↓1.08	C	0.83	58.92	61.36	1.39
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	72.60	↑19.31	A*	0.82	71.29	73.75	1.13
$WT^*$ (⊥)	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	13.18	-	A*	0.19	12.90	13.40	1.42
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	10.10	↓23.37	D	0.22	9.90	10.50	2.19
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	12.92	↓1.97	B	0.12	12.70	13.00	0.95
	Balmumu muamelesi	10	7.00	↓46.89	E	0.13	6.80	7.20	1.90
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	6.74	↓48.86	F**	0.32	6.40	7.30	4.81
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	12.10	↓8.19	C	0.35	11.50	12.40	2.86
$WT^*$ (  )	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	7.58	-	C	0.13	7.40	7.70	1.74
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	5.32	↓29.82	D	0.08	5.20	5.40	1.48
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	9.38	↑23.75	A*	0.37	9.00	9.90	3.98
	Balmumu muamelesi	10	4.32	↓43.01	F**	0.14	4.10	4.50	3.24
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	4.62	↓39.05	E	0.24	4.40	5.00	5.18
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	8.50	↑12.14	B	0.31	8.20	8.90	3.59

COV: Varyasyon Katsayısı, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,  
N: Ölçüm Sayısı, \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer

Çizelge 5. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar  
Table 5. Results of total color differences

Uygulama	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979)
Tek komponentli ağartma işlemi	-3.43	-2.09	-0.96	-1.81	1.42	4.13	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)
Çift komponentli ağartma işlemi	3.68	-3.39	4.34	2.63	4.83	6.62	Güçlü (6.0 ila 12.0)
Balmumu muamelesi	-6.58	2.30	0.72	1.81	1.60	7.01	
Tek komponentli ağartma + balmumu	-6.34	-0.83	-2.07	-2.20	0.33	6.72	
Çift komponentli ağartma + balmumu	4.38	-3.81	3.84	2.04	5.02	6.96	



Çizelge 6. Parlaklık değerlerine ait ölçüm sonuçları  
Table 6. Measurement results of glossiness values

Test	Uygulama	N	Ort.	Değişim (%)	HG	SS	Min.	Maks.	COV
⊥20°	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	0.30	-	A*	0.00	0.30	0.30	0.00
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	0.15	↓50.00	C**	0.05	0.10	0.20	35.14
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	0.18	↓40.00	BC	0.04	0.10	0.20	23.42
	Balmumu muamelesi	10	0.18	↓40.00	BC	0.04	0.10	0.20	23.42
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	0.15	↓50.00	C**	0.05	0.10	0.20	35.14
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	0.20	↓33.33	B	0.00	0.20	0.20	0.00
⊥60°	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	3.58	-	A*	0.18	3.40	3.90	5.07
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	1.52	↓57.54	C	0.13	1.40	1.70	8.66
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	1.04	↓70.95	D**	0.05	1.00	1.10	4.97
	Balmumu muamelesi	10	2.26	↓36.87	B	0.13	2.10	2.40	5.60
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	2.30	↓35.75	B	0.00	2.30	2.30	0.00
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	2.29	↓36.03	B	0.11	2.10	2.40	4.81
⊥85°	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	4.08	-	A*	0.30	3.70	4.50	7.38
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	0.51	↓87.50	E	0.12	0.30	0.60	23.47
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	0.10	↓97.55	F**	0.00	0.10	0.10	0.00
	Balmumu muamelesi	10	2.52	↓38.24	C	0.08	2.40	2.60	3.13
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	3.48	↓14.71	B	0.58	2.70	4.10	16.52
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	1.27	↓68.87	D	0.25	1.00	1.60	19.66
20°	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	0.38	-	A*	0.08	0.30	0.50	20.76
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	0.17	↓55.26	B	0.08	0.10	0.30	48.43
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	0.20	↓47.37	B	0.00	0.20	0.20	0.00
	Balmumu muamelesi	10	0.16	↓57.89	B**	0.05	0.10	0.20	32.27
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	0.20	↓47.37	B	0.00	0.20	0.20	0.00
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	0.20	↓47.37	B	0.00	0.20	0.20	0.00
60°	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	4.46	-	A*	0.21	4.10	4.60	4.63
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	2.10	↓52.91	C	0.00	2.10	2.10	0.00
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	1.34	↓69.96	D**	0.16	1.20	1.60	11.77
	Balmumu muamelesi	10	2.22	↓50.22	C	0.20	2.00	2.50	9.21
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	2.75	↓38.34	B	0.14	2.60	2.90	4.92
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	2.64	↓40.81	B	0.08	2.50	2.70	3.19
85°	Kontrol (herhangi bir işlem yok)	10	10.96	-	A*	0.27	10.60	11.40	2.48
	Tek komponentli ağartma işlemi	10	6.00	↓45.26	B	0.16	5.80	6.20	2.61
	Çift komponentli ağartma işlemi	10	1.94	↓82.30	E**	0.23	1.60	2.20	11.70
	Balmumu muamelesi	10	2.80	↓74.45	D	0.38	2.40	3.20	13.47
	Tek komponentli ağartma + balmumu	10	6.24	↓43.07	B	0.32	5.90	6.60	5.13
	Çift komponentli ağartma + balmumu	10	3.82	↓65.15	C	0.41	3.30	4.30	10.81

COV: Varyasyon Katsayısı, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,

N: Ölçüm Sayısı, \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### 6. Kaynaklar

- Akçay, Ç. (2020). Determination of decay, larvae resistance, water uptake, color, and hardness properties of wood impregnated with honeybee wax. *BioResources*, 15(4), 8339-8354. <https://doi.org/10.15376/biores.15.4.8339-8354>.
- Akçay, Ç., Ayata, Ü., Birinci, E., Yalçın, M., & Kolaylı, S. (2022). Some physical, biological, hardness, and color properties of wood impregnated with propolis. *Forestist*, 72(3), 283-293. <https://doi.org/10.5152/forestist.2022.21051>.

- ASTM D 2244-3 (2007). Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E 313-15e1 (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayata, Ü., & Bal, B. C. (2023). Ilomba (*Pycnanthus angolensis* Exell) Odununda Bazı Yüzey Özellikleri Üzerine Çeşitli Ağartıcı Kimyasalların Uygulanması. 2. Uluslararası Sağlık, Mühendislik Ve Uygulamalı Bilimler Kongresi. 4-6 Ağustos, Belgrad, 95-105.
- Ayata, Ü., & Çamlıbel, Ç. (2023). İç ve dış mekânda kullanılan Satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) ahşabında ağartma uygulamasının yapılması üzerine bir çalışma. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 273-281.
- Bawa, K. S., Appanah, S., & Turnbull, J. M. (1998). A Review of *Dipterocarps* axonomy Ecology and Sylviculture. In *Conservation of Genetic Resources in the Dipterocarpaceae*. (pp. 45-55)
- Bower, J. D. (2005). Waxes. In *Coatings Technology Handbook*. (pp. 66.1-66.6)
- Chai, X. S., Hou, Q. X., Luo, Q., & Zhu, J. Y. (2004). Rapid determination of hydrogen peroxide in the wood pulp bleaching

- streams by a dual-wavelength spectroscopic method. *Analytica Chimica Acta*, 507(2), 281-284. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.11.036>.
- Coppen, J. J. (1995). Gums, resins and latexes of plant origin. *Non-Wood Forest Products*, 6, 142.
- Çamlıbel, O., & Ayata, Ü. (2023a). İhlamur (*Tilia tomentosa* - Moench.) Odununda Ağartma Uygulaması. *Uzakdoğu 2. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi*. 20-22 Ekim, Filipinler, 107-116.
- Çamlıbel, O., & Ayata, Ü. (2023b). Ahşap Ağartıcı Kimyasallarının Ekop (*Tetraberlinia bifoliolata* Haum.) Ahşabında Uygulanması. *Uzakdoğu 2. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi*. 20-22 Ekim, Filipinler, 125-135.
- de With, G. (2018). *Polymer Coatings: A Guide to Chemistry, Characterization, and Selected Application*. Wiley-Vch.
- DIN 5033 (1979). Deutsche Normen. Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Djarwanto Damayanti, R., Balfas, J., Basri, E., Jasni, Sulistianingsih, I., Andianto, Martono, D., Pari, G., & Sopandi, A. (2017). *Pengelompokan Jenis Kayu Perdagangan Indonesia*. Forda Press.
- Downs, L. E. (1948). Bleaching Wood. Forest Products Laboratory Madison, WI. Report No. 1705.
- Farr, J. P., Smith, W. L., & Steichen, D. S. (2003). Bleaching agents. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4, 43-81. <https://doi.org/10.1002/0471238961.1921182206011818.a01.pub2>.
- Florido, H. B., Roxas, C. A., & Cortiguerra, F. F. (1998). Some Important Philippine Forest Trees Named Before the Turn of the 20<sup>th</sup> Century. Research Information on Ecosystems (RISE). Ecosystem Research and Development Bureau, College.
- Gardner, S., Sidisunthorn, P., & Anusarnsunthorn, V. (2000). *A field guide to forest trees of northern Thailand*. Kobfai Publishing Project.
- ISO 2813 (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 2813 (2014). Paints and varnishes - Determination of gloss value at 20°, 60° and 85°. Standard, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 554 (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing. International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Lange, D. R. (1999). *Fundamentals of Colourimetry*. Application Report No. 10e. DR Lange: New York, USA.
- Liu, X., Timar, M. C., Varodi, A. M., Nedelcu, R., & Torcătoru, M. J. (2022). Colour and surface chemistry changes of wood surfaces coated with two types of waxes after seven years exposure to natural light in indoor conditions. *Coatings*, 12(11), 1689. <https://doi.org/10.3390/coatings12111689>.
- Liu, Y., Guo, H., Gao, J., Zhang, F., Shao, L., & Via, B. K. (2015). Effect of bleach pretreatment on surface discoloration of dyed wood veneer exposed to artificial light irradiation. *BioResources*, 10(3), 5607-5619. <https://doi.org/10.15376/biores.10.3.5607-5619>.
- Niu, K., & Song, K. (2021). Surface coating and interfacial properties of hot-waxed wood using modified polyethylene wax. *Progress in Organic Coatings*, 150, 105947. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105947>.
- Park, K. C., Kim, B., Park, H., & Park, S. Y. (2022). Peracetic acid treatment as an effective method to protect wood discoloration by UV light. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 50(4), 283-298. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2022.50.4.283>.
- Peker, H. (2023a). Canelo (*Drimys winteri* J. R. Forst. & G. Forst.) Ahşabında Ağartma Uygulamaları. *ICAFVP 3. Uluslararası Tarım, Gıda, Veteriner Ve Eczacılık Bilimleri Kongresi*. 10-12 Kasım, Beyrut, Lübnan, 165-174.
- Peker, H. (2023b). Lotofa (*Sterculia rhinopetala*) Odununda Tek Ve Çift Bileşenli Ağartıcılarının Uygulanması. *ICAFVP 3. Uluslararası Tarım, Gıda, Veteriner Ve Eczacılık Bilimleri Kongresi*. 10-12 Kasım, Beyrut, Lübnan, 173-182.
- Peker, H., & Ayata, Ü. (2023). Olon (*Zanthoxylum heitzii*) odununun bazı yüzey özellikleri üzerine ağartıcı kimyasalların etkileri. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 210-218. <https://doi.org/10.33725/mamad.1369843>
- Peker, H., & Ulusoy, H. (2023). Ahşap Ağartıcı Kimyasalların Uygulanmış Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Odununda Bazı Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi. *8. Asya Pasifik Uluslararası Modern Bilimler Kongresi*. 11-12 Eylül, Delhi, India, 464-465.
- Peker, H., Bilginer, E. H., Ayata, Ü., & Çamlıbel, O. (2023b). Mobilya sektöründe kullanılan movingui (*Distemonanthus benthamianus* Baillon) odununda tek ve çift bileşenli ahşap ağartıcı kimyasallarının uygulanması üzerine bir araştırma. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 73-79.
- Peker, H., Bilginer, E. H., Ayata, Ü., Gürleyen, L., & Çamlıbel, O. (2023a). İç ve Dış Mekânlara Ait Tasarımlarda Kullanılan İzombé (*Testulea gabonensis*) Ahşabında Farklı Ahşap Ağartıcı Kimyasallarının Uygulanması. *2. Uluslararası Kültür, Sanat ve İletişim Sempozyumu (UKSANİL 2)*. 15-17 Aralık, Bayburt.
- Petric, M., Kricej, B., Humar, M., Pavlic, M., & Tomazic, M. (2004). Patination of cherry wood and spruce wood with ethanalamine and surface finishes. *Surface Coatings International Part B*, 87(3), 195-202.
- Ren, L., Cai, Y., Ren, L., & Yang, H. (2016). Preparation of modified beeswax and its influence on the surface properties of compressed poplar wood. *Materials*, 9(4), 230. <https://doi.org/10.3390/ma9040230>.
- Uphof, J. C. T. (1959). *Dictionary of economic plants*. Verlag Von J. Cramer.
- Wang, X., & Song, K. (2022). Improvement of surface coating and interfacial properties of hot-waxed wood using maleic anhydride grafted polypropylene wax. *Forests*, 13(8), 1205. <https://doi.org/10.3390/f13081205>.



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Ekonominin Termodinamik Yasaları Üzerine Bir Deneme

Ünal Çamdalı<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu yazar: u.camdali@aybu.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 22/01/2024

Kabul tarihi: 22/05/2024

*Anahtar Kelimeler: Analoji, Ekonomi, Ekonominin termodinamik yasaları, Termodinamik, Termodinamik Yasaları*

DOI: 10.55979/tjse.1423784

#### ÖZET

Bu çalışmada önce termodinamik biliminin önemi ve temel yasaları ortaya konmuştur. Ayrıca termodinamik yasalardan özellikle sıfırıncı, birinci ve ikinci yasalarla ilgili temel matematiksel denklemler de tanımlanmıştır. Daha sonra bu yasaların ekonomi bilimi ile olan ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu ilişkiler belirlenirken söz konusu yasaların matematiksel ifadeleri dikkate alınmış ve bunların ekonomi bilimi içerisindeki benzeşimleri (analogileri) tespit edilmeye çalışılmıştır. Benzeşim için ısı pompaları gibi termodinamik sistemler ile banka gibi ekonomik sistemlerin ortak çalışma prensiplerinden yararlanılmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda bir ısı pompası çevrimi için aynı prensiple periyodik olarak örneğin 1 kWh enerji (iş) harcayarak veya enerji yatırımı yaparak 5 kWh enerji (ısı) üretmek mümkün olacaktır. Bankalar da benzer şekilde periyodik olarak tasarruflardan örneğin %5 faizden kaynak toplayarak bunları yatırımcılara %10 faizden kullanarak bir kazanç elde eder. Buradan pazar gibi ekonomik ve makina (motor) gibi termodinamik süreçlerin, benzer yasalara tabi oldukları sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın Türkçe literatürdeki alana küçük de olsa bir katkı yapması hedeflenmektedir.

### An Essay on the Thermodynamics Laws of Economics

#### ARTICLE INFO

Received: 22/01/2024

Accepted: 22/05/2024

*Keywords: Analogy, Economics, Thermodynamic laws of economics, Thermodynamics, thermodynamics laws*

DOI: 10.55979/tjse.1423784

#### ABSTRACT

In this study, first the significance and main principles of thermodynamics are introduced. In addition, the laws of thermodynamics, especially the basic mathematic equations regarding the zeroth, first and the second laws of thermodynamics are given in thermodynamics terminology. Then, the relationship between these laws and economics is defined. When these relationships are defined, the mathematical expressions of the laws have been taken into account and the analogies of these laws for economics have been determined. Thermodynamic systems like a heat pump and economic systems like a bank have been used in the analogy. In this context, for a heat pump cycle, it will be possible to periodically produce, for example, 5 kWh of energy (heat) by consuming 1 kWh of energy (work) or by investing in energy, with the same principle. Similarly, banks also periodically collect resources from savers, for example at 5% interest, and make a profit by making them available to investors at 10% interest. It follows that economic processes such as the market and thermodynamic processes such as the engine are subject to similar laws. This study aims at making a small contribution to the Turkish literature in this area.

#### 1. Giriş

Eski Yunanda bir evin mal varlığını yönetme sanatı anlamına gelen ve bir ev ile sınırlandırılan ekonomi (veya iktisat), günümüzde çok daha büyük bir ev olan dünyayı ilgilendirmekte hatta onu etkisi altına almaktadır (Barber, 2007). Kaldı ki bu etki sadece dünya ile sınırlı da değildir hatta evrenseldir. Zira evrenin çalışma prensiplerinin içerisinde üstün bir “ekonomiklik” ilkesinin mevcut olduğu gerçeği de evren bilimciler tarafından ortaya konmaktadır (Barrow, 1998). Ayrıca ekonomi bilimi felsefeden psikolojiye, matematikten istatistik bilimlerine kadar pek çok bilimlerle bağlantıları güçlü olan bir disiplin şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Bu bilimde özellikle neoklasiklerle başlamış olan bir mühendislik boyutunun varlığı da bir realitedir. Bununla birlikte F. H. Knight, mekaniği iktisadın kardeş bilimi nitelendirmesi bu noktada dikkate değerdir (Ateş, 1993).

17–19. yüzyılları arasındaki mekanik epistemolojinin gelişimi, termodinamik biliminin doğmasına da zemin

hazırlamıştır. Bu gelişmeler, iktisat biliminin hassas konusu kabul edilen *değere*, dönemin iktisatçıları tarafından mekanik bir bakış açısı kazandırılmasına neden olmuştur. Bu noktada Einstein'ın vurguladığı gibi tüm yasalar içerisinde en sarsılmaz yasa niteliğinde olan termodinamik yasalar, ekonomi bilimine de önemli katkılar sağlamıştır (Ateş, 1993). Ayrıca termodinamik, ekonomi bilimi ile mühendislik arasında, bir bağ kurulmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Termodinamik, enerji bilimidir. Bu bilim mikro organizmalardan, ev aletlerine; ulaşım araçlarından, güç üretim sistemlerine hatta felsefeye kadar çok geniş bir uygulama alanına sahiptir (Çengel & Boles, 2008). Yasaları evrenin en temel yasalarındandır yani evrenseldir (Çamdalı, 2012). Bu yasalar, bilindiği üzere *Termodinamiğin Sıfırıncı, Birinci, İkinci ve Üçüncü yasalarıdır*. Bu yasalardan Sıfırıncı Yasa, iki farklı sistemin üçüncü bir sistemle ayrı ayrı ısıl dengede olmaları halinde, kendi aralarında da ısıl dengenin var olması gerektiği gerçeğinden hareket ederek, sıcaklık

ölçümünün prensibini ortaya koymaktadır. *Enerjinin Korunumu Yasası* olarak da bilinen Birinci Yasa ve *Entropi Yasası* olarak da bilinen İkinci Yasa; enerji dönüşümünün ve bu dönüşümün bedelinin, esaslarını belirlemektedir. Üçüncü Yasa ise kimyasal bakımdan homojen ve mükemmel kristal halinde bulunan maddelerin, mutlak sıfır sıcaklığa (0 K: -273 °C) doğru yaklaştıkça, entropi değerlerinin de sıfıra yaklaşacağını, diğer bir ifadeyle bu sıcaklıkta söz konusu maddelerde, düzensizliğin ve hareketin mevcut olamayacağını ifade etmektedir (Çamdalı, 2012).

Enerjinin Korunumu Yasası, tıpkı Maddenin Korunumu Yasası gibi yaygın bilinen bir yasadır. Bu yasaya göre enerji yoktan var edilemez, varsa da yok edilemez. Enerji sadece form değiştirir. Termodinamiğin Birinci Yasasına göre enerjinin her dönüşümü sonucunda, toplam enerji miktarı değişmeyerek sabit kalmasına rağmen Termodinamiğin İkinci Yasasına (entropi yasası) göre ise her dönüşümün sonucunda, tersinmezliklere bağlı olarak enerjinin bir kısmı, faydalı formdan faydasız forma dönüşecek, bunun sonucunda da yoktan bir miktar düzensizlik, kaos veya termodinamikteki ismi ile entropi üretilmiş olacaktır (Çamdalı, 2012). Bu bağlamda enerjiyi faydalı form (*ekserji*) ve faydasız form (*anerji*) şeklinde ikiye ayırmak mümkündür. Enerjinin maksimum faydalı formu yani ekserjisi ne kadar fazlaysa ikinci yasa açısından söz konusu enerjinin, o kadar değerli olduğu anlamı da ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla elektrik, kinetik, potansiyel gibi enerjilerin ekserji kısmı, ısı kaynaklı (*termal*) enerjilere göre daha fazladır. Isı kaynaklı enerjinin maksimum iş değeri (ekserjisi), Sadi Carnot'un önerdiği *Carnot ısı makinasından* elde edilen iş (veya güç) ile sınırlıdır. Carnot'un ısı makinalarının maksimum verimliliğinin elde edilmesi ile ilgili yaptığı çalışmaların sonuçları, aynı zamanda *maksimum ekonomik verimliliğin* belirlenmesine de esas teşkil eden, *ekonometrik* bir prensibin oluşmasına neden olmuştur. Söz konusu prensip; belirli bir ısı (enerjisi) kullanılarak maksimum ürünün, hangi koşullarda elde edileceğini belirlemektedir. Carnot bu çalışmasıyla bir anlamda, termodinamik yasalarla iktisadi değer arasında bağlantı kurmuştur. Dolayısıyla bazı iktisatçılar tarafından Carnot'a *ilk ekonometrist* unvanının verilmesi anlamlıdır (Gergescu-Roegen, 1971; Ateş, 1993). Carnot'un ortaya koyduğu söz konusu evrensel prensipten yararlanılarak enerjinin ekserjistik kısmı ile iktisadi değer arasında bir ilişki kurulmuştur. Zira tüm makro sistemler, üretim süreçleri yoluyla kullandıkları enerjinin bir kısmını, faydalı enerjiye dönüştürürken diğer kısmı ile de entropinin artmasına, neden olmaktadır. Bir süreçte entropi üretimi ne kadar az olursa üretilen ekonomik değer de o oranda daha fazla olacaktır (Ateş, 1993). Bu ilke (veya bakış açısı), ekonomi ile termodinamik veya diğer bir anlamda ekonomi ile mühendislik arasındaki ilişkinin kurulmasında, en önemli etkenlerden biri olmuştur.

Literatürde Termodinamik ile Ekonomi bilimleri arasındaki benzeşime dayalı Türkçe kaynaklı yayınlar

oldukça sınırlı olmasına karşın yeterli sayıda İngilizce kaynaklı yayınlar mevcuttur. Türkçe yayınlardan Ateş tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tezinin (Ateş, 1993) son bölümünde, iktisadi değerler ile termodinamik yasalar arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Ağaoglu da yaptığı bir çalışmada (Ağaoglu, 1994) kaos kuramının temel felsefesini ve Ekonomi Bilimindeki yansımaları ile ilgili hususları, termodinamikten de yararlanarak ortaya koymaya çalışmıştır. İngilizce kaynaklı yayınlardan bazıları da aşağıda özetlenmiştir. Georgescu-Roogen entropi kavramını ilk defa ekonomide kullanmıştır (Georgescu-Roogen, 1971). Berry vd. (Berry vd., 1974), ekonomik ve termodinamik bakış açısına dayalı en uygunluk konusundaki ilişki üzerine bir çalışma yapmıştır. Araştırmacılar bu çalışmada, minimum maliyetle üretim yapan bir sistemin, termodinamik koşullarını ortaya koymuştur. Saslow (Saslow, 1999) ekonomik sistemlerle termodinamik sistemler arasında bir benzeşim (analoji) kurduktan sonra denge durumundaki ekonomik niceliklerin, ekonomik sistemin yapısını nasıl karakterize edeceğini ortaya koymuştur. Çalışmada, araştırmacı ayrıca termodinamik denge durumundaki bir fiziksel sistem ile ekonomik sistem arasındaki ilişkiyi, entropi üzerinden kurduktan sonra termodinamikte çok sık kullanılan serbest enerji ve Maxwell denklemlerinin, ekonomideki benzeşimlerini oluşturmuştur. Lozada da (Lozada, 2006) çalışmasında entropi, serbest enerji ve diğer termodinamik özelliklerin, ekonomideki karşılıklarını tartışmıştır.

Bu makalenin gerçekleştirilmesinde temel alınan ve Mimkes tarafından gerçekleştirilen (Mimkes, 2006) çalışmada da araştırmacı özellikle klasik termodinamik yasaların ve istatistik termodinamikte kullanılan kavramların, ekonomideki analogilerini anlaşılır ve somut örneklerle ortaya koymuştur. Bunlar, aşağıda farklı başlıklar altında verilmiştir.

Bu çalışmada da termodinamik biliminin genel karakteristik yapısı, ekonomi bilimi ile ilgili ilişkisi ortaya konmuş; *Termodinamiğin Birinci ve İkinci yasalarının* matematik ifadeleri kapalı ve açık sistemler için belirtilmiş; sonrasında da ekonomideki termodinamik yapılar tanımlanarak kurumlar ve makinelerin bağlamında termodinamik bilimi ile ekonomi biliminin analogisi sıfırcı, birinci ikinci ve üçüncü yasalara göre kurulmaya çalışılmıştır.

## 2. Termodinamik Yasaların Matematik İfadeleri

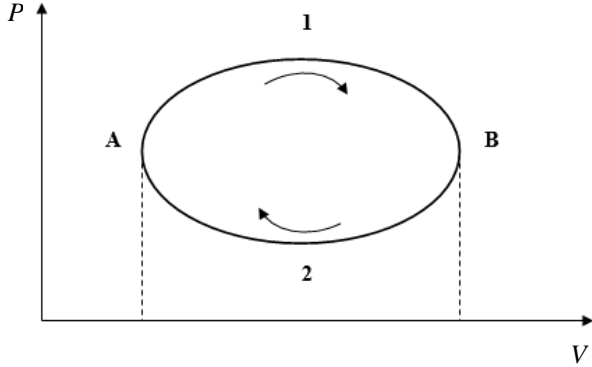
### 2.1. Termodinamiğin birinci yasası

Şekil 1'de verilen bir güç (veya iş) çevrimi için Termodinamiğin Birinci Yasasının matematiksel ifadesi, Denklem (1) ile verilebilir.

$$\oint \delta Q = \oint \delta W \quad (1)$$

Bu eşitliğe göre, özellikle iş (veya güç) üreten sistemlerde, sistemin bir çevrim boyunca çevresiyle yaptığı net ısı alışverişi, çevresiyle yaptığı net iş alışverişine eşittir (Eğrican & Atılgan, 1985).

Süreçler (hal değişimleri) için ise Termodinamiğin Birinci Yasasının kapalı ve açık sistemler için matematiksel ifadeleri ise aşağıda verilmiştir.

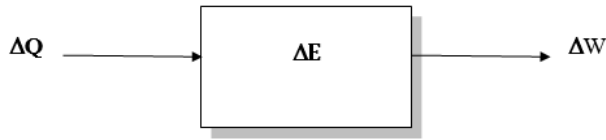


Şekil 1. Bir güç (veya iş) A1B2A (veya ısı pompası A2B1A) çevrimi (P: Basınç, V: Hacim)  
Figure 1. A power (or work) A1B2A (or heat pump A2B1A) cycle (P: Pressure, V: Volume)

### Kapalı sistemler (kontrol kütlesi) için Birinci Yasa ifadesi

Kapalı sistemler çevresiyle kütle alışverişi yapmayan sistemlerdir. Şekil 2’de verilen kapalı bir sistem için yasa, Denklem (2)’deki gibi elde edilebilir.

$$\Delta Q - \Delta W = \Delta E = E_2 - E_1 \quad (2)$$



Şekil 2. Kapalı bir sistemin (kontrol kütlesi) çevresiyle yaptığı enerji etkileşimi  
Figure 2. The energy interaction of a closed system (control mass) with its environment

Burada:

$\Delta Q = Q_{giren} - Q_{çıkan}$  :Sistemin çevresiyle yaptığı net ısı alışverişi

$\Delta W = W_{çıkan} - W_{giren}$  :Sistem tarafından dönüştürülen (üretilen) net iş

$\Delta E =$  Sistemin enerji değişimi  $(E = U + \frac{1}{2}mV^2 + mgz$ : iç enerji + kinetik enerji + potansiyel enerji)

### Açık sistemler (kontrol hacmi) için Birinci Yasa ifadesi

Açık sistemler çevresiyle madde etkileşiminde bulunan sistemlerdir. Şekil 3’te verilen açık bir sistem için ise yasa, Denklem (3)’deki gibi elde edilebilir.

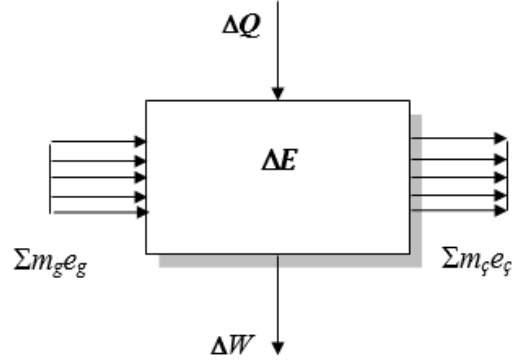
$$\Delta Q - \Delta W + \sum m_g e_g - \sum m_ç e_ç = \Delta E \quad (3)$$

Burada:

$\sum m_g e_g$  : Sisteme giren kütlelerin, sisteme taşıdığı enerjilerin toplamı

$\sum m_ç e_ç$  : Sistemi terk eden kütlelerin, sistemden taşıdığı enerjilerin toplamı

$e = h + \frac{1}{2}V^2 + gz$  : entalpi + kinetik enerji + potansiyel



enerji

Şekil 3. Açık bir sistemin (kontrol hacminin) çevresiyle yaptığı enerji etkileşimi

Figure 3. The energy interaction of an open system (control volume) with its environment

### 2.2. Termodinamiğin ikinci yasası

Termodinamiğin İkinci Yasası, entropi adı verilen yeni bir özelliğin tanımlanmasına olanak vermiştir. Entropinin sözcük anlamı dönüşüm, değişim olsa da teknik anlamda bir sistemin mikroskobik düzeydeki düzensizliğinin, nicel ölçüsüdür. Termodinamiğin ikinci yasasının matematiksel ifadesi, *Clausius Eşitsizliği* ile ortaya konmuştur. Bu Denklem (4),

$$\oint \frac{\partial Q}{T} \leq 0 \quad (4)$$

ifadesiyle verilmektedir. Bunun anlamı, bir sistemin bir çevrim boyunca, çevresiyle yapmış olduğu ısı alışverişlerinin, ısı alışverişlerin gerçekleştirildiği sıcaklığa oranı sıfır veya sıfırdan küçüktür. Burada *eşitlik* durumu tersinir hal değişimleri (veya süreçleri) için, *eşitsizlik* durumu ise tersinmez hal değişimleri (veya süreçleri) için geçerlidir.

Bir çevrim boyunca integrali sıfır olan bir büyüklük bir özellik olduğundan, entropiyi tersinir süreçler için Denklem (5)’deki gibi tanımlamak mümkündür.

$$dS = \frac{\partial Q}{T} \quad (5)$$

Clausius eşitsizliği ile entropinin tanımı birlikte değerlendirildiğinde, *Entropinin Artışı* denen bir ilke elde edilir. Bu ilke, Denklem (6) şeklinde tanımlanır.

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T} \text{ veya } dS \geq 0 \quad (6)$$



Bu tanım, sistem ve çevresinin toplam entropilerinin değişimi, tersinir süreçler için sıfır, gerçek süreçler için ise sıfırdan büyüktür anlamına gelmektedir. Bir sistemin veya çevresinin entropisi, bir süreç boyunca azalabilir. Ancak sistem ve çevresinin entropilerinin değişimlerinin toplamı, tersinir süreçler için sıfır, gerçek sistemler için ise mutlaka sıfırdan büyüktür yani *artı işaretli* olmak zorundadır. Bu ilke, kapalı ve açık sistemler için aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

#### Kapalı sistemler (kontrol kütlesi) için İkinci Yasa ifadesi

Kapalı sistemler için İkinci Yasa, entropi üretimi bağlamında Denklem (7-9) şeklinde yazılabilir.

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{çevre}} \geq 0 \quad (7)$$

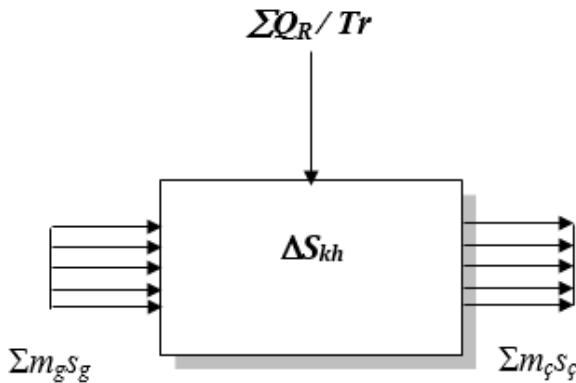
$$\Delta S_{\text{sistem}} = S_2 - S_1 = m(s_2 - s_1) \quad (8)$$

$$\Delta S_{\text{çevre}} = \sum \frac{Q_R}{T_R} \quad (9)$$

Burada  $Q_R$  ısı deposuyla yapılan ısı alışverişini,  $T_R$  ise ısı alışverişinin yapıldığı sıcaklığı göstermektedir.

#### Açık sistemler (kontrol hacmi) için ikinci yasa ifadesi:

Şekil 4'de gösterilen açık bir sistem (kontrol hacmi) için entropi üretimi ifadesi ise Denklem (10) ile verilebilir.



Şekil 4. Açık bir sistemin (kontrol hacmi) entropi dengesi  
Figure 4. Entropy balance of an open system (a control volume)

$$S_{\text{üretim}} = \sum m_{\text{ç}} s_{\text{ç}} - \sum m_{\text{g}} s_{\text{g}} - \sum \frac{Q_R}{T_R} + \Delta S_{\text{kh}} \quad (10)$$

Burada:

$\sum m_{\text{g}} s_{\text{g}}$  : Sisteme giren kütlelerin, sisteme taşıdığı toplam entropi

$\sum m_{\text{ç}} s_{\text{ç}}$  : Sistemden çıkan kütlelerin, sistemden taşıdığı toplam entropi

### 3. Ekonomideki Termodinamik Yapılar

Klasik ekonomi teorilerinin küresel boyutta ortaya çıkan krizlere, çözüm üretmesi hususunda sıkıntı çektiği (Rifkin & Howard, 2010) konusu, sık sık gündeme getirilmektedir. Dolayısıyla mevcut teorilerin, termodinamiğin yasaları çerçevesinde revize edilmesi ve ekonomik olaylara yeni bakış açılarının getirilmesi

gerektiği bir gerçektir. Son yıllarda mühendislerin ve fen bilimcilerin de katkılarıyla ekonomi ve sosyal bilimlerle ilgili entropi esaslı modeller ve bu modellere dayalı analizler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bunlar disiplinler arası çalışmaların geliştirilmesine katkı da sağlamaktadır. Bu çalışmada termodinamik yasaların matematik ifadelerinin, ekonomi bilimindeki benzeşimleri (analojileri) ortaya konmaya çalışılmıştır.

Ekonomideki termodinamik yasalar, diğer bilimlerde olduğu gibi matematik denklemlerle ifade edilebilir. Bunları ifade etmeden önce termodinamikteki bazı kavramların ana hatlarıyla ortaya konması, konunun anlaşılması açısından faydalı olacaktır. Bu bağlamda örneğin ısı ( $Q$ ) iki değişkene bağlı olabilen ve diferansiyeli tam diferansiyel olmayan ( $\delta Q$ ) (Mimkes, 2006), bir büyüklük şeklinde tanımlanabilir. Tanım, söz konusu büyüklüğün değerinin yola veya diğer bir ifade ile sürece bağlı olduğu anlamına gelmektedir. Bu tür büyüklüklerin integralinin sınır değeri değişirse bile sürecin yolu değiştiğinde, değeri değişecektir. Sonucun ekonomideki karşılığı, Şekil 1'den de anlaşılacağı üzere çevrimsel (döngüsel) bir süreçte, çevrimin bir sürecini daha az bir yatırım (maliyeti) yaparak gerçekleştirirken çevrimi tamamlayan diğer süreçte, daha çok kazanç elde etmenin mümkün olacağı anlamına gelmektedir. İşlem periyodik olduğunda, kazanç da periyodik olacaktır. Bu prensip, enerji üretiminde kullanılan güç santralleri, ısı pompaları gibi sistemler ile ekonomideki üretimin hatta büyümenin temelini teşkil etmektedir. Bununla birlikte termodinamikte  $dS = \delta Q / T$  veya  $S = k \ln p$  şeklinde tanımlanan entropi değişimi veya entropi, ekonomide üretim fonksiyonu olarak tanımlanırken sıcaklık ( $T$ ) ise ülkelerin pazar endeksini veya yaşam standardını yansıtan, kişi başına düşen gayri safi milli hâsılası (GNP per capita) olarak ifade edilebilir. Bu bağlamda ekonomik büyümenin ve sermaye (kapital) üretiminin, ısı pompaları ve elektrik jeneratörleri gibi petrol, doğal gaz gibi kaynaklara bağlı olduğu ifade edilebilir. Dolayısıyla buradan pazar gibi ekonomik ve makina (motor) gibi termodinamik süreçlerin, benzer yasalara tabi oldukları sonucu ortaya çıkmaktadır (Mimkes, 2006).

Son yıllarda fizik ve mühendislik gibi teknik bilimlerin metotları kullanılarak ekonomi ve sosyal bilimlere, yeni yaklaşımlar ve yeni bakış açıları geliştirilmeye çalışılmaktadır. Ekonomi bilimi ile ilgili örneğin ekonomik büyüme, gelir dağılımı ve işsizlik gibi problemler için teknik bilimlerin metotları kullanılarak geliştirilen yeni anlayışlar, çözüm olabilecektir. Dolayısıyla sosyal sistemlerin dinamikleri kavramı, Weidlich tarafından; ekonofizik kavramı da Stanley tarafından bu tür problemlere çözüm olması amacıyla ortaya atılmıştır. Sosyo-ekonomik sistemlerin modellenmesindeki termodinamik yaklaşımlar da Foley, Mimkes ve Dragulescu ve Yakovenko gibi araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir (Mimkes, 2006).

#### 4. Benzeşimin (Analojinin) Çevrim Özelineki Dayanağı

Termodinamik ile ekonomi arasında makro seviyede analogik (benzeşim) bir ilişki kurmak mümkündür. Yukarıda da ifade edildiği gibi literatürde bu konuda yapılmış pek çok çalışma mevcuttur. Bu konuda genel bir fikir vermesi açısından Saslow (Saslow, 1999) tarafından yapılmış analogi, Çizelge 1’de verilmiştir.

Bu çalışmada da daha özellikli (spesifik) termodinamik kavramlarla ekonomik kavramlar arasında, bir benzerlik kurulmaya çalışılmıştır. Bu noktada ısı yukarıda da ifade edildiği gibi en az iki özelliğe bağlı olarak (örneğin sıcaklık ve basınç gibi) tanımlanabilir. Ayrıca diferansiyeli tam diferansiyel olmayan ( $\delta Q$ ) bir büyüklük olup yola (sürece) bağlı bir fonksiyondur. Bunun anlamı: Şekil 1’de görüldüğü üzere A ile B noktaları arasındaki herhangi bir yol üzerinden ısının diferansiyelinin integrali, B ile A noktaları arasındaki farklı bir yol üzerinden gerçekleşince farklı olmaktadır. Bu prensibin periyodik şekilde çalışan makinalara uygulanmasında, çok önemli bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Şekil 1’deki gibi başlangıç ve bitiş noktaları A ve B olan ve iki süreçten oluşan bir çevrimde B2A süreci belli bir enerji (iş) harcanarak gerçekleştirilirken; A1B sürecinde diğer sürece göre daha fazla enerji (iş) üretilmektedir. Dolayısıyla burada çevrimden hem de periyodik olarak

net enerji (ısı veya iş) üretme olanağı doğmaktadır. Bu bağlamda bir ısı pompası çevrimi için aynı prensiple periyodik olarak örneğin 1 kWh enerji (iş) harcayarak (veya enerji yatırımı yaparak) 4 ila 5 kWh enerji (ısı) üretmek mümkün olacaktır (Mimkes, 2006).

Ekonomik büyüme de tıpkı termodinamikteki ısıya benzer şekilde, ekonomi bilimi açısından emek ve sermaye gibi en az iki değişkenin veya termodinamikteki ismi ile özelliğin fonksiyonudur. Bu büyüklüğün diferansiyeli de yine ısı gibi tam diferansiyel değildir. Yani bu ifadenin A1B yolu boyunca alınan diferansiyelinin integrali, B2A yolu üzerindeki integralinden farklıdır. Bu prensip ekonomideki periyodik üretim uygulamaları için cazip görünmektedir. Bir çevrimin bir yolu boyunca, daha düşük bir yatırım yaparken çevrimin diğer yolundan daha fazla kazanç elde etmek hem de periyodik olarak mümkündür. Bu duruma ekonomik alandan banka veya firmalardan örnek verilebilir. Bankalar periyodik olarak tasarruflardan örneğin %5 faizden kaynak toplayarak bunları yatırımcılara %10 faizden kullanarak bir kazanç elde edebilir. Benzer şekilde firmalar da mümkün olduğu kadar düşük maliyetle üretim yapıp, bunları mümkün olduğu kadar yüksek fiyattan satarak benzer bir işlevi, periyodik olarak yerine getirmektedir (Mimkes, 2006).

Çizelge 1. Termodinamik ve ekonomi arasındaki temel benzerlikler (Saslow, 1999)

Table 1. Basic similarities between thermodynamics and economics (Saslow, 1999)

Termodinamik	-A	-E	TS	$\mu$	N
Ekonomi	S	F	Q=U-W	F	N
	(servet)	(fayda)	(artık değer)	(fiyat)	(ürün miktarı)

A: N adet özdeş parçacığa sahip bir sistemin, Helmholtz serbest enerjisi,  $A = -PV + \mu N$ , E: enerji, TS: sıcaklık (çarpı) entropi,  $\mu$ : parçacıkların kimyasal potansiyeli, N: miktar

#### 4. Ekonominin Termodinamik Yasaları

##### 4.1. Ekonominin sıfıncı yasa

Sıfıncı yasa, ortalama kişisel zenginliğin miktarını (varlığını) verir. Toplumda ölçülmesi zor da olsa kişisel servet dengesinin tanımlanmasına yardımcı olur. Farklı kişisel servete sahip iki tüketici, evlilik, evlat edinme vd. aile olma yollarıyla servetlerini paylaşabilir. Yasaya göre toplumda eşit kişisel servete yaklaşım, yavaş da olsa sağlanmalıdır. Mülkiyet harcamayla veya harcama olmadan, çalışma süresine bağlı olmaksızın, devredilebilir. Ekonomik fayda da temasla (veya faaliyetle) aktarılabilir (Gumjudpai, 2020).

##### 4.2. Ekonominin birinci yasa

Ekonomik faaliyet gösteren bir kurumda örneğin bir tekstil, bir otomobil fabrikasında, bir tıp merkezinde veya bir bankada ekonomik değer, uzun çabalar sonucunda gerçekleştirilmektedir. Ayrıca bu sistemlerde üretilen ürünler, doğal olarak üretim biçimine (yöntemine) bağlıdır. Yani üretim biçimi değişince ürünler de farklılık

göstermektedir. Her sistemin kendine has bir üretim süreci (veya yöntemi) mevcuttur.

Matematiksel olarak ifade edilmek istenirse: ürünler entegrasyon yoluna bağlıdır. Bu yol o ürünü elde etmek için kullanılan üretim sürecidir. Dolayısıyla her bir üretim, üretimin gerçekleştirildiği spesifik üretim sürecine bağlıdır. Üretim bu anlamda aşağıdaki matematiksel Denklem (11) ile ifade edilebilir (Mimkes, 2006).

$$-\oint \partial W = \oint \partial Q \quad (11)$$

Denklemden işin eksi işaretli olması ( $-\partial W$ ), ısı pompası gibi sistemler için gerekli olan işin işaretinden kaynaklıdır. Artık değer olarak ifade edilen  $Q$  giren işin (veya enerjinin) bir sonucudur. Yukarıdaki eğrisel integral ifadesi, Şekil 1 dikkate alındığında (ve yola bağlı olarak), A dan B ye giden yol (süreç) ile tekrar B den A ya gelen diğer bir yol (süreç) esas alınarak yeniden düzenlenirse Denklem (12) ile yazılabilir (Mimkes, 2006).

$$-\oint \partial W = \oint \partial Q = \int_A^B \partial Q_1 - \int_A^B \partial Q_2 = Y - C = \Delta Q \quad (12)$$

Bu denklemden de anlaşılacağı üzere ekonomik süreç, kazanç (ürün,  $Y$ ) ile girdileri (maliyetleri,  $C$ ) içermektedir. Bunlar arasındaki fark da *artık değer* ( $\delta Q$ ) olarak ortaya çıkmaktadır. Kazanç (ürün) ile maliyetin (girdilerin) her ikisi de üretimin kapalı eğrisinin yani çevriminin birer parçalarıdır. Bunlar aynı zamanda üretimin ve tüketimin yoluna veya sürecine bağlıdır. Aralarındaki fark olan artık değer ile ekonomik büyüme, tüm süreç bilinmediği sürece baştan hesaplanamayabilir (Mimkes, 2006).

Yukarıda bir ekonomik çevrim için yazılan birinci yasa denklemi, diferansiyel formda da yazılabilir. Bir çevrim boyunca birbirine eşit olan  $-\partial W$  ve  $\partial Q$  denklemlerin bir süreç boyunca birbirinden farkı, tam diferansiyel bir büyüklük olan  $dE$ 'ye eşit olacaktır. Bu durum, Denklem (13-14) ile ifade edilebilir (Mimkes, 2006).

$$\partial Q = dE - \partial W \quad (13)$$

$$dE = dU + d\left(\frac{1}{2}mV^2\right) + d(mgz) \quad (14)$$

Denklem (13), bir süreç için *Ekonominin Birinci Yasasının diferansiyel formu* şeklinde tanımlamak mümkündür. Denklem göre artık değer ( $\delta Q$ ), sermayeyi ( $dE$ ) artırırken aynı zamanda işe ( $-\delta W$ ) ihtiyaç duymaktadır. Bu yasanın en önemli özelliklerinden birinin, sermaye üretim dengesinin (capital balance of production), belirli fonksiyonlarla ifade edilememesidir. Yasada da ifade edildiği gibi sermaye dengesi, tam diferansiyel olmayan formlarla verilmektedir. Bunlar aşağıda biraz daha detaylı verilmiştir (Mimkes, 2006).

#### 4.2.1. İş ( $\partial W$ )

İş ( $W$ ), emek (effort) ile teknik bilginin (know-how) toplamı şeklinde ifade edilebilir. Bununla birlikte iş, genel bir fonksiyon ve tam diferansiyel olarak ifade edilemez. İş fonksiyonu integralin yoluna bağlıdır. Buradaki yol daha önce de belirtildiği üzere üretimin gerçekleştirildiği süreçtir. Bundan dolayı işi, başta hesap etmek gerçekten zordur. İş, süreçteki çalışan insanların niteliğine ve sayısına da eşit değildir. Emeğe değil üretim sürecine eşdeğerdir. İş, sermaye ( $E$ ) ve artık değer ( $\partial Q$ ) gibi kapital boyutundadır (Mimkes, 2006).

Termodinamikte  $W$  fonksiyonu makinaların işi olarak ifade edilirken, ekonomide  $W$  fonksiyonu çalışanların ve makinaların toplam işi olarak ifade edilebilir. Bu noktada ekonominin termodinamik formülasyonu, modern üretimin bir problemini de ortaya koymaktadır. Söz konusu problem, insan ve makine işinin aynı formül ile yani Denklem (11)'deki gibi ifade edilmesidir. Bu durum, insanların verimli çalışmaması halinde, onların yerini makinaların alabilmesinin, mümkün olması şeklinde de açıklanabilir. Örneğin inşaat gibi yapım işlerinde çalışan işçilerin yapacakları işlerin bir kısmı, vinçler ve makinalar tarafından gerçekleştirilecekken; bazı ofis işleri de bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilebilecektir (Mimkes, 2006).

#### 4.2.2. Artık değer ( $\partial Q$ )

Artık değer ( $\partial Q$ ), işin bir sonucudur (Denklem 12). Tam diferansiyel bir formda olmadığından, ilk başta hesaplanması zordur. İntegrali, iş gibi yola yani üretim sürecine bağlıdır (Mimkes, 2006).

Ekonominin termodinamik formülasyonu, ekonomik üretimi termodinamikteki iş ile karşılaştırma olanağını vermektedir (Mimkes, 2006).

#### 4.3. Ekonominin ikinci yasa

Tam diferansiyel formda olmayan ve yola bağlı olan  $\delta Q$ , integral faktörü  $T$ 'ye bölüldüğünde, tam diferansiyel forma dönüşür. Dönüşüm, tersinir süreçler için ikinci yasa olarak tanımlanır ve Denklem (15) yardımıyla gösterilir:

$$dS = \frac{1}{T} \partial Q = \frac{\partial Q}{T} \quad (15)$$

Denklemdaki  $S$ , mühendislik, fizik ve diğer bilimlerde *entropi* olarak tanımlanan bir büyüklüktür ve nokta (sistem) fonksiyonudur. Ekonomistler genellikle bu fonksiyonu üretim veya fayda fonksiyonu olarak tanımlar.  $1/T$ , sermaye dengesinin integral faktörüdür. Denklem (16)'da verildiği gibi  $T$  spesifik bir ekonomik sistemin,  $N$  adet temsilcisinin (agents), ortalama sermayesi ( $E$ ) ile orantılıdır (Mimkes, 2006):

$$E = cNT \quad (16)$$

Denklemdaki  $c$  orantı katsayısıdır.  $T$ 'yi ekonomik sıcaklık olarak da ifade etmek mümkündür.  $N$  ürünlü bir pazarda  $T$ , ortalama fiyat seviyesi ile orantılıdır.  $N$  haneden oluşan bir toplumda ise  $T$ , hane başına düşen ortalama sermaye ve yaşam standardı ile orantılıdır. Bir ülkede ise kişi başına düşen gayri safi milli hâsıla (GDP per capita) ile orantılıdır.  $T$ , ikinci yasa tarafından tüm ekonomik fonksiyonlarda ana değişken olarak tanımlanmıştır (Mimkes, 2006).

Denklem (15)'deki  $\delta Q$  ifadesini, Denklem (11)'de yerine yazarsak aşağıdaki Denklem (17) elde edilir.

$$-\oint \partial W = \oint T dS \quad (17)$$

Entropi veya üretim fonksiyonu olarak tanımlanan  $S$ , iş fonksiyonu olan  $W$  ile yakın ilişki içerisinde. Fakat  $W$ 'nin tersine,  $S$  üretim sürecinden bağımsızdır, üretim (sayı) boyutundadır ve önceden belirlenebilir.  $W$  ve  $S$  fonksiyonları tüm ekonomik süreçlerdeki, mekanizmayı ve hesabı temsil etmektedir. Entropi veya üretim fonksiyonu sisteme bağlıdır ve ekonomik sürecin önceden hesaplanmasını mümkün kılar (Mimkes, 2006).

İş fonksiyonu ise üretim sürecine bağlı olarak tanımlanır ve yukarıda da belirtildiği üzere her bir farklı süreç için farklı bir değer alır. Bu durum, çevrimin bir sürecinde daha küçük bir yatırım yaparak çevrimin diğer sürecinde daha büyük bir kazanç elde ederek *artık değer* yaratmayı mümkün hale getirir. Tam diferansiyel bir fonksiyon olan entropi, tam diferansiyel fonksiyon olmayan  $\delta Q$  ile

tanımlanmaktadır. Yani  $\delta Q = TdS$  dir. Benzer şekilde Denklem 18'de görüldüğü gibi tam diferansiyel formda olmayan üretim ( $\delta W$ ) de tam diferansiyel bir form olan  $dV$  ile ifade edilir (Mimkes, 2006).

$$-\delta W = PdV \quad (18)$$

Burada  $P$  basınç,  $V$  ise mahal (hacimsel alan) veya kişisel özgürlük olarak tanımlanır.  $V$  dış ekonomiden (external economics) veya toplumsal baskıdan (social pressure) dolayı azalabilir (Mimkes, 2006).

Yukarıdaki Denklem (13), (15) ve (18) dikkate alındığında, entropi için Denklem (19-20) yazılabilir:

$$dS(T, V) = \frac{\partial S}{\partial T} dT + \frac{\partial S}{\partial V} dV = \frac{1}{T} [dE(T, V) + P(T, V)] dV \quad (19)$$

Bu ifade aşağıdaki gibi düzenlenebilir:

$$dS(T, V) = \frac{1}{T} \frac{\partial E}{\partial T} dT + \frac{1}{T} \left[ \frac{\partial E}{\partial V} + P \right] dV \quad (20)$$

Tam diferansiyel olan  $dS$ , integrasyon yolundan bağımsız intgre edilebilir. Yukarıdaki denklemden de anlaşılacağı üzere entropi değişimi; üretim fonksiyonu  $S(T, V)$ , sermayeye  $E(T, V)$  ve ekonomik basınç (baskı) olan  $P(T, V)$ 'ye bağlı hesap edilir (Mimkes, 2006).

#### 4.4. Ekonominin üçüncü yasası

Kişisel servetin sıfır olduğu bir durumda, kişisel servet birimi başına fayda da sıfır olacaktır. Sıfır kişisel servete ulaşmak ise sonsuz adımlar gerekecektir. Zenginlik mutluluk içerse de onu tamamen ortadan kaldırmanın imkânı yoktur. Eğer kişisel zenginlik sıfırsa, yani hiçbir biçimde mutluluk yoksa tüketici için de sıfır fayda olacaktır. Termodinamiğin terminolojisi açısından,  $T=0$  K'deki bir sistem için  $S=0$  olacaktır. Dolayısıyla gelişmemiş bir ekonomik sistemde, artık değer ve ekonomik sıcaklık sıfır olduğundan, söz konusu sistemin sıfır ekonomik entropiye sahip olduğunu gerçeği veya benzeşimi, üçüncü yasa bağlamında ifade edilebilir (Saslow, 1999; Gumjudpai, 2020).

#### 5. Termodinamik Sistemler ile Ekonomik Sistemlerin Karşılaştırılması

**Isı Pompaları:** Bir ısı pompası ısı kaynağı olarak tanımlanan hava, nehir, akarsu veya toprak gibi enerji kaynaklarının ısını (enerjisini) alıp, farklı ortamlara aktaran sistemlerdir. Bu sistemler işlevini bir çevrim boyunca çalışarak gerçekleştirir. Bunlar çevrimin bir süreci boyunca örneğin 1 kWh enerji (yani iş) tüketirken çevrimi tamamlayan diğer süreçte ise 5 kWh enerji (yani ısı) üretebilmektedir. Bu sistemlerde üretilen ısı ( $Q$ ), harcanan işten ( $W$ ) büyüktür (Mimkes, 2006).

Isı pompaları, ısı kaynaklarından ısı çekerek onların soğumasına neden olurken ısıyı pompaladıkları ortamın da ısıtılmasına neden olurlar. Bu sistemlerde üretilen ısı (enerji) ile harcanan enerji arasındaki fark, ısı kaynağından karşılanmaktadır (Mimkes, 2006).

**Bankalar:** Bankalar da ısı pompalarına benzer şekilde tasarrufların birikimlerini kullanan ekonomik sistemlerdir. Bu sistemler periyodik olarak birikimlere (tasarruflara) örneğin %5 oranında faizle bir anlamda yatırım yaparak, %10 oranında faizle kazanç elde etmektedirler. Sistemden çıkış ( $Q$ ) tıpkı ısı pompalarında olduğu gibi sisteme girişten ( $W$ ) daha fazladır. Bankalar için artık değer, her bir çevrim (cycle) için tasarrufların artışından kaynaklanmaktadır (Mimkes, 2006).

**Sermaye (Kapital, E):** Sermayeyi ( $E$ ) ekonomik çevrimin temeli kabul etmek mümkündür. Bir çiftlik çiftçinin, bir üretim yeri de firmanın sermayesi iken bir yatırım da yatırımcının sermayesidir. Emek ( $\delta W$ ) olmadan, sermaye büyüyemez. Dolayısıyla sermaye emekle artabilir denilebilir. Kötü bir yönetim ise sermayeyi azaltabilir. Ancak her ekonomik sistem, hayatta kalmak için artı bir *artık değer* üretmek zorundadır. Her bir üretim çevriminden sonra artık değer ( $\delta Q$ ), yatırım sermayesi ( $E$ ) ile makul bir ilişki içerisinde olmak zorundadır. Bu ilişki, aşağıdaki üretim çevriminin verimi ( $r$ ) şeklinde tanımlanan, Denklem (21) ile ifade edilebilir (Mimkes, 2006):

$$r = - \oint \frac{\partial W}{\partial E} = \oint \frac{\partial Q}{\partial E} = \frac{Q_{net}}{\Delta E} \quad (21)$$

Buradaki  $r$ , faiz oranıdır (interest rate). Faiz oranının verimi, üretim çevriminin başarısının ( $\delta W$ ) bir ölçüsüdür ve aynı zamanda spesifik bir üretim sürecinde, insanların mı yoksa makinelerin mi çalıştırılacağı konusunda bir saptama yapar (Mimkes, 2006).

#### 6. Sonuç

Hemen hemen tüm bilimlerle ilişki içerisinde olan ekonominin, mühendislikle olan ilişkisi bir hayli anlamlıdır. Ayrıca mühendislikte, ekonomik üretim anlayışının önemi de tartışmasız bir gerçektir. Zira mühendislik sistemlerinin enerji, mekanik, malzeme ve diğer açılardan verimli olmasının beklenilmesinin yanında, ekonomik olarak da verimli olması, arzu edilen hatta önemli bir husustur. Bu bakımdan ekonomiklik, mühendislik sistemlerinin vazgeçilmez koşuludur. Kaldı ki ekonomide, değer üreten madde ve enerjinin, termodinamik yasalara tabi olması, ekonomi ile mühendisliğin en temel bilimlerinden olan termodinamik bağlamında yakın bir benzeşimin kurulmasının en önemli dayanağıdır. Bu noktada ısı enerjisinin mekanik işe çevrilmesinin üst limitini ortaya koyan, ünlü termodinamikçi Sadi Carnot'un, ilk ekonometrist kabul edilmesi anlamlıdır.

Bu çalışmada termodinamiğin özellikle birinci ve ikinci yasaları ile termodinamik kavramların ekonomi bilimindeki analogilerinin matematik ifadeleri araştırılıp, ortaya konmaya çalışılmıştır. Ülkemizde bu konudaki çalışmalar henüz yeterli seviyede değildir.

Her disiplinin diğerlerinden ayrı ayrı değerlendirilmesi, parçadan bütüne geçme noktasında bazı kavramların yeterince anlaşılabilmesi veya eksik anlaşılması gibi sorunların doğmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla

çalışmanın özellikle Türkçe literatürdeki eksikliğin giderilmesine hizmet etmesi, hedeflenen amaçlardan en önemlisidir.

Son olarak bir şirketin sermayesi artsa da ömür sermayesinin sürekli azalacağını Termodinamiğin İkinci Yasası tarafından tespiti, hayati ve farklı bir gerçeğin ortaya konması açısından manidardır.

## 7. Kaynaklar

- Ağaoğlu, A. (1994). Kaos kuramı. *İşletme ve Finans Dergisi*, 9(101-102), 4-17.
- Ateş, S. (1993). *Ekonomi Biliminde Değer Kuramlarına Bakış: Çağdaş Yaklaşımlar, Entropi Olgusu ve Kapalı Sistemler*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- Barber, W. J. (2007). *İktisadi Düşünce Tarihi*. Metropol Yayınları.
- Barrow, J. D. (1998). *Evrenin Kökeni*. Varlık Yayınları.
- Berry, R. S., Salamon, P., & Heal, G. (1978). On a relation between economic and thermodynamic optima. *Resources and Energy*, 1(2), 125-137.
- Çamdalı, Ü. (2012). Termodinamik ve sosyal sistemlerin yakın çevre ilişkilerindeki ilginç benzeşim, değişim ve bir sonuç-bir ümit. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 67(2), 213-221. [https://doi.org/10.1501/SBFder\\_0000002252](https://doi.org/10.1501/SBFder_0000002252)
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2008). *Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla*. İzmir Güven Kitabevi.
- Eğrican, N., & Atılğan, H. (1985). *Çözümlü Termodinamik Problemleri*. Emin Ofset.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, Cambridge.
- Gumjudpai, B. (2020). Thermodynamics Formulation of Economics. *IAISAE 2020 International Conference on Thermodynamics 2.0*. June 22-24, Worcester, USA, 1-4.
- Lozada, G. A. (2006). Entropy, free energy, work, and other thermodynamic variables in economics. *Ecological Economics*, 56, 71-78.
- Mimkes, J. (2006). A Thermodynamic Formulation of Economics. In *Econophysics and Sociophysics: Trends and Perspective*. (pp. 1-33)
- Rifkin, J., & Howard, T. (2010). *Entropi Dünyaya Yeni Bir Bakış*. İstanbul İz Yayıncılık.
- Saslow, W. (1999). An economic analogy to thermodynamics. *American Journal of Physics*, 67(12), 1239-1247.



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Tarım Sigortası Yaptıran ve Yaptırmayan Elma İşletmelerinin Maliyet ve Kârlılık Analizi: Denizli İli Çivril İlçesi Örneği

Ayşe TEKİN<sup>1\*</sup>, Bahri KARLI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Isparta, Türkiye

\*Sorumlu yazar: prof.aysetekin@gmail.com

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 12/02/2024

Kabul tarihi: 08/05/2024

**Anahtar Kelimeler:** Çivril, Elma işletmeleri, Maliyet, Kârlılık, Tarım sigortacılığı

DOI: 10.55979/tjse.1435821

#### ÖZET

Elma, dünyada ekonomik anlamda üretimi ve ticareti yapılan en önemli meyveler arasında yer almaktadır. Türkiye elma üretiminde, dünyada elma üretimi yapan 95 ülke arasında 2022 verilerine göre Çin'in ardından 2. sırada yer almaktadır. Türkiye'de elma üretiminde Isparta, Karaman, Niğde, Antalya, Denizli, Konya, Kayseri ve Mersin illeri öne çıkmaktadır. Araştırma verileri, üreticiler ile yüz yüze görüşülerek anket yöntemi ile elde edilmiştir. Elma üretimi yapan üreticilerin işletme başına ortalama üretim masrafları 70 254.18 TL olarak hesaplanmıştır. Bunun %57.18'i değişken masraf, %42.82'sini ise sabit masraflar olduğu tespit edilmiştir. Sigorta yaptıran üreticilerin üretim masrafları 97 597.14 TL, sigorta yaptırmayan üreticilerin ise 42 911.22 TL olarak tespit edilmiştir. İşletmelerin gayri safi üretim değeri ise sigorta yaptıran üreticilerde 120 318.06 TL, sigorta yaptırmayan üreticilerde ise 51 206.25 TL olarak belirlenmiştir. Üreticilerin kârlılık göstergelerinde ise nispi kâr bakımından sigorta yaptıran işletmelerin (1.23), sigorta yaptırmayan işletmelerden (1.19) daha yüksek kâr elde ettiği ortaya konulmuştur. Elma üretiminde kilogram başına kâr marjı bakımından sigorta yaptıran işletmelerin (0.20 TL/kg), sigorta yaptırmayan işletmelere (0.15 TL/kg) göre daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Tarım sigortası uygulamasının yaygınlaşması ve üreticilerin tarım sigortası yaptırma oranı arttıkça, üreticilerin; karşılaşılan doğal afet zararlarından daha az zarar görmesi ve maddi kayıplarının azalması söz konusu olabilecektir.

### Cost and Profitability Analysis of Apple Enterprises with and without Agricultural Insurance: The Case of Denizli Province Çivril District

#### ARTICLE INFO

Received: 12/02/2024

Accepted: 08/05/2024

**Keywords:** Çivril, Apple enterprises, Cost, Profitability, Agricultural insurance

DOI: 10.55979/tjse.1435821

#### ABSTRACT

Apples are among the most important fruits produced and traded economically globally. According to 2022 data, Türkiye ranks 2nd after China in apple production among 95 apple producing countries worldwide. Isparta, Karaman, Niğde, Antalya, Denizli, Konya, Konya, Kayseri and Mersin provinces are the leading provinces in apple production in Türkiye. The research data were obtained through face-to-face interviews with the producers using questionnaire. The average production costs per enterprise of apple producers were calculated as 70 254.18 TRY. It was determined that 57.18% of this was variable costs and 42.82% was fixed costs. The production costs of the producers who had insurance were 97 597.14 TRY, and 42 911.22 TRY for the producers who did not have insurance. The gross production value of the enterprises was determined as 120 318.06 TRY for the producers with insurance and 51 206.25 TRY for the producers without insurance. In terms of profitability indicators of the producers, it was revealed that the enterprises with insurance (1.23) obtained higher profit than those without insurance (1.19) relative profit. In terms of profit margin per kilogram in apple production, it was determined that the enterprises with insurance (0.20 TRY/kg) were more advantageous than the enterprises without insurance (0.15 TRY/kg). As the agricultural insurance practice becomes widespread and the rate of agricultural insurance coverage for producers increases, producers may suffer less damage from natural disasters, and their financial losses may decrease.

#### 1. Giriş

Meyvecilik sektörü, taze ve meyve suyu olarak insan beslenmesinde, meyve işletme sanayinde hammadde olarak kullanılması, istihdam yaratması, diğer tarım ürünlerine göre yüksek katma değer yaratması ve dış ticarete konu olması bakımından önemli bir sektördür (Bayav vd., 2023a). Ayrıca önemli bir besin kaynağı olması bakımından meyvecilik sektörü günümüzde küresel gıda güvenliği ve ekonomik kalkınma içinde değerlendirilmektedir (Bayav vd., 2023b). Elma, dünyada ekonomik anlamda üretimi ve ticareti yapılan en popüler meyveler arasındadır. Dünyada elma üretimi 95 ülkede yapılmaktadır. Elma üretiminin yapıldığı ülkelerde, 2022

verilerine göre ilk sırada Çin (%49.6) yer almaktadır. Çin'i sırasıyla Türkiye (%5.0), ABD (%4.6), Polonya (%4.4), Hindistan (%2.7), Rusya (%2.5), İtalya (%2.4), İran, (%2.1), Fransa (%1.9) ve Şili (%1.5) izlemektedir (FAO, 2024). Türkiye dünyada elma üretiminde 2. sırada yer almaktadır. Türkiye elmanın anavatanı olup, elma türlerine ait birçok çeşitliliğe sahiptir. Türkiye'de elma üretiminde Isparta (%25.5), Karaman (%15.6), Niğde (%11.3), Antalya (%10.0), Denizli (%5.7), Konya (%5.2), Kayseri (%4.9) ve Mersin (%3.0) illeri öne çıkmaktadır (TÜİK, 2024).

Tarım Sigortası; bitkisel ürünleri, çiftlik hayvanlarını ve seraları doğal afetler ve küresel ısınmaya karşı korumaya

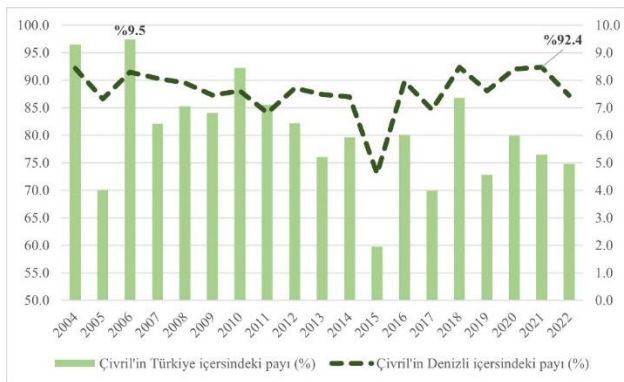


yönelik oluşturulmuş bir sigorta ürünüdür. Bitkisel ve hayvansal üretimde; üretici gelirlerini artırmak, üreticileri olumsuz üretim şartlarından zarar görmesini engellemek ve sürekliliği sağlamak için tarım sigortası uygulaması önemlidir. Türkiye’de tarım sigortası uygulaması Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM) tarafından yürütülmekte ve sigorta primlerinin %50’si devlet tarafından karşılanmaktadır.

Tarımın yapısal özellikleri ve işletmelerin özellikleri dikkate alınarak; Türkiye’de tarım sigorta uygulamalarının geliştirilmesi en önemli husustur. Dolayısıyla, farkındalık oluşturulmalı ve tarım sigortası uygulamasının faydaları üreticilere anlatılmalıdır (Tekin vd., 2017).

Küresel pazarlara erişim ve ticaretin gelişmesi, meyvecilik sektörünün uluslararası boyutta büyümesini sağlamıştır. Ancak, meyvecilik sektörü iklim değişikliği, hastalık ve zararlılarla mücadele, yetiştiricilik tekniklerindeki değişiklikler ve pazarlama stratejilerindeki dönüşümler gibi zorluklarla da karşı karşıya kalmaktadır (Bayav, 2023). Bunların yanı sıra elma üretimi doğal koşullardan etkilenen bir sektördür. Kış aylarında yaşanan don zararı ve şiddetli dolu yağışları elma üretimine ciddi zararlar vermekte, kaliteyi ve fiyatı düşürmekte ayrıca elma üreticilerini maddi olarak kayba uğratmaktadır. Ayrıca don ve dolu zararı elma üretiminde birçok zirai hastalığa da neden olmaktadır. Üreticilerin birçoğu ise bu zararlardan maddi olarak etkilenmemek için sigorta yaptırmakta ve bazı üreticiler ise geleneksel koruma önlemleri almaya çalışmaktadır.

Araştırma yapılan Denizli ili Çivril ilçesi elmacılıkta Türkiye elma üretiminin, yıllara göre değişmekle beraber ortalama %6’sını, Denizli ilinin ise ortalama %88’ini karşılamaktadır (Şekil 1). Son yıllarda elma tarımının getirileri ile ilçe ekonomisi canlanmış ve ilerleme kaydetmiştir. Tarla sahibi olan üreticilerin çoğu diğer tarım ürünleriyle birlikte elma üretimi yapmaya başlamıştır ve ilçede elma üretimi sulama olanaklarının artması ile diğer yetiştirilen tarım ürünlerinin önüne geçmiştir.



Şekil 1. Çivril ilçesinde üretilen elmanın Denizli ili ve Türkiye içerisindeki payları (TÜİK, 2024)

Figure 1. Share of apples produced in Çivril district in Denizli province and Türkiye (TÜİK, 2024)

Bu çalışmada, Denizli ili Çivril ilçesinde tarım sigortası yaptıran ve yaptırmayan elma üreticilerinin maliyet ve kârlılık analizlerinin yapılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmanın ana materyali Denizli ili Çivril ilçesinde Doğluköy, Emirhisar, Işıklı, Sundurlu, Yalınlı ve Yeşilyaka’da faaliyet gösteren toplam 144 elma üreticisi ile anket yoluyla görüşülerek elde edilmiştir. Yapılan anket çalışmasına ait örneklem sayısının belirlenmesinde oransal örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Sigorta yaptıran 72 ve sigorta yaptırmayan 72 olmak üzere toplamda 144 elma üreticisi ile anket görüşmesi yapılmıştır.

Üretim maliyetleri belirlenirken, öncelikle işletmelerin varlıkları tespit edilmiş daha sonra işletmelerdeki masraf kalemleri belirlenmiştir. İşletmelerde masraflar sabit masraflar ve değişen masraflar olarak ele alınmıştır. Birim maliyetlerin belirlenmesinde metot olarak; Tek Ürün Bütçe Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Literatürde tek yıllık bitkilerin maliyet ve kârlılık analizlerinde (Kadakoğlu vd., 2021; Gül vd., 2022a; Gül vd., 2022b; Kadakoğlu & Karlı, 2022; Gül vd., 2023) ve çok yıllık bitkilerin maliyet ve kârlılık analizlerinde (Yahaya vd., 2015; Şirikçi & Gül, 2019; Karlı vd., 2021; Gül & Poyraz, 2023) bu analiz yönteminin sıklıkla kullanıldığı tespit edilmiştir. Toplam değişen masrafların %3’ü genel idare giderleri olarak alınmıştır. Döner sermaye faizi ise, değişen masraflara T.C. Ziraat Bankasının bitkisel üretim kredilerine uyguladığı güncel faiz oranının yarısı olarak hesaplanmıştır. Çıplak arazi değerinin faizi, araştırma bölgesindeki çıplak arazi değerinin %5’i alınarak hesaplanmıştır. Tesis masrafları çok yıllık bitkilerde verime yatıncaya kadar çeşitli yıllarda yapılan işler için harcanan giderler toplamını ifade ettiğinden, tesis sermayesi faizi toplam tesis masrafları %4 amortisman bedeli üzerinden hesaplanmıştır (Açıl & Demirci, 1984). Tesis dönemi 4 yıl, tesis ömrü ise 25 yıl olarak alınmıştır. İşletmelerde elma üretim faaliyetinin başarı düzeylerinin değerlendirilmesi için, birim alanda elma üretiminin kârlılık düzeyleri ortaya konulmuştur.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Elma üretimi ve TARSİM

Türkiye’de birincil meyve dikili alanların %10.5’ini elma alanları oluşturmaktadır. Elma üretiminin ağırlık kazandığı iller ise Isparta, Karaman, Niğde, Antalya, Denizli ve Konya’dır. Bahsedilen iller, Türkiye elma üretiminin yaklaşık %73’ünü karşılamaktadır (TÜİK, 2024).

Araştırma bölgesi olan Denizli ili Çivril ilçesinde 2004-2006 yılları ortalamasında meyve veren ağaç sayısı 823 000 iken 2022-2023 yılları ortalamasında 3.47 kat artarak 2 877 815 adet ağaç meyve vermiştir. 2004-2006 yıllarında 264 402 ağaç meyve vermez iken 2022-2023 yıllarında 2.55 kat artarak 673 963 adet ağaç meyve vermemiştir. Elma üretiminde dekara verim ise; 2004-2006 yıllarında 348 kg’dır. 2022-2023 yıllarında ise verim %5.9 artarak dekara 369 kg olarak gerçekleşmiştir. 2004-

2006 yıllarında ortalama 162 699 ton elma üretimi yapılmış olup 2022-2023 yıllarında %23 artarak 199 990 ton elma üretimi gerçekleştirilmiştir. 2004-2006 yıllarında

46 750 da alanda elma üretimi yapılırken 2022-2023 yıllarında %16 artarak 54 250 da alanda elma üretimi yapılmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çivril ilçesi elma ağaç sayısı, verimi, üretim ve dikili alan (TÜİK, 2024)

Table 1. Çivril district apple tree number, yield, production and planting area (TÜİK, 2024)

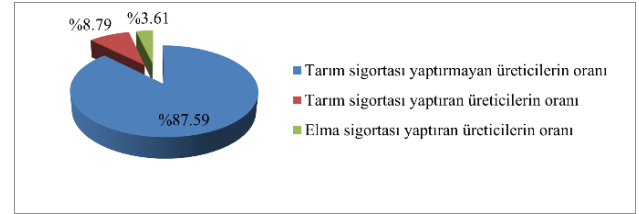
Yıllar	Meyve veren yaşta ağaç sayısı (adet)	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı (adet)	Verim (kg/da)	Üretim (ton)	Toplu meyvelik alanı (dekar)
2004-2006	829 500	264 402	348	162 699	46 750
2007-2009	1 028 117	400 637	377	174 604	46 356
2010-2012	1 086 643	491 640	407	198 556	48 731
2013-2015	1 096 481	975 164	240	120 132	50 130
2016-2018	1 709 975	1 376 588	341	188 013	55 085
2019-2021	2 607 275	1 227 887	375	220 153	58 700
2022-2023	2 877 815	673 963	369	199 990	54 250
İndeks (2004-2006=100)					
2004-2006	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2007-2009	123.9	151.5	108.3	107.3	99.2
2010-2012	131.0	185.9	117.0	122.0	104.2
2013-2015	132.2	368.8	69.0	73.8	107.2
2016-2018	206.1	520.6	98.0	115.6	117.8
2019-2021	314.3	464.4	107.8	135.3	125.6
2022-2023	346.9	254.9	105.9	122.9	116.0

Tarım sigortası; bitkisel ürünleri, çiftlik hayvanlarını ve seraları doğal afetler ve küresel ısınmaya karşı korumaya yönelik oluşturulmuş bir sigorta ürünüdür. Son yıllarda yaşanan doğal afetler (dolu, fırtına, su baskını, hastalık, zararlı vb.) ve küresel ısınmaya bağlı olarak gelişen olaylar sonucunda, tarım sigortasının önemi bir kat daha artmıştır.

Türkiye’de devlet destekli sigortalar TARSİM üzerinden gerçekleştirilmektedir. Amaç; doğal afet, olumsuz hava koşulları, hastalık ve zararlılara karşı üreticileri korumak ve zararlarını asgariye indirmektir.

TARSİM tarafından 2022 yılında 296.2 milyar TL sigorta bedeli oluşturulmuş, 3.1 milyon adet sigorta poliçesi üretilmiş, poliçe başına prim tutarı 2 926 TL olarak gerçekleşmiş ve prim üretimi 9.1 milyar TL olmuştur (TBB, 2023).

Araştırma verilerine göre Denizli ili Çivril ilçesinde genel olarak toplam tarım ile uğraşan üreticilerin yaklaşık %87.59’u tarım sigortası yaptırmamaktadır. Toplam tarım sigortası yaptıran üretici sayısı dağılımı yaklaşık olarak %8.79 oranındadır. İlçede en fazla sigorta yaptırılan branş bitkisel ürün sigortasıdır. Bitkisel ürün sigortası içerisinde ise en çok elma tarımına yönelik sigorta yaptırılmaktadır. Elma üretiminde tarım sigortası yaptıran üretici dağılımı ise %3.61’dir (Şekil 2).



Şekil 2. Çivril ilçesinde tarım sigortası yaptıрма durumu (2006-2016 yılları ortalaması) (TOB, 2020)

Figure 2. Agricultural insurance coverage in Çivril district (2006-2016 average) (TOB, 2020)

Çivril ilçesinde 10 yıllık üretici sayıları içerisinde tarım sigortası yaptıran üretici sayısı ve bitkisel ürün sigortası (elma) yaptıran üretici sayıları incelenmiştir. 2006 yılında 7071 üretici arasında sadece bir üretici tarım sigortası yaptırmıştır. 2016 yılında toplam üretici sayısı içerisinde tarım sigortası yaptıran üretici sayısı payı %18’e ulaşmıştır. Bitkisel ürün sigortası (elma) yaptıran üretici sayılarının tarım sigortası yaptıran üretici sayıları içerisindeki pay incelenecek olursa; 2007 yılında elma üretiminde bitkisel ürün sigortası yaptıran üretici sayısının tarım sigortası yaptıran üretici sayısı içerisindeki payı yaklaşık olarak %56’dır. 2016 yılında ise bu oran tarım sigortası yaptıran üretici sayısının artması nedeniyle %23 olmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çivril tarım sigortası ve bitkisel ürün sigortası yaptıran üretici sayıları

Table 2. Number of producers who have agricultural insurance and crop insurance in Çivril district

Yıllar	Çivril üretici sayısı (1)	Tarım sigortası yaptıran üretici sayısı (2)	Pay (%) 3=2/1*100	Elma üretiminde bitkisel ürün sigortası yaptıran üretici Sayısı (4)	Pay (%) 5=4/2*100
2006	7 071	1	0.01	-	-
2007	7 436	209	2.81	117	55.98
2008	7 306	494	6.76	290	58.70
2009	7 160	633	8.84	419	66.19
2010	7 179	612	8.52	406	66.34
2011	7 519	822	10.93	460	55.96
2012	7 686	655	8.52	249	38.02
2013	7 332	675	9.21	249	36.89
2014	7 419	730	9.84	191	26.16
2015	6 983	960	13.75	217	22.60
2016	6 753	1229	18.20	288	23.43

Kaynak: TARSİM, 2017; TOB, 2020.

Tarım sigortaları uygulamalarında üreticilerin sosyo-demografik özellikleri önem arz etmektedir. Tekin & Karlı (2021); yaş ortalaması 45 yaş ve altında olan genç üreticiler ile eğitim düzeyi yüksek olan üreticilerin tarım sigorta yaptırmaya konusunda kararlı oldukları belirlenmiştir. Aynı çalışmada, tarım sigortası yaptırmayan üreticilerin; hisseli, ortak, kira, parçalı ve küçük arazi kullandıkları tespit edilmiştir. Bu durum, tarımsal sigorta uygulamalarının artırılması ve yaygınlaştırılması için arazi toplulaştırılmasının önemini ortaya koymakta ve miras uygulamasından ileri gelen problemlerin çözüme kavuşturulmasının önemli olduğunu göstermektedir.

Çivril ilçesinde elma üretiminde 2007 yılında 249 adet bitkisel ürün sigortası (elma) poliçesi yapılmıştır. 2016 yılında ise poliçe adetinde yaklaşık 3 kat artış olmuştur.

2007 yılında 1 742 da elma alanı sigorta yaptırılmıştır. 2016 yılında ise 2 kat artarak 3751 da alan sigorta yaptırılmıştır. 2007 yılında reel fiyatlarla 6 738 629 TL sigorta bedeli ödenmiştir. 2016 yılında yaklaşık olarak 2 kat artarak üreticilere bitkisel ürün sigortası (elma) için 10 668 682 TL sigorta bedeli ödemesi yapıldığı tespit edilmiştir. 2007 yılında reel fiyatlarla 394 193 TL toplam prim üretimi ödenmiştir. 2016 yılında yaklaşık olarak 5 kat artarak reel fiyatlarla 1 882 788 TL prim üretimi ödemesi yapıldığı tespit edilmiştir. 2007 yılında ilçede üreticilere ödenen hasar tutarı 461 936 TL'dir. 2016 yılında ise 2 kat bir artış olmuş ve üreticilere 986 138 TL hasar bedeli ödenmiştir.

Çizelge 3. Çivril ilçesinde elma üretiminde bitkisel ürün sigortası poliçe sayısı, sigortalı alan, sigorta bedeli, prim ücreti ve ödenen tutar

Table 3. Number of crop insurance policies, insured area, insurance cost, premium fee and amount paid in apple production in Çivril district

Yıllar	Poliçe sayısı (adet)	Sigortalı alan (ha)	Toplam sigorta bedeli (TL)*	Toplam prim (TL)*	Ödenen tutar (TL)*
2007	249	1742	6738629	394193	461936
2008	551	3695	9596428	640132	372108
2009	917	6048	15899498	1069621	1447653
2010	792	5483	15836037	1058981	1692159
2011	1264	5890	12248418	1274688	173220
2012	593	3331	6990054	540178	146660
2013	612	3176	8978950	793544	157878
2014	412	2487	6800590	587223	438390
2015	375	2470	4799964	586375	194628
2016	638	3751	10668682	1882788	986138
İndeks (2007=100)					
2007	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2008	221.29	212.11	142.41	162.39	80.55
2009	368.27	347.19	235.95	271.34	313.39
2010	318.07	314.75	235.00	268.65	366.32
2011	507.63	338.12	181.76	323.37	37.50
2012	238.15	191.22	103.73	137.03	31.75
2013	245.78	182.32	133.25	201.31	34.18
2014	165.46	142.77	100.92	148.97	94.90
2015	150.60	141.79	71.23	148.75	42.13
2016	256.22	215.33	158.32	477.63	213.48

Kaynak: TARSİM, 2017; TOB, 2020. \*TÜFE, 2016'ya göre reel fiyata dönüştürülmüştür.

### 3.2. Elma üretiminde masraflar ve kârlılık

Araştırma bölgesindeki elma üreticilerinin elma üretiminde karşılaştıkları en önemli sorunlar; girdi fiyatlarının yüksekliği ve temini, sulama, gübreleme, ilaçlama, işgücü, kiralama ve ekonomik sorunlar olarak belirlenmiştir (Gül & Erkan, 2005).

İncelenen işletmelerin üretim faaliyetlerine ait maliyet kalemleri değişen ve sabit masraflar şeklinde ele alınmıştır. Değişen masraflar bir üretim dönemi içerisinde üretim yapıldığı sürece üretim hacmine bağlı olarak artan ya da azalan maliyetler olarak ifade edebiliriz. Sabit maliyetler ise bir dönem içerisinde üretim hacmine bağlı olmayan yani üretim yapılsa da yapılmıyorsa da ortaya çıkan masraflardır.

Araştırmada bitkisel üretimde değişen masraf unsurlarını; gübre, ilaçlama, sulama, geçici işçilik, makine kirası, sigorta masrafları, pazarlama masrafları (depolama, nakliye, stopaj) oluşturmaktadır. Sabit masraflar ise; genel idari giderler, arazi kirası, aile işgücü ücret karşılığı, tesis amortismanı ve tesis dönem faizi oluşturmaktadır.

İncelenen elma işletmelerinde değişen masrafların sigorta yaptıran üreticilerde yüksek, sigorta yaptırmayan üreticilerde düşük olduğu belirlenmiştir. Sabit masrafların ise sigorta yaptıran işletmelerde yüksek, sigorta

yaptırmayan işletmelerde düşük olduğu belirlenmiştir. Elma işletmelerine ait değişen masrafların üretim masraflarında aldıkları paylar sırasıyla I. grup işletmelerde %57.52, II. grup işletmelerde %56.39 ve işletme ortalamalarında %57.18, sabit masrafların üretim masraflarında aldıkları paylar ise I. grup işletmelerde %42.48, II. grup işletmelerde %43.61 ve işletme ortalamalarında %42.82 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4).

Araştırma bölgesinde tüm işletmeler ortalamasına göre maliyeti oluşturan masraf kalemlerinden çıplak arazi kirası %14.84 ile ilk sırada yer almaktadır. I. ve II. grup işletmelerde çıplak arazi kirası payı ise %14.57 ve %15.45 olarak hesaplanmıştır. İşletmeler ortalamasında çıplak arazi masraflarını %13.67 ile tesis amortismanı takip etmektedir. Tesis amortismanının I. ve II. grup işletmelerdeki payları ise sırasıyla %13.54 ve %13.96 olarak belirlenmiştir. Araştırma bölgesinde üretim masraflarını oluşturan diğer kalemlerin işletme ortalamalarına göre üretim masraflarındaki payları sırası ile geçici iş gücü %13.02, ilaç ve ilaçlama masrafları %12.33, tesis dönem faizi %10.25, makine kirası %8.22, pazarlama %6.68, su ve sulama masrafları %5.83, gübreleme masrafları %4.83 ve sigorta masrafları %4.60 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Elma üretiminde üretim maliyetleri  
Table 4. Production costs in apple production

Maliyet unsurları	I		İşletme Ortalaması
	(Sigorta yaptıran)	(Sigorta yaptırmayan)	
	TL/İşletme		
Geçici işgücü	11687.64	6601.04	9144.34
Gübre ve gübreleme masrafı	4292.78	2489.31	3391.04
İlaç ve ilaçlama masrafları	11334.03	5995.83	8664.93
Su ve sulama masrafı	5407.78	2785.42	4096.60
Pazarlama masrafları	6759.66	2624.00	4691.83
Makine kirası	8557.32	2996.55	5776.93
Sigorta masrafları	6467.43	0.00	3233.72
Döner sermaye faizi (0.04)	1635.20	704.76	1169.98
<b>A- Değişen masraflar toplamı</b>	<b>56141.83</b>	<b>24196.91</b>	<b>40169.37</b>
Genel idari giderleri (A*0.03)	1684.25	725.91	1205.08
Daimi-aile işgücü	2413.89	875.28	1644.58
Tesis amortismanı	13219.33	5990.83	9605.08
Tesis dönem faizi	9914.50	4493.13	7203.81
Çıplak arazi kirası	14223.33	6629.17	10426.25
<b>B- Sabit masraflar toplamı</b>	<b>41455.31</b>	<b>18714.31</b>	<b>30084.81</b>
<b>Üretim masrafları (A+B)</b>	<b>97597.14</b>	<b>42911.22</b>	<b>70254.18</b>
	Oran (%)		
Geçici işgücü	11.98	15.38	13.02
Gübre ve gübreleme masrafı	4.40	5.80	4.83
İlaç ve ilaçlama masrafları	11.61	13.97	12.33
Su ve sulama masrafı	5.54	6.49	5.83
Pazarlama masrafları	6.93	6.11	6.68
Makine kirası	8.77	6.98	8.22
Sigorta masrafları	6.63	0.00	4.60
Döner sermaye faizi	1.68	1.64	1.67
<b>Değişen masraflar toplamı</b>	<b>57.52</b>	<b>56.39</b>	<b>57.18</b>
Genel idari giderleri	1.73	1.69	1.72
Daimi-aile işgücü	2.47	2.04	2.34
Tesis amortismanı	13.54	13.96	13.67
Tesis dönem faizi	10.16	10.47	10.25
Çıplak arazi kirası	14.57	15.45	14.84
<b>Sabit masraflar toplamı</b>	<b>42.48</b>	<b>43.61</b>	<b>42.82</b>
<b>Üretim masrafları</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Araştırma alanında bulunan sigorta yaptıran üreticilerde ve sigorta yaptırmayan üreticilerde birim alana düşen üretim masraflarının masraf kalemleri belirlenmiştir. Elma üretim faaliyetinde işletme ortalamalarında dekara üretim masrafları 2 311.31 TL olup, I. grup işletmelerde 2 333.00 TL ile II. grup işletmelerde 2 263.45 TL olarak hesaplanmıştır. İşletme ortalamaları değişen masraflar içerisinde en yüksek masraf kalemi geçici işgücü olduğu Sabit masraflara bakıldığında ise üretim masrafları içerisindeki en yüksek masraf kalemi çıplak arazi kirasıdır. İşletme ortalamalarında 343.02 TL olup, elma dikili alan gruplarında I. grup 340.00 TL ve II. grup

görülmektedir. Buna göre değişen masraflar içerisinde geçici iş gücü I. grup işletmelerde 279.39 TL, II. grup işletmelerde 348.19 TL ve işletme ortalamalarında 300.84 TL'dir. Değişen masraflar grubunda geçici işgücünü ilaç ve ilaçlama masrafları kalemi takip etmektedir. I. grup işletmelerde 270.93 TL, II. grup işletmelerde 316.26 TL ve işletme ortalamalarında 285.07 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5).

349.67 TL olarak hesaplanmıştır. İşletme gruplarından sigorta yaptıran üreticilerin sigorta masrafları 154.60 TL ve işletme ortalaması sigorta masrafları ise 106.39 TL'dir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Elma üretiminde birim alana üretim masrafları  
Table 5. Production costs per unit area in apple production

Maliyet unsurları	TL/da		İşletme Ortalaması
	I (Sigorta yaptıran)	II (Sigorta yaptırmayan)	
Geçici işgücü	279.39	348.19	300.84
Gübre ve gübreleme masrafı	102.62	131.30	111.56
İlaç ve ilaçlama masrafları	270.93	316.26	285.07
Su ve sulama masrafı	129.27	146.92	134.77
Nakliye ve pazarlama	161.59	138.41	154.36
Makine kirası	204.56	158.06	190.06
Sigorta	154.60	0.00	106.39
Döner sermaye faizi (0.04)	39.09	37.17	38.49
<b>A- Değişen masraflar toplamı</b>	<b>1342.04</b>	<b>1276.32</b>	<b>1321.54</b>
Genel idari giderleri (A*0.03)	40.26	38.29	39.65
Daimi-aile işgücü	57.70	46.17	54.11
Tesis amortismanı	316.00	316.00	316.00
Tesis dönem faizi	237.00	237.00	237.00
Çıplak arazi kirası	340.00	349.67	343.02
<b>B- Sabit masraflar toplamı</b>	<b>990.96</b>	<b>987.13</b>	<b>989.77</b>
<b>Üretim masrafları (A+B)</b>	<b>2333.00</b>	<b>2263.45</b>	<b>2311.31</b>

Araştırma bölgesinde işletme gruplarına göre elma üretim faaliyetinin başarı düzeylerinin değerlendirilmesi için, işletme başına ve birim alana düşen kârlılık düzeyleri hesaplanmıştır. Elma üretim faaliyetinde maliyet, bir dekara ortalama üretim girdileri kullanım düzeyleri gösterebilecek şekilde düzenlenerek elde edilen verilerden hareketle yapılmıştır ve GSÜD, satış fiyatı, mutlak kâr, brüt kâr, nispi kâr ve kâr marjı gibi ekonomik göstergelere değinilmiştir.

İncelenen işletmelerdeki gayrisafi üretim değeri işletme gruplarına göre işletme başı dağılımı I. grup işletmelerde 120 318.06 TL, II. grup işletmelerde 51 206.25 TL ve işletme ortalamalarında ise 85 762.15 TL olarak belirlenmiştir (Çizelge 6).

İşletmelerde brüt kâr işletmenin elinde bulunan kaynakları kullanarak üretim faaliyetlerinin rekabet güçlerinin belirlenmesinde kullanılan bir ölçüsüdür. İncelenen

işletme gruplarında işletme başına brüt kârın sigorta yaptıranlarda sigorta yaptırmayanlara göre yüksek ve başarılı olduğu belirlenmiştir. Ortalama brüt kâr I. grup sigorta yaptıran işletmelerde 64 176.23 TL, II. grup sigorta yaptırmayan işletmelerde 27 009.34 TL ve işletme ortalamalarında 45 592.78 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 6).

Brüt kâr, işletmede mevcut kıt üretim faktörlerinin rekabet güçlerinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir başarı ölçüsü olarak ifade edilmektedir. Çünkü brüt kâr; işletmedeki yatırım sermayesinin faizini, işletme yöneticisinin ücretini ve üretici bireylerinin el emeğini içeren bir değerdir. Dolayısıyla, işletmelerde brüt kâr değerinin hesaplanması ve ortaya konulması önem arz etmektedir. İncelenen işletmelerde dekara brüt kâr; sigorta yaptıran işletmelerde 1 534.09 TL, sigorta yaptırmayan işletmelerde 1 424.67 TL ve işletmeler ortalamasında 1 499.97 TL olarak bulunmuştur. İşletmeler

ortalamasında, dekara brüt kârın gayrisafi üretim değerine oranı %53.16 olarak hesaplanmıştır.

Net kâr, işletmenin öz sermayesinin geliridir. İncelenen işletmelerde işletme başına düşen net kârında sigorta yaptıran işletmelerde yüksek olduğu belirlenmiştir. Ortalama net kâr I. grup sigorta yaptıran işletmelerde 22 720.92 TL, II. grup sigorta yaptırmayan işletmelerde 8 295.03 TL ve işletme genel ortalamasında 15 507.97 TL olarak hesaplanmıştır. İşletmeler ortalamasında dekara net kâr 510.20 TL olarak bulunmuştur. (Çizelge 6). İşletmeler ortalamasında dekara net kârın gayri safi üretim değerine oranı %18.08 olarak hesaplanmıştır. Buna göre işletmelerde pozitif net kâr elde edilmiştir. Net kârın pozitif olması, işletmelerde öz sermaye gelirinin olumlu yönde geliştiğini göstermektedir.

Sigorta yaptıran ve yaptırmayan işletmelerde elma üretim faaliyetlerin de kullanılan bir diğer başarı ölçütü ise nispi

kârdır. İşletmelerin kârlı olabilmesi için nispi kârın 1'den büyük olması gerekmektedir. Nispi kâr her 1 TL'lik masrafa karşılık elde edilen gelir miktarını göstermektedir. Ortalama nispi kâr sigorta yaptıran üreticilerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. I. grup sigorta yaptıran işletmelerde 1.23, II. grup sigorta yaptırmayan üreticilerde 1.19 ve işletme genel ortalamasında 1.22 olarak hesaplanmıştır. Bayav & Karlı (2020), Isparta ve Karaman illerinde elma üretim maliyeti karşılaştırması isimli çalışmalarında nispi kârı 1.42 ve Karakaya & Kızıloğlu (2022) elma üretiminin ekonomik analizi TRB1 bölgesi örneği isimli çalışmalarında nispi kârı 1.11 olarak hesaplamışlardır. İşletmelerde, nispi kârın formülü gereği elma üretim faaliyetine yapılan her 1 TL'lik maliyet karşılığı 1.22 TL'lik GSÜD sağlandığını, dolayısıyla 0.22 TL kâr elde edildiğini ifade etmektedir. İncelenen sonuçlara göre her iki işletme grubunda nispi kâr 1'den büyük bulunduğu için işletme grupları sıra ile 0.23 TL, 0.19 TL ve 0.22 TL kâr elde etmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. İşletmelerde elma üretiminin kârlılık durumu  
Table 6. Profitability of apple production in enterprises

Göstergeler	I		İşletme Ortalaması
	(Sigorta yaptıran)	(Sigorta yaptırmayan)	
	TL/İşletme		
GSÜD	120318.06	51206.25	85762.15
Sabit masraflar	41455.31	18714.31	30084.81
Değişen masraflar	56141.83	24196.91	40169.37
Üretim masrafları	97597.14	42911.22	70254.18
Brüt kâr	64176.23	27009.34	45592.78
Net kâr	22720.92	8295.03	15507.97
Nispi kâr	1.23	1.19	1.22
	TL/da		
GSÜD	2876.13	2700.99	2821.51
Sabit masraflar	990.96	987.13	989.77
Değişen masraflar	1342.04	1276.32	1321.54
Üretim masrafları	2333.00	2263.45	2311.31
Brüt kâr	1534.09	1424.67	1499.97
Net kâr	543.13	437.54	510.20

Araştırmanın yapıldığı bölgede sigorta yaptıran üretici grubunun elma verimi 3 104.00 kg/da, sigorta yaptırmayan üretici grubunun elma verimi ise 3 057.64 kg/da olarak belirlenmiştir. Buna göre üretim masraflarının bir dekardan elde edilen ürün miktarına bölünmesiyle bir kilogram elmanın üretim maliyeti sigorta yaptıran üreticilerde 0.81 TL, sigorta yaptırmayan üreticilerde 0.79 TL ve işletme ortalamalarında 0.80 TL olarak hesaplanmıştır. Bir kilogram elma maliyeti ile satış

fiyatı arasındaki fark dikkate alınarak elma kâr marjı hesaplanmıştır. İşletme grupları arasından sigorta yaptıran işletme gruplarında 1 kg elmanın kâr marjının arttığı belirlenmiştir. İşletmelerde 1 kg elmanın kâr marjı I. grup sigorta yaptıran işletmelerde 0.26 TL/kg, II. grup sigorta yaptırmayan üreticilerde 0.15 TL/kg ve işletme ortalamalarında 0.23 TL/kg olarak hesaplanmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. İşletmelerde birim elma üretim maliyeti ve kâr marjı

Table 7. Unit apple production cost and profit margin in enterprises

Gruplar	1 kg elma	1 kg elma	Kâr marjı
	fiyatı	maliyeti	
	TL/kg		
I (sigorta yaptıran)	1.07	0.87	0.20
II (sigorta yaptırmayan)	0.94	0.79	0.15
İşletme Ortalaması	1.03	0.94	0.19

İşletmelerden elde edilen sonuçlara göre sigorta yaptıran işletme büyüklük grubu arttıkça 1 kg elma kâr marjının arttığı belirlenmiştir. Kâr marjı açısından sigorta yaptıran işletmelerin daha avantajlı olduğu söylenebilir.

#### 4. Sonuç

Araştırma bölgesinde tarım sigortası yaptıran ve tarım sigortası yaptırmayan elma üreticilerinde normal brüt ve net kâr elde edilmesine karşın tarım sigortası yaptıran üreticilerin elma üretiminden daha fazla kâr elde edildiği ortaya konulmuştur. Araştırma bölgesi olan Denizli ili Çivril ilçesinin potansiyel elma üretimine sahip olan bölgelerden biri olması bölgede yaşanan olumsuz doğal afetlerin verdiği zararlar karşısında tarım sigortası yaptıranın gerekliliğine sahiptir. Bu nedenle özellikle aile ekonomilerini korumak ve yıllık maddi kayba uğramamak için elma üretimi yapan üreticiler arasında sigorta alışkanlıklarının artırılması Çivril ilçesi açısından önemlidir. Üreticiler elma üretiminden kâr elde etmek isterken olumsuz hava koşulları nedeniyle verimsiz üretim dönemi geçirmektedir. Tarım sigortası yaptıran üreticilerin sigorta yaptırmayan üreticilere oranla kârlı olma nedenleri elma üretiminde yenilikleri ve teknolojiyi değerlendirip daha kaliteli ürünler yetiştirmeyi istemeleridir. Tarım sigortası yaptırmayan üreticiler ise daha gelenekçi davranıp, aile büyüklerinden gördükleri yöntemlerle elma yetiştirmektedirler. Tarım sigortası yaptırmayan üreticilerin sertifikalı fidan kullanımına teşvik edilmeli, ilaçlama, sulama, gübreleme ve tarım sigortası konusunda eğitim ve yayım çalışmaları yapılarak elma üretimi konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Çünkü değişen masraflardan işgücü, ilaçlama, sulama, gübreleme ve pazarlama masrafları tarım sigortası yaptıran ve tarım sigortası yaptırmayan üreticilerin üretim masraflarını önemli ölçüde artırmaktadır. Yayım ve eğitim çalışmaları ciddiye alındığı takdirde üreticilerin maliyetleri azalacak ve tarım sigortası yaptıran oranı arttıkça karşılaşılan doğal afet zararlarından çiftçiler maddi kayıp yaşamayacaklardır. Gelecek üretim döneminde verimli ve kaliteli ürünler yetiştirilebileceklerdir.

Araştırmada elde edilen sonuçlar ışığında gerek elma üreticilerinin problemlerinin çözülmesi ve geliştirilmesi, üreticilerin tarım sigortası yaptıran işlemlerine yönlendirilebilmeleri ve teşvik edilmeleri için aşağıda bazı öneriler getirilmiştir:

Elma üretimi yapan üreticilerin teknik ve ekonomik koşulları iyi analiz edilmelidir.

Üreticilerin tarım sigortası yaptırmaları konusunda teşvik edilmelidir.

Yayım çalışmaları artırılmalı ve üreticiler girdi kullanımını konusunda bilinçlendirilmelidir.

Üreticiler, elma üretiminde entegre ve biyolojik mücadelenin yaygınlaştırılması ve bu konuda üreticilerin bilgilendirilmesine önem verilmeli, bu tür uygulamaların hem çevrenin hem insan sağlığının korunması hem de ihracat açısından önemli olduğu ortaya konulmalıdır. İşletmelerde işgücü planlaması yapılmalıdır.

İşletmelerde yeterli ve kaliteli üretimin devamlılığı için sözleşmeli üretime ağırlık verilmelidir. Sözleşmeli üretimin hem üreticiler hem elma işleyen sanayiciler hem de ihracatçılar açısından önemli olduğu bilinci geliştirilmelidir.

Üreticilerin düşük fiyat değişimlerinden etkilenmemesi için ürünlerini depolayabilecekleri; soğuk hava depolarının yörede kurulması ve yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde yürütülmekte olan "Denizli İli Çivril İlçesinde Elma Üretimi Yapan Tarım İşletmelerinde Tarım Sigortası Uygulamalarının Değerlendirilmesi" başlıklı Yüksek Lisans Tezinin bir bölümünden üretilmiştir. Yüksek lisans tez çalışmasını 5002-YL1-17 numaralı proje kodu ile destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederiz.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### 6. Kaynaklar

- Açıl, A. F., & Demirci, R. (1984). *Tarım Ekonomisi Dersleri*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Bayav, A. (2023). Türkiye'nin meyve dış ticaretini etkileyen faktörler: bir çekim modeli yaklaşımı. *Meyve Bilimi*, 10(2), 166-172. <https://doi.org/10.51532/meyve.1333265>.
- Bayav, A., & Karlı, B. (2020). Isparta ve Karaman illerinde elma üretim maliyetinin karşılaştırılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 225-236. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.687080>.
- Bayav, A., Gündüz, O., & Kadakoğlu, B. (2023b). Büyüyen Dünyada Armut: Küresel Piyasalarda Üretim ve Ticaret. *International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies-V*. December 10-12, Bakü, Azerbaycan, 243-252.
- Bayav, A., Karlı, B., & Gündüz, O. (2023a). Dünyada ve Türkiye'de Elma Üretimi ve Dış Ticareti. *International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies-IV*. April 28-30, Turkish Republic of Northern Cyprus, 598-611.



- FAO (2024). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, Bitkisel ve Hayvansal Üretim İstatistikleri. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Son erişim tarihi: 04 Şubat 2024)
- Gül, M., & Akpınar, M. G. (2006). Dünya ve Türkiye meyve üretimindeki gelişmelerin incelenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 15-27.
- Gül, M., & Erkan, O. (2005). Toros dağları geçit bölgelerinde elma üretiminin ekonomik analizi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(4), 87-96.
- Gül, M., & Poyraz, S. (2023). Investigation of the cost and profitability of apricot production in Isparta. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 23(3), 335-344.
- Gül, M., Bülbül, M., Kadakoğlu, B., & Şirikçi, B. S. (2022a). Cost and profitability of chickpea production in Usak Province, Turkey. *Scientific Papers: Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 22(1), 241-248.
- Gül, M., & Erkan, O., (2001). Dünyada ve Türkiye’de elma üretimi ve ticaretindeki gelişmeler. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3), 1-10.
- Gül, M., Ersoy, A., Şirikçi, B. S., & Kadakoğlu, B. (2023). Economic analysis of watermelon production in manavgat county of Antalya Province. *Custos e@ gronogócio on line*, 19(1), 87-112.
- Gül, M., Köse, S., Şirikçi, B. S., & Kadakoğlu, B. (2022b). Economic analysis of tobacco production in Turkey: The case of Usak Province. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 22(4), 279-286.
- Kadakoğlu, B., & Karlı, B. (2022). Afyonkarahisar ilinde patates üretiminin ekonomik analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(3), 581-588. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.947387>.
- Kadakoğlu, B., Karlı, B., Gül, M., & Özüyğur, A. (2021). Economic analysis of triticale production: A case study of Corum Province, Turkey. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 21(3), 483-489.
- Karakaya, E., & Kızıloğlu, S. (2022). Elma üretiminin ekonomik analizi: TRB1 bölgesi örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(3), 589-597. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.880521>.
- Karlı, B., Demir, Z., Gül, M., & Kadakoğlu, B. (2021). Economic analysis of thyme production: A case study of Denizli Province, Turkey. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 5(1), 59-64.
- Şirikçi, B. S., & Gül, M. (2019). Economic structure of quince farms in Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 61(3), 237-244. <https://doi.org/10.1007/s10341-019-00422-8>.
- TARSİM (2017). Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM) Genel Müdürlüğü faaliyet raporları. <https://web.tarsim.gov.tr/havuz/> (Son erişim tarihi: 04 Şubat 2024)
- TBB (2023). Türkiye Bankalar Birliği, Tarım Sektörü Raporu. [https://www.tbb.org.tr/Content/Upload/Dokuman/8960/Tarim\\_Sekt\\_or\\_Raporu\\_130723.pdf](https://www.tbb.org.tr/Content/Upload/Dokuman/8960/Tarim_Sekt_or_Raporu_130723.pdf) (Son erişim tarihi: 04 Şubat 2024)
- Tekin, A., & Karlı, B. (2021). Denizli ili Çivril ilçesinde elma üretimi yapan tarım işletmelerinde üreticilerin tarım sigortası yaptırma tercihleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(1), 8-19. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.697737>.
- Tekin, A., Karlı, B., & Gül, M. (2017). Development of implementation of agricultural insurance in Turkey. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 17(2), 355-364.
- TOB (2020). Çivril İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü Kayıtları, Denizli.
- TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Son erişim tarihi: 04 Şubat 2024)
- Yahaya, A. M., Karlı, B., & Gül, M. (2015). Economic analysis of cocoa production in Ghana: the case of eastern region. *Custos e@ gronogócio on line*, 11(1), 336-352.



## Konya Koşullarında Farklı Azot ve Fosfor Uygulamalarının Macar Fiği + Arpa Karışımının Ot Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Ömer Faruk Kökcüler<sup>1\*</sup>, Mevlüt Türk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

\*Sorumlu yazar: omerfaruk.32@hotmail.com

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 06/03/2024

Kabul tarihi: 02/05/2024

**Anahtar Kelimeler:** ADF, Arpa, Azot, Fosfor, Macar fiği, Kuru ot verimi

DOI: 10.55979/tjse.1447792

### ÖZET

Bu çalışma, farklı azotlu ve fosforlu gübre dozlarının Macar fiği+arpa karışımının ot verimi ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 2022-2023 ürün döneminde Konya'da yürütülmüştür. Çalışma, tesadüf blokları deneme deseninde faktöriyel düzenlemeye göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Denemede beş farklı azot dozu (0, 3, 6, 9 ve 12 kg/da) ve dört farklı fosfor ( $P_2O_5$ ) dozu (0, 4, 8 ve 12 kg/da) uygulanmıştır. Araştırmada bitki boyu, kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), toplam sindirilebilir besin maddesi (TSBM) ve nispi yem değerleri (NYD) incelenmiştir. Gübre dozları arttıkça bitki boyu, kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, toplam sindirilebilir besin maddesi ve nispi yem değeri önemli artışlar gösterirken, ADF ve NDF oranları azalmıştır. En yüksek kuru ot verimleri 887.4 ve 931.6 kg/da ile 12 kg/da azot x 8 kg/da fosfor ve 12 kg/da azot x 12 kg/da fosfor uygulanan parsellerden elde edilmiştir. Sonuç olarak; Konya ve benzeri ekolojik koşullarda Macar fiği + arpa karışımında yüksek verimli ve kaliteli ot üretimi için 12 kg/da N + 8 kg/da  $P_2O_5$  gübre dozları önerilebilir.

## Determination of the Effects of Different Nitrogen and Phosphorus Doses on the Hay Yield and Quality of Hungarian Vetch+Barley Mixture in Konya Conditions

### ARTICLE INFO

Received: 06/03/2024

Accepted: 02/05/2024

**Keywords:** ADF, Barley, Nitrogen, Phosphorus, Hungarian vetch, Hay yield

DOI: 10.55979/tjse.1447792

### ABSTRACT

This study was conducted in Konya during the 2022-2023 growing period to determine the effects of different nitrogen and phosphorus doses on the yield and quality of the Hungarian vetch + barley mixture. The study was conducted with three replications according to randomized blocks design with factorial arrangement. In the study, five different nitrogen doses (0, 3, 6, 9, and 12 kg da<sup>-1</sup>) and four different phosphorus doses (0, 4, 8, and 12 kg da<sup>-1</sup>) were applied. The research examined plant height, hay yield, crude protein ratio, crude protein yield, acid detergent fiber (ADF) ratio, neutral detergent fiber (NDF) ratio, total digestible nutrients (TDN) and relative feed values (RFV). As fertilizer doses increased, plant height, hay yield, crude protein ratio, crude protein yield, total digestible nutrients and relative feed values increased significantly, while ADF and NDF ratios decreased. The highest hay yield was found as 887.4 and 931.6 kg da<sup>-1</sup> and were obtained from the plots where 12 kg da<sup>-1</sup> nitrogen x 8 kg da<sup>-1</sup> phosphorus and 12 kg da<sup>-1</sup> nitrogen x 12 kg da<sup>-1</sup> phosphorus were applied respectively. In conclusion; in Konya and similar ecological conditions, 12 kg da<sup>-1</sup> N + 8 kg da<sup>-1</sup>  $P_2O_5$  fertilizer doses can be recommended for high-yield and quality forage production in Hungarian vetch + barley mixture.

### 1. Giriş

Türkiye'de 2019 yılı verilerine göre hayvan birimi (HB) cinsinden 18.7 milyon hayvan varlığı ve bunun için de 95.6 milyon ton kaba yem ihtiyacı tespit edilmesine karşın; aynı yıl kaliteli kaba yem üretimi 67.2 milyon ton gerçekleştiğinden, kaliteli kaba yem açığı yaklaşık 30 milyon ton olduğu tespit edilmiştir (Özkan, 2020). Hayvansal ürün ihtiyacının karşılanması, hayvan sayısının artırılması ve hayvan ıslahında üstün özelliklere sahip hayvan ırklarının geliştirilmesi, ayrıca verimde devamlılığı sağlayan ucuz ve kaliteli yemin üretilmesi gerekmektedir (Gül, 2022). Kaba yem ihtiyacının karşılanması için yem bitkilerinin üretim alanları artırılmalı, yem bitkileri desteği birim fiyatlarının gözden geçirilmesi gerekmektedir (Ken & Semerci, 2023). Türkiye'de hayvan beslemede genellikle doğal çayırmalar, bitki artıkları, anız ve saman gibi kalitesi oldukça

düşük yemler kullanılmaktadır. Ancak yem temin etmenin en etkin ve ekonomik yolu; şüphesiz yem bitkileri tarımı yapmaktır (Kuşvuran vd., 2011).

Yem bitkileri tarımında da karışımlara geniş yer verilmektedir (Açıkgöz, 1991). Birim alandan elde edilen verim ve kaliteyi artırmak amacıyla yem bitkileri tarımında birçok karışık ekim sistemi uygulanmaktadır. Baklagil yem bitkileri ile tahılların karışım halinde ekimi de giderek artmaktadır (Demirhan, 2022). Buğdaygillerle yapılan karışımda Macar fiği yaprak uçlarındaki sülükleri ile dik gelişen tahıllara sarılarak yatmaya karşı direnç kazanmakta, bu sayede hasat işlemleri kolaylaşmakta, verim ve kalite kayıpları da azalmaktadır. Diğer yandan farklı yaprak anatomileri sayesinde ışığı daha iyi kullanmakta ve bu sayede yalın ekime göre verim daha yüksek olabilmektedir. Ancak Macar fiği için en uygun

biçim zamanında, tahılların da yem değerinin iyi olması gerekmektedir.

Baklagil ve tahıl karışımlarından daha fazla verim elde etmek için ek olarak gübre uygulaması düşünülmelidir (Demirhan, 2022). Yem bitkilerinde gübreleme hem verimi hem de ürün kalitesini artıran bir uygulama olmasına karşın; ülkemizde yem bitkilerinde gübre kullanımı yaygın değildir. Bunun yanı sıra gübrenin kullanıldığı alanlarda yapılan gübreleme çalışmaları ya yetersiz ya da yanlış uygulamalar söz konusudur. Oysa ekim öncesi toprak analizleri mutlaka yapılmalı ve ihtiyaç duyulan besin elementleri gübre olarak verilmelidir (Yolcu & Tan, 2008).

Macar fiği ve arpa bitkisinin gübre ihtiyaçlarının birbirinden farklı olduğu bilinmektedir. Karışık ekilen yem bitkilerinde uygulanacak gübre dozları ile ilgili çalışmalar mevcut olmakla birlikte yeterli değildir. Bu çalışma, Konya koşullarında Macar fiği ve arpa karışık ekiminde en uygun azot ve fosfor dozlarını belirleyerek, çiftçilere en yüksek verimi en ekonomik şekilde elde etme konusunda yol göstermeyi amaçlamaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışma 2022-2023 ürün döneminde Konya İli Çumra İlçesinde yürütülmüştür. Araştırmada, bitki materyali olarak Konya Büyükşehir Belediyesi Tarımsal Destekleme Şube Müdürlüğünden temin edilen Anadolu Pembesi-2002 Macar fiğ çeşidi ile Çumra İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğünden temin edilen Finola arpa çeşidi kullanılmıştır. Denemenin yürütüldüğü 2022-2023 yılında ortalama sıcaklık değerlerinin (8.8 °C) uzun yıllar sıcaklık ortalamasından (7.8 °C) yüksek, nispi nem miktarının (%68) uzun yıllar ortalamasından (%66.3) yüksek ve yağış miktarının (260.4 mm) uzun yıllar ortalamasından (275.8 mm) düşük olduğu belirlenmiştir Ekimden hasada nasıl iklim hüküm sürdü yazılmalı. Deneme alanının toprağı tekstür bakımından killi-tınlı, kireç içeriğince zengin (%19.09), organik maddece fakir (%1.12), pH'sı 7.5, fosfor bakımından fakir (15.5 mg/kg) ve potasyum bakımından zengin olduğu (185.2 mg/kg) belirlenmiştir.

Deneme, "Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Deneme Deseni"ne göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Çalışmada beş farklı azot dozu (0, 3, 6, 9 ve 12 N kg/da) ve dört farklı fosfor dozu (0, 4, 8, 12 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>kg/da) kullanılmıştır. Azot kaynağı olarak %33'lük amonyum nitrat, fosfor kaynağı olarak %42'lik triple süper fosfat gübresi kullanılmıştır. Denemede fosforlu gübre dozları ekimle birlikte, azotlu gübre dozlarının ise yarısı ekim ile diğer yarısı da arpanın kardeşlenme döneminde uygulanmıştır (Yalçın, 2019). Her parsel 25 cm sıra aralığında ve 6 sıradan oluşmuştur. Parsel eni 1.5 m, uzunluğu 4 m olup, toplam parsel alanı 6 m<sup>2</sup> (4 m x 1.5 m)'dir. Parseller arasında 1 m, bloklar arasında 2 m boşluk bırakılmıştır. Toplam deneme alanı 784 m<sup>2</sup> olmuştur. Ekim 10 Kasım 2022 tarihinde elle yapılmıştır. Denemede karışım oranları %70 Macar fiği + %30 arpa olarak ayarlanmış, Macar fiği için 10 kg/da, arpa için ise 22 kg/da üzerinden tohumluk hesabı yapılmıştır. Deneme

alanında yabancı ot mücadelesi parsel içinde elle, parsel ve blok aralarında ise çapa makinası ile yapılmıştır. Denemede, ot hasadı Macar fiği bitkisinin tam çiçeklenme dönemi esas alınarak 1 Haziran 2023 tarihinde orak ile yapılmıştır.

Araştırmada bitki boyu, kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), toplam sindirilebilir besin maddesi ve nispi yem değerleri incelenmiştir. Her parseldeki 6 sıranın iki kenar sırası ve parsel başlarından 50'şer cm'lik kısımları kenar tesiri olarak atılmış, geriye kalan 3 m<sup>2</sup>'lik alan orakla biçilip tartılmış ve dekara oranlanarak yeşil ot verimi belirlenmiştir (Anonim, 2018). Her parselden rastgele alınan yaklaşık 500 g'lık yaş ot örnekleri 70 °C'de ağırlıkları sabitleşinceye kadar kurutulduktan sonra, oranlamak suretiyle % olarak kuru ot oranları bulunmuştur. Her parselin yeşil ot verimleri ile kuru ot oranlarının çarpılmasıyla kuru ot verimleri hesaplanmıştır (Sleugh vd., 2000). Örnekler kurutulup öğütüldükten sonra Kjeldahl metoduna göre azot analizi yapılmış, elde edilen azot oranları 6.25 katsayısı ile çarpılarak ham protein oranları bulunmuştur (Shenk & Barnes, 1985; Sarıççek, 1995). Hesaplanan ham protein oranları ile kuru ot verimlerinin çarpımı sonucu ham protein verimleri elde edilmiştir. ADF ve NDF analizleri Fiber Analyses cihazı yardımıyla ANKOM teknolojisinin bildirdiği esaslara göre yapılmıştır (Ankom, 2017). Toplam sindirilebilir besin değeri, kuru madde tüketimi, sindirilebilir kuru madde oranları, nispi yem değerleri aşağıda belirtilen Denklem (1-4)'den yararlanılarak belirlenmiştir (Horrocs & Vallentine, 1999; Morrison, 2003).

$$TSBM = (-1.291 \times ADF) + 101.35 \quad (1)$$

$$\% KMT = 120/NDF \quad (2)$$

$$\% SKM = 88.9 - (0.779 \times \% ADF) \quad (3)$$

$$NYD = SKM \times KMT / 1.29 \quad (4)$$

TSBM: Toplam sindirilebilir besin maddesi, KMT: Kuru madde tüketimi, SKM: Sindirilebilir kuru madde, NYD: Nispi yem değeridir.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, SAS istatistik programında tesadüf blokları deneme deseninde faktöriyel düzenlemeye göre varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testine göre değerlendirilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmadan elden edilen verilere ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, azot dozları, fosfor dozları ve azot x fosfor interaksyonu çalışmada incelenen tüm özellikler üzerine istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli etki yapmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Varyans analiz sonuçları  
Table 1. Results of variance analysis

Varyasyon Kaynakları	SD	Arpa Bitki Boyu	Fiğ Bitki Boyu	Kuru Ot Verimi	Ham Protein Oranı	Ham Protein Verimi	NDF	ADF	TSBM	NYD
Blok	2	16.75	18.00	880	0.07	5.42	0.07	0.11	0.17	0.98
Azot Dozları	4	715.22**	218.86**	31682**	11.04**	2101.43**	74.84**	8.49**	14.17**	915.58**
Fosfor Dozları	3	143.68**	146.30**	10527**	1.71**	441.90**	7.19**	2.47**	4.13**	99.66**
N x P İnter.	12	70.01**	14.52**	7500**	0.08**	81.55**	1.08**	0.50**	0.84**	13.33**
Hata	38	4.63	5.00	767	0.02	10.42	0.37	0.12	0.20	3.35

\*\* : %1 olasılık düzeyinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, TSBM: Toplam sindirilebilir besi maddesi, NYD: Nispi yem değeri

Arpada bitki boyu değerleri incelendiğinde artan azot dozlarının bitki boyunu arttırdığı, en kısa boylu bitkilerin 94.3 cm ile azotsuz parsellerde, en uzun bitkilerin ise 114.3 cm ile 12 kg/da N uygulamasında elde edildiği görülmektedir. Fosfor dozları da arpada bitki boyunu önemli derecede etkilemiş, en düşük bitki boyu 102.0 cm ile fosfor uygulanmayan parsellerde elde edilirken, en yüksek bitki boyları 108.7 ve 108.4 cm ile 12 ve 8 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dozlarında elde edilmiştir (Çizelge 2). Azot

dozlarının arpada bitki boyu üzerine etkisi fosfor dozlarına göre farklılık gösterdiği için azot x fosfor interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Arpada bitki boyu bakımından fosfor uygulanmayan parsellerde 9 ve 12 kg/da N dozları arasında önemli farklılık çıkmamış, fosfor uygulanan parsellerde ise bu iki azot dozu arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durum interaksyonun önemli çıkma sebeplerinden biri olarak gösterilebilir.

Çizelge 2. Farklı azotlu ve fosforlu gübre dozlarında Macar fiği + arpa karışımında yer alan arpa bitkisine ait ortalama bitki boyu değerleri (cm)

Table 2. Average plant height values of barley in Hungarian vetch + barley mixture at different nitrogen and phosphorus doses (cm)

Fosfor Dozları (kg/da)	Azot Dozları (kg/da)					Ort.
	0	3	6	9	12	
0	77.21	103.4 i-j	107.1 e-h	111.1 b-d	111.1 b-d	102.0 C
4	97.8 k	103.8 h-j	107.0 e-h	110.2 b-d	115.8 a	106.9 B
8	101.5 j	105.2 g-i	107.7 d-g	112.5 ab	114.9 a	108.4 AB
12	100.8 jk	106.1 f-i	108.8 c-f	112.3 bc	115.3 a	108.7 A
Ort.	94.3E	104.6D	107.6C	111.5B	114.3A	

LSDazot: 1.78, LSDfosfor: 1.59, LSDazotxfosfor: 3.56

Artan azot ve fosfor dozlarına bağlı olarak arpada bitki boyu artmıştır. Fiğ + tahıl karışımı ile ilgili olarak yapılan çalışmaların büyük bölümünde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tüylü fiğ-arpa (Çimrin vd., 2001), yaygın fiğ-arpa (Karaca, 2001), fiğ-tritikale (Güneş, 2013; Yörük, 2019) karışımlarında yapılan gübreleme çalışmalarında azotlu gübre dozu arttıkça arpada bitki boyunun uzadığı belirlenmiştir. Fosforlu gübre uygulamalarında ise farklı sonuçlar elde edilmiştir. Güneş (2013), artan fosfor dozlarının karışımdaki tritikale boyunu arttırdığını ifade ederken, Cömert (2014) ve Yörük (2019) fiğ-tritikale, Çimrin vd. (2001) tüylü fiğ-arpa, Karaca (2001) fiğ-arpa karışımlarında yaptıkları çalışmalarda fosfor dozlarının karışımdaki tahılın bitki boyu üzerine etkilerini istatistiki olarak önemsiz bulduklarını ifade etmişlerdir. Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar Güneş (2013)'in elde ettiği sonuçlarla benzerlik gösterirken, Cömert (2014), Yörük (2019), Çimrin vd. (2001) ve Karaca (2001)'nin sonuçlarıyla farklılık göstermiştir. Fosfor bitkilerde azot

kullanımını teşvik ettiği için fosfor verilen parsellerde azota daha yüksek tepki kaydedilmiştir. Bu durum bitki boyu yönünden interaksyonun önemli çıkmasında etkili olmuştur.

Macar fiğinde bitki boyu değerleri incelendiğinde, artan azot dozlarının bitki boyunu arttırdığı, en kısa boylu bitkilerin 84.3 cm ile azotsuz parsellerde, en uzun bitkilerin ise 94.3, 93.9 ve 93.2 cm ile 12, 9 ve 6 kg/da N uygulamalarından elde edildiği görülmektedir. Fosfor dozları da Macar fiğinde bitki boyunu önemli derecede etkilemiş, en düşük bitki boyu 86.6 cm ile fosfor uygulanmayan parsellerde elde edilirken, en yüksek bitki boyları 93.3 ve 93.1 cm ile 12 ve 8 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dozlarında elde edilmiştir. Azot dozlarının Macar fiğinde bitki boyu üzerine etkisi fosfor dozlarına göre farklılık gösterdiği için azot x fosfor interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 3. Farklı fosforlu ve azotlu gübre dozlarında Macar fiği + arpa karışımında yer alan Macar fiği ait ortalama bitki boyu değerleri (cm)

Table 3. Average plant height values of Hungarian vetch in Hungarian vetch + barley mixture at different nitrogen and phosphorus doses (cm)

Fosfor Dozları (kg/da)	Azot Dozları (kg/da)					Ort.
	0	3	6	9	12	
0	75.9 g	87.6 ef	91.3 b-d	90.8 b-e	87.4 ef	86.6 C
4	84.3 f	88.4 de	91.3 b-d	93.9 a-c	95.9 a	90.7 B
8	89.4 de	90.3 c-e	94.2 ab	95.6 a	96.0 a	93.1 A
12	87.5 ef	90.0 de	95.8 a	96.9 a	96.3 a	93.3 A
Ort.	84.3 C	89.1 B	93.2 A	93.9 A	94.3 A	

LSDazot: 1.85, LSDfosfor: 1.65, LSDazotxfosfor: 3.70

Artan azot ve fosfor dozlarına bağlı olarak Macar fiğinde bitki boyu azotun 6 kg/da dozunda ve fosforun 8 kg/da dozundan itibaren istatistiksel olarak en yüksek değerlere ulaşmıştır. Fiğ - tahıl karışımlarında yapılan azotlu gübreleme çalışmalarında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çimrin vd. (2001) tüylü fiğ-arpa, Karaca (2001) fiğ-arpa karışımlarında azotlu gübre dozu arttıkça fiğde bitki boyunun arttığını, Öztürk (1996) adi fiğ-arpa karışımında azotlu gübre uygulamasının başlangıçta bitki boyunu olumsuz yönde etkilediğini, ancak artan azot dozlarında bitki boyunun tekrar artış gösterdiğini, Güneş (2013) ve Yörük (2019) adi fiğ-tritikale karışımında artan azotlu gübrelemenin fiğ bitkisinde bitki boyunu 9 kg/da N ve 6 kg/da N uygulamasına kadar artırdığını bildirmiştir. Cömert (2014) fiğ-tritikale karışımında fosfor dozlarının etkisini incelemiş ve artan fosfor dozlarıyla birlikte fiğ boyunun uzadığını bildirmiş olup, elde ettiğimiz sonuç ile benzerlik göstermektedir.

Ortalama kuru ot verimleri incelendiğinde artan azot dozlarının verimi arttırdığı, çalışmada en düşük kuru ot veriminin 749.9 kg/da ile azotsuz parsellerde, en yüksek kuru ot veriminin ise 883.5 kg/da ve 862.7 kg/da ile 12

kg/da ve 9 kg/da N uygulamalarında elde edildiği görülmektedir (Çizelge 4). Fosfor dozları bakımından iki farklı istatistiki grup oluşmuş, fosfor uygulanmayan parsellerde düşük kuru ot verimi belirlenirken, fosfor uygulanan parsellerin hepsi daha yüksek kuru ot verimine sahip olup aynı istatistiki grupta yer almışlardır. Fosfor uygulanmayan parsellerde 0 ve 3 kg/da azot dozları arasında istatistiki olarak önemli farklılık varken, fosfor uygulanan parsellerde bu iki azot dozu istatistiki olarak aynı grupta yer almışlardır. Ayrıca, 12 kg/da fosfor uygulamasında 9 ve 12 kg/da azot dozları arasında önemli farklılık ortaya çıkarken, diğer fosfor dozlarında bu iki azot dozunun aynı istatistiki grupta yer alması, azot x fosfor interaksiyonunun istatistiki olarak önemli çıkmasına neden olmuştur. İnteraksiyon verilerine göre; en düşük kuru ot verimi 588.5 kg/da ile kontrol parselinde belirlenirken, en yüksek kuru ot verimi; 931.6 kg/da ile 12 kg/da N x 12 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 887.4 kg/da ile 8 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> x 12 kg/da N interaksiyonlarından elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı fosforlu ve azotlu gübre dozlarında yetiştirilen Macar fiği + arpa karışımının kuru ot verimleri (kg/da)

Table 4. Average hay yields in Hungarian vetch - barley mixture grown with different nitrogen and phosphorus fertilizer doses (kg da<sup>-1</sup>)

Fosfor Dozları (kg/da)	Azot Dozları (kg/da)					Ort.
	0	3	6	9	12	
0	588.5 h	805.8 fg	829.4 d-g	884.5 bc	860.9 b-d	793.8B
4	810.3 e-g	825.0 d-g	841.0 c-g	860.9 b-d	854.0 b-e	838.3 A
8	798.9 g	837.4 d-g	866.5 b-d	859.0 b-d	887.4 ab	849.8 A
12	801.7 fg	825.6 d-g	840.0 c-g	846.5 b-f	931.6 a	849.1 A
Ort.	749.9 D	823.4 C	844.2 BC	862.7 AB	883.5 A	

LSDazot: 22.89, LSDfosfor: 20.48, LSDazotxfosfor: 45.78

Mevcut çalışmada artan azot uygulamaları karışımların kuru ot veriminde olumlu etki yaratmış ve bu etki 9 kg/da N dozuna kadar devam etmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, karışımlar üzerine yapılan azotlu gübreleme çalışmalarından bazıları ile benzerlik, bazıları ile de farklılık göstermiştir. Karaca (2001), adi fiğ-arpa, Çimrin vd. (2001) tüylü fiğ-arpa, Öztürk (1996) fiğ-arpa karışımlarında artan azotlu gübre uygulamalarının kuru ot verimini olumlu yönde etkilediklerini bildirmişlerdir. Buna karşılık, Korkmaz (2016) adi fiğ-arpa karışımında azotlu gübrelemenin kuru ot verimini olumsuz yönde etkilediğini ve en yüksek kuru ot veriminin azot uygulanmayan parsellerden elde edildiğini bildirmiştir.

Fiğ-tahıl karışımlarında yapılan fosforlu gübre çalışmalarında genel olarak fosforlu gübrelemenin kuru ot verimini artırdığı birçok araştırmacı tarafından da tespit edilmiştir (Öztürk, 1996; Çimrin vd., 2001). Ancak bazı araştırmacılar ise fosforlu gübre uygulamasının kuru ot verimini etkilemediğini bildirmişlerdir (Karaca, 2001; Cömert, 2014; Korkmaz, 2016).

Çizelge 5'te verilen ortalama değerler incelendiğinde, azot dozları arttıkça ham protein oranının arttığı, azotsuz parsellerde %9.9 olan oranın 12 kg/da azot uygulamasında %12.1'e çıktığı görülmektedir. Karaca (2001) ve Öztürk (1996) adi fiğ-arpa, Yörük (2019) fiğ-

tritikle karışımında azotlu gübrelemenin karışımın ham protein oranını olumlu etkilediğini ve azot dozu arttıkça ham protein oranının arttığını bildirmişlerdir. Buna karşılık Çimrin vd. (2001) tüylü fiğ-arpa ve Bayram (1998) adi fiğ-yulaf karışımlarında artan azot dozlarının karışımın ham protein oranını etkilemediğini rapor etmişlerdir. Denemede artan fosfor dozları ham protein oranını 8 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulamasına kadar olumlu etki yaratmış ve karışımın ham protein oranını arttırmıştır. En

düşük ham protein oranı fosfor uygulanmayan parsellerden, en yüksek ham protein oranı ise 8 ve 12 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulamalarından elde edilmiştir. Yörük (2019), fosfor dozlarının ham protein oranına olumlu etki yarattığını ve karışımın ham protein oranının arttığını bildirirken; Öztürk (1996) ile Çimrin vd. (2001) yaptıkları çalışmalar sonucunda fosforlu gübrelemenin karışımların ham protein oranını etkilemediğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 5. Farklı fosforlu ve azotlu gübre dozlarında yetiştirilen Macar fiği + arpa karışımının ham protein oranları (%)  
Table 5. Average crude protein ratios in Hungarian vetch + barley mixture grown with different nitrogen and phosphorus fertilizer doses (%)

Fosfor Dozları (kg/da)	Azot Dozları (kg/da)					Ort.
	0	3	6	9	12	
0	9.5 l	9.9 jk	11.0 f	11.5 de	11.5 de	10.7 C
4	9.8 k	10.4 h	11.8 cd	11.9 bc	12.0 bc	11.2 B
8	10.4 hı	10.7 fg	11.6 de	12.2 b	12.6 a	11.5 A
12	10.1 ij	10.6 gh	11.4 e	12.0 bc	12.4 a	11.3 A
Ort.	9.9 E	10.4 D	11.4 C	11.9 B	12.1 A	

LSD<sub>azot</sub>: 0.13, LSD<sub>fosfor</sub>: 0.20, LSD<sub>azotxfosfor</sub>: 0.26

Azot dozlarının ham protein oranı üzerine etkisi fosfor dozlarına göre farklılık gösterdiği için azot x fosfor interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ham protein oranları bakımından 0 ve 4 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parsellerde 9 ve 12 kg/da N dozları arasında önemli farklılık çıkmamış, diğer fosfor uygulanan parsellerde ise bu iki azot dozu arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durum interaksyonun önemli çıkma sebeplerinden biri olarak gösterilebilir. En yüksek ham protein oranları 8 ve 12 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ile 12 kg/da N (%12.6 ve %12.4) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 5). Yörük (2019), adi fiğ-tritikale karışımında yaptığı

çalışmada azot x fosfor interaksyonunun ham protein oranı üzerine etkisini önemli bulmuştur. Çimrin vd. (2001), tüylü fiğ-arpa ve Öztürk (1996) fiğ-arpa karışımında yaptıkları çalışmalarda ise azot x fosfor interaksyonunun ham protein oranını etkilemediğini bildirmişlerdir.

Azot dozlarına bağlı olarak en düşük ham protein verimi 74.7 kg/da ile azot uygulanmayan parselde, en yüksek ham protein verimi 107.3 kg/da ile 12 kg/da N dozu uygulanan parselden elde edilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Farklı fosforlu ve azotlu gübre dozlarında yetiştirilen Macar fiği + arpa karışımının ham protein verimleri (kg/da)

Table 6. Average crude protein yields in Hungarian vetch + barley mixture grown with different nitrogen and phosphorus fertilizer doses (kg da<sup>-1</sup>)

Fosfor Dozları (kg/da)	Azot Dozları (kg/da)					Ort.
	0	3	6	9	12	
0	55.9 ı	80.0 h	90.9 de	102.1 b	99.2 bc	85.6 C
4	79.1 h	85.6 e-g	99.1 bc	102.8 b	102.7 b	93.9 B
8	82.7 f-h	89.7 e	100.7 bc	104.4 b	111.5 a	97.8 A
12	81.0 gh	87.4 ef	95.5 cd	101.7 b	115.9 a	96.3 A
Ort.	74.7 E	85.7 D	96.5 C	102.7 B	107.3 A	

LSD<sub>azot</sub>: 2.67, LSD<sub>fosfor</sub>: 2.39, LSD<sub>azotxfosfor</sub>: 5.34

Yörük (2019) adi fiğ-tritikale, Öztürk (1996) fiğ-arpa karışımında yaptıkları çalışmalarda azotlu gübrelemenin ham protein verimini arttırdığını tespit etmişlerdir. Öte yandan Kökten vd. (2005) fiğ-tritikale karışımında azot dozları arasındaki farklılıkların önemli olmadığını bildirmişlerdir. Fosfor dozlarına bağlı olarak en düşük ham protein verimi 85.6 kg/da ile fosfor uygulanmayan parselde, en yüksek ham protein verimi 97.8 kg/da ve 96.3 kg/da ile 8 ve 12 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dozu uygulanan parsellerden elde edilmiştir. Yörük (2019) adi fiğ-tritikale, Öztürk (1996) fiğ-arpa karışımında yaptıkları çalışmalarda fosfor uygulamalarının ham protein verimini

arttırdığını bildirmişlerdir. Buna karşın; Cömert (2014) fiğ-tritikale karışımında fosforlu gübrelemenin ham protein verimini etkilemediğini bildirmiştir. Ham protein verimleri bakımından 0 ve 4 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parsellerde 9 ve 12 kg/da N dozları arasında önemli farklılık çıkmamış, diğer fosfor uygulanan parsellerde ise bu iki azot dozu arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durum ham protein verimi bakımından azot x fosfor interaksyonunun istatistiki olarak önemli çıkmasına neden olmuştur.

Varyans analizi sonuçlarına göre, karışımların NDF oranı üzerine; azot, fosfor ve azot x fosfor interaksyonunun etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Azot dozlarındaki artışlar ADF oranında olduğu gibi NDF oranında da azalmaya neden olmuş, azotsuz parsellerde %49.1 olan NDF oranı 12 kg/da N uygulanan parsellerde %42.6'ya düşmüştür. Fosfor dozlarının NDF oranı üzerine etkisi de önemli bulunmuş, en düşük NDF oranı %46.1 ile 12 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulamasından, en yüksek NDF oranı ise %47.7 ile fosforlu gübre uygulanmayan

parsellerden elde edilmiştir. Azot dozlarının NDF oranı üzerine etkisi fosfor dozlarına göre farklılık gösterdiği için azot x fosfor interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur. NDF oranları bakımından 0 ve 4 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parsellerde 6 ve 9 kg/da N dozları arasında önemli farklılık çıkmamış, diğer fosfor uygulanan parsellerde ise bu iki azot dozu arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durumun interaksyonun önemli çıkma sebeplerinden biri olarak gösterilebilir.

Çizelge 7. Farklı fosforlu ve azotlu gübre dozlarında yetiştirilen Macar fiği + arpa karışımının NDF oranları (%)

Table 7. Average NDF ratios in Hungarian vetch + barley mixture grown with different nitrogen and phosphorus fertilizer doses (%)

Fosfor Dozları (kg/da)	Azot Dozları (kg/da)					Ort.
	0	3	6	9	12	
0	50.2 a	48.7 b	48.1 b-d	47.7 b-d	43.7 g	47.7 A
4	49.8 a	48.4 bc	46.4 ef	46.2 ef	42.7 h	46.7 B
8	48.7 b	48.2 bc	47.5 cd	46.1 f	41.4 ı	46.4 BC
12	47.7 b-d	47.1 de	47.2 de	45.8 f	42.6 h	46.1 C
Ort.	49.1 A	48.1 B	47.3 C	46.5 D	42.6 E	

LSDazot: 0.50, LSDfosfor: 0.45, LSDazotxfosfor: 1.01

Yemlerde NDF oranının düşük olması yemin hayvanlar tarafından daha fazla tüketilebilmesi anlamına gelmekte olup, yem kuru madde tüketim (KMT) miktarını artırmaktadır (Lacefield, 1988; Schroder, 1994). Yörük (2019)'un Bursa ekolojik koşullarında adi fiğ-tritikale karışımı ile yaptığı çalışmada azot ve fosforlu gübre uygulamalarının karışımın NDF oranları üzerine etkileri istatistiki anlamda önemsiz çıktığını bildirmiştir. Macar fiğinde farklı buğdaygillerle yapılan karışımların NDF oranlarını; Yolcu vd. (2009), Macar fiği-arpa karışımlarında %57.7, Aksoy & Nursoy (2010) %50 Macar fiği-buğday karışımında %36.5-57.6, Balabanlı vd. (2010) Macar fiği-yulaf karışımında %54.8, Kuşvuran vd. (2014) Macar fiği-italyan çimi karışımında %52.2, Yıldırım & Özaslan-Parlak (2016) Macar fiği-tritikale karışımında %52.6, Gülümser vd. (2017) %58.9-62.7, Kandış (2019) Macar fiği-italyan çiminin %37.4-49.6, Kır

(2021a) Macar fiği-yulafın farklı karışım oranlarında ortalama %38.4 olarak bildirmişlerdir.

Azot dozlarındaki artışlar ADF oranının azalmasına neden olmuş, azotsuz parsellerde %29.0 olan ADF oranı 12 kg/da azot uygulanan parsellerde %27.0'ye düşmüştür (Çizelge 8). Fosfor dozlarındaki artışlar da ADF oranında azalmaya neden olmuş, fosforsuz parsellerde %28.5 olan ADF oranı 8 kg/da fosfor uygulamasında %27.6'ya düşmüştür. ADF oranları bakımından 8 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parsellerde 0 ve 3 kg/da N dozları arasında önemli farklılık çıkmamış, diğer fosfor uygulanan parsellerde ise bu iki azot dozu arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durumun interaksyonun önemli çıkma sebeplerinden biri olarak gösterilebilir.

Çizelge 8. Farklı fosforlu ve azotlu gübre dozlarında yetiştirilen Macar fiği + arpa karışımının ADF oranları (%)

Table 8. Average ADF ratios in Hungarian vetch + barley mixture grown with different nitrogen and phosphorus fertilizer doses (%)

Fosfor Dozları (kg/da)	Azot Dozları (kg/da)					Ort.
	0	3	6	9	12	
0	29.4 a	28.6 bc	28.6 bc	28.5 b-d	27.4 fg	28.5 A
4	29.5 a	28.7 bc	28.2 c-e	27.0 gh	27.2 gh	28.1 B
8	28.2 c-e	28.3 c-e	27.9 ef	27.2 gh	26.7 hı	27.6 C
12	29.0 ab	28.0 d-f	28.4 c-e	26.4 ı	26.8 h	27.7 C
Ort.	29.0 A	28.4 B	28.3 B	27.3 C	27.0 C	

LSDazot: 0.28, LSDfosfor: 0.25, LSDazotxfosfor: 0.57

Yemlerin sindirilme oranları belirlenirken asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) oranı yaygın olarak kullanılan bir parametre olup, ADF oranının düşük olması, yemin sindirilme oranının yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bu nedenle yemlerdeki ADF oranının mümkün olduğu kadar düşük olması istenmektedir (Schroeder, 1994). Rohweder vd. (1978) tarafından sınıflandırılan baklagil+buğdaygil karışımları kuru otunun kalite

standartları değerlerine göre yürüttüğümüz çalışmadaki ortalama ADF oranı %28.0 olup; kaba yemin kalite derecesi "En üstün kaliteli" sınıfında yer almıştır. Yörük (2019)'un Bursa ekolojik koşullarında yürüttüğü çalışmada azot ve fosforlu gübre uygulamalarının adi fiğ-tritikale karışımında karışımın ADF oranları üzerine etkilerinin istatistiki anlamda önemsiz çıktığını bildirmiştir. Farklı araştırmacıların farklı tür ve karışımlar



ile yaptıkları çalışmalarda ADF oranını; Bingöl vd. (2007) Macar fiği-arpa karışımında %31.8-30.4, Yolcu vd. (2009) Macar fiği-arpa karışımlarında %30.98, Aksoy & Nursoy (2010) Macar fiği-buğday karışımında %25.9-38.2, Uzun & İdikut (2012) fiğ-arpa karışımında %41.4, Kır (2014) Macar fiği-arpa karışımında %30.5-33.7, Kuşvuran vd. (2014) Macar fiği-çavdar karışımında %39.5, Kandiş (2019) Macar fiği-italyan çimi karışımlarında %30.4-33.1, Somuncu (2022) Macar fiği-tritikale karışımında %32.8-34.1 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, karışımların toplam sindirilebilir besin madde oranı üzerine; azot, fosfor ve azot x fosfor interaksyonunun etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Toplam sindirilebilir besin maddesi oranları incelendiğinde artan azot dozlarının sindirilebilir besin maddesi oranını arttırdığı, en düşük oranın %63.9 ile azotsuz parsellerde, en yüksek oranın ise %66.5 ile 12 kg/da N ve %66.2 ile 8 kg/da N uygulamalarından elde edildiği görülmektedir. Fosfor dozları da toplam sindirilebilir besin maddesi oranlarını önemli derecede etkilemiş, en düşük oran %64.5 ile fosfor uygulanmayan parsellerde elde edilirken, en yüksek oran %65.7 ve

%65.6 ile 8 ve 12 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dozlarından elde edilmiştir (Çizelge 9). Azot x fosfor interaksyonu incelendiğinde 8 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parselde 0 ve 3 kg/da N uygulanan parseller arasında istatistiki bir fark bulunmamakta, fakat fosforun diğer dozlarında bu iki azot dozu arasında önemli farklılıklar bulunması interaksyonun önemli bulunmasının nedenlerinden birisi olarak söylenebilir.

Toplam sindirilebilir besin maddesi, yemin yapısında bulunan sindirilebilir besin maddelerinin toplamını ifade eder ve yemin ADF içeriğiyle yakından ilişkilidir. Baklagillerdeki toplam sindirilebilir besin maddesi oranı tahıllara göre daha yüksektir (Carr vd., 2004). Otun ADF oranı arttıkça TSBM oranında bir azalma olur ki bu durum yemin sindirilebilirliğini önemli ölçüde azaltır (Aydın vd., 2010). Toplam sindirilebilir besin maddesini, Kır (2021b) Macar fiği-tritikale karışımlarının kaba yem verimi ve kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla Orta Anadolu ekolojik koşullarında yürüttüğü çalışmasında %57.9-60.4 arasında, Kır (2021a) Macar fiği-yulaf karışımında yürüttüğü çalışmada ise %58.5-65.6 arasında tespit etmiştir.

Çizelge 9. Farklı fosforlu ve azotlu gübre dozlarında yetiştirilen Macar fiği + arpa karışımının toplam sindirilebilir besin madde oranları (%)

Table 9. Average total digestible nutrient ratios in Hungarian vetch + barley mixture grown with different nitrogen and phosphorus fertilizer doses (%)

Fosfor Dozları (kg/da)	Azot Dozları (kg/da)					Ort.
	0	3	6	9	12	
0	63.4 h	64.4 fg	64.4 fg	64.6 e-g	65.9 cd	64.5 C
4	63.2 h	64.3 fg	64.9 ef	66.5 bc	66.3 bc	65.0 B
8	65.0 ef	64.9 ef	65.3 de	66.3 bc	66.9 ab	65.7 A
12	63.9 gh	65.3 de	64.7 ef	67.3 a	66.8 ab	65.6 A
Ort.	63.9 C	64.7 B	64.8 B	66.2 A	66.5 A	

LSDazot: 0.37, LSDfosfor: 0.33, LSDazotxfosfor: 0.73

Azot dozlarının nispi yem değeri üzerine etkisi incelendiğinde en düşük değer 125.6 ile azotsuz parsellerden elde edildiği, artan azot dozları ile bu değer arttığı ve 12 kg/da azot dozunda nispi yem değerinin 148.2'ye çıktığı tespit edilmiştir. Fosfor dozlarına bağlı olarak da nispi yem değerlerinde artışlar tespit edilmiş, fosforsuz parsellerde 130.4 olan değer, 12 kg/da fosfor uygulamasında 136.1'e ulaşmıştır (Çizelge 10). Azot dozlarının nispi yem üzerindeki etkisi fosfor dozlarına göre farklılık göstermesi interaksyonun önemli çıkmasına

neden olmuştur. Dekara 8 kg fosfor uygulanan parsellerde 0 ve 3 kg/da azot dozları istatistiki açıdan aynı grupta yer alırken, diğer fosfor dozlarında bu iki azot dozu arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Azot x fosfor interaksyonunda tespit edilen en düşük nispi yem değeri 122.2 ve 123.0 ile gübre dozu uygulanmayan kontrol parsellerinden ve 0 kg/da N x 4 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulamasından alınırken, en yüksek nispi yem değeri 153.0 ile 12 kg/da N x 8 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> interaksyonundan elde edilmiştir.

Çizelge 10. Farklı fosforlu ve azotlu gübre dozlarında yetiştirilen Macar fiğ – arpa karışımının nispi yem değerleri

Table 10. Average relative feed values in Hungarian vetch - barley mixture grown with different nitrogen and phosphorus fertilizer doses (%)

Fosfor Dozları (kg/da)	Azot Dozları (kg/da)					Ort.
	0	3	6	9	12	
0	122.2 j	127.2 i	128.9 hi	130.3 g-i	143.7 c	130.4 C
4	123.0 j	127.8 i	134.1 ef	136.6 de	147.6 b	133.8 B
8	127.7 i	129.0 hi	131.5 f-h	136.6 de	153.0 a	135.6 A
12	129.3 hi	132.4 ef	131.6 f-h	138.7 d	148.6 b	136.1 A
Ort.	125.6 E	129.1 D	131.5 C	135.5 B	148.2 A	

LSDazot: 1.51, LSDfosfor: 1.35, LSDazotxfosfor: 3.03

Rohweder vd. (1978) tarafından sınıflandırılan baklagil-buğdaygil karışımları kuru otunun kalite standartları değerlerine göre yürüttüğümüz çalışmada ortalama nispi yem değeri 134.0 olup; kaba yemin kalite derecesi “1. kalite (çok iyi)” sınıfında yer almıştır. Linn & Martin (1989), baklagillerin nispi yem değerlerine göre yaptıkları sınıflandırmada, yemin nispi yem değeri 151’den büyüğe o yemin en üstün kaliteli yem olduğunu, 125-151 aralığında yüksek kaliteli, 103-124 aralığında iyi kaliteli, 87- 102 aralığında orta kaliteli, buna karşılık 75-86 aralığında zayıf ve 75’ten düşük ise o yemin çok kötü kalitede olduğunu bildirmişlerdir. Her ne kadar bu sınıflandırma baklagil yem bitkileri için yapılmış olsa da parsellerden elde ettiğimiz otların tamamı nispi yem değeri bakımından iyi, yüksek ve en üstün kaliteli yem sınıflarına girmektedir. Farklı tür ve karışımlar ile yapılan çalışmalarda nispi yem değerlerini; Caddel & Allen (1997) çiçeklenme öncesi baklagillerde 151’den büyük, %20 buğdaygil içeren karışımlarda 125-151 arasında, çiçeklenme ve başaklanma döneminde buğdaygil baklagil karışımında 101-124, tam çiçeklenmiş ve tam başaklanmış buğdaygil-baklagil karışımında 86-100, Aksoy & Nursoy (2010) Macar fiği-buğday karışımında 106-108, Kuşvuran vd. (2014) Macar fiği-tek yıllık çim karışımında 109, Gökdemir (2019) tüylü fiğ-çavdar karışımında 61.7-82.3, Yılmaz vd. (2014) Macar fiği-arpa karışımlarında 96.2-118.8 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Araştırma sonucunda nispi yem değeri ile ilgili elde edilen sonuçlarla (122.2-153.0) diğer araştırmacıların sonuçları arasında benzerlik ve farklılıklar mevcuttur.

#### 4. Sonuç

Bu çalışma Konya şartlarında Macar fiği + arpa karışık ekiminde, en uygun azot ve fosfor dozlarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu denemeden elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Çalışmada incelenen tüm özellikler üzerine azot, fosfor ve azot x fosfor interaksiyonlarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Gübre dozları arttıkça bitki boyu, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, toplam sindirilebilir besin maddesi ve nispi yem değeri önemli artışlar gösterirken, ADF ve NDF oranları azalmıştır.

Sonuç olarak; Konya ve benzeri ekolojik koşullarda Macar fiği + arpa karışımında yüksek verimli ve kaliteli ot üretimi için 12 kg/da N + 8 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gübre dozları önerilebilir. Ancak Macar fiği + arpa karışımında daha sağlıklı gübre önerisinde bulunabilmek için araştırmamızın bir yıl daha tekrarlanması yararlı olacaktır.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma Ömer Faruk KÖKCÜLER’in yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Bu tez çalışmasına BAP-2023-YL1-0192 no’lu proje ile destek sağlayan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi’ne teşekkür ederiz.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### 6. Kaynaklar

- Açıköz, E. (1991). *Yem Bitkileri*. Bursa, Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- Aksoy, İ., & Nursoy, H. (2010). Vejetasyonun farklı dönemlerinde biçilen Macar fiği + buğday karışımının besin madde kompozisyonu, rumende yıkılım özelliklerinin vitro sindirilebilirlik ve rölatif yem değerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(6), 925-931.
- Ankom (2017). Ankom Technology, Analytical Procedures. İnternet Sitesi. <http://www.ankom.com/analyticalprocedures.aspx> (Son erişim tarihi: 08 Haziran 2023)
- Anonim (2018). Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Aydın, İ., & Tosun, F. (1993). Adi fiğ + arpa karışımında gübrelemenin kuru ot verimine, ham protein oranına ve ham protein verimine etkileri. *Öndokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1), 187-198.
- Aydın, N., Mut, Z., Mut, H., & Ayan, I. (2010). Effect of autumn and spring sowing dates on hay yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(10), 1539-1545.
- Balabanlı, C., Albayrak, S., Türk, M., & Yüksel, O. (2010). A Research on determination of hay yields and silage qualities of some vetch+cereal mixtures. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(2), 204-209.
- Bayram, G. (1998). *Yulaf ve Adi Fiğ Karma Ekimlerinde Karışım Oranları ve Azotlu Gübrenin Ot Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Bedir, S. (2010). *Karaman İli Şartlarında Yetiştirilecek Macar Fiği + Arpa Karışımında Uygun Karışım Oranının Saptanması Üzerine Bir Araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Bingöl, T. N., Karanlı, M. A., Yılmaz, G. H., & Bolat, D. (2007). The effects of planting time and combination on the nutrient composition and digestible dry matter yield of four mixtures of vetch varieties intercropped with barley. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakülte Dergisi*, 31(5), 297-302.
- Büyükburç, U., & Karadağ, Y. (2002). Tokat koşullarında bazı çok yıllık buğdaygil yembitkilerinin ot verimi ve kalitesi üzerinde bir araştırma. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(2), 162-166.
- Caddel, J., & Allen, E. (1997). Forage Quality Interpretations. <http://virtual.chapingo.mx/dona/paginaCBasicos/f-2117.pdf>. (Son erişim tarihi: 03 Haziran 2023)
- Carr, P. M., Horsley, R. D., & Poland, W. W. (2004). Barley, oat, and cereal-pea mixtures as dryland forages in the northern great plains. *Agronomy Journal*, 96(3), 677-684. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0677>
- Cömert, H. İ. (2014). *Harran Ovası Koşullarında Uygun Fiğ ve Tritikale Karışımının Farklı Fosfor Dozlarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çimrin, K. M., Karaca, S., & Bozkurt, M. A. (2001). Fiğ + Arpa Karışımlarında Gübrelemenin Otun Verim ve Kimyasal Kompozisyonuna Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1), 32-36.
- Demirhan, F. (2022). *Önemli Bazı Tek Yıllık Baklagil ve Buğdaygil Türlerinde Karışım Oranlarının ve Gübre Dozlarının Saptanması*. (Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gökdemir, N. (2019). *Bingöl Koşullarında Tüylü Fiğ + Çavdar Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gül, E. (2022). *Malatya Ekolojik Koşullarında Farklı Fiğ Çeşitleri ile Arpanın Farklı Oranlardaki Karışımlarının Ot Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- Gülümser, E., Mut, H., Doğrusöz, M. Ç., & Başaran, U. (2017). Baklagil yem bitkisi ve tahıl karışımlarının ot kalitesi üzerinde ekim oranlarının etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 43-51. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2017.33>
- Güneş, A. (2013). *Adi Fiğ ve Triticale Karışımında Azot ve Fosfor Gübrelemesinin Verim ve Verim Ögelerine Etkileri Üzerine Bir Araştırma*. (Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Hatipoğlu, R., Anlarsal, A. E., Tükel, T., & Baytekin, H. (1990). Çukurova bölgesi kıraç koşullarında yetiştirilen fiğ + arpa karışımında biçim zamanlarının ot verimi ve botanik kompozisyona etkisi üzerinde bir araştırma. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(3), 173-182.
- Horrocks, R. D., & Vallentine, J. F. (1999). *Harvested Forages*. London, Academic Press.
- Kandıç, T. (2019). *Farklı Ekim Oranlarında Karışık Olarak Ekilen Macar Fiği (Vicia Pannonica) ve İtalyan Çiminin (Lolium italicum) Ot Verimi ve Kalitesinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karadağ, Y., & Büyükburç, U. (2004). Tokat-Kozova koşullarında farklı tohumluk miktarlarının bazı adi fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinde ot ve tohum verimine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(2), 149-157.
- Karaca, S. (2001). *Adi Fiğ + Arpa Karışımında Azotlu ve Fosforlu Gübrelemenin Verim ve Kaliteye Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ken, E., & Semerci, A. (2023). Türkiye’de Yem Bitkileri ve Karma Yem Üretimi. 3. *Uluslararası Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi Kongresi*. 13-16 Eylül, Malatya, 64-71.
- Kır, H. (2014). *Kırşehir Koşullarında Farklı Biçim Zamanları ve Karışım Oranlarının Macar Fiği Tahıl Karışımlarının Verim ve Kalitesi Üzerine Etkileri*. (Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kır, H. (2021b). Forage yield and quality of hungarian vetch mixture with oat varieties under rainfed conditions. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 45(3), 419-426. <https://doi.org/10.3906/vet-2005-45>
- Kır, H. (2021a). Determining the proper sowing time for the mixture of hungarian vetch and triticale under continental climate conditions. *Ciência Rural*, 52(2), 1-7. <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20201115>
- Korkmaz, M. (2016). *Adi Fiğ (Vicia sativa L.) ve Arpa (Hordeum vulgare L.) Karışımında Farklı Dozlarda P ve N Uygulamalarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kökten, K., Atuş, İ., Çeliktaş, N., Hatipoğlu, R., & Tükel, T. (2005). Çukurova Kıraç Koşullarında Azot ve Fosfor Gübrelemesinin Fiğ + Triticale Karışımında Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. *Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi*. 5-9 Eylül, Antalya, 791-796.
- Kuşvuran, A., Nazlı, İ. R., & Tansı, V. (2011). Türkiye’de ve Batı Karadeniz Bölgesi’nde çayır-mera alanları, hayvan varlığı ve yem bitkileri tarımının bugünkü durumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 21-32.
- Kuşvuran, A., Kaplan, M., & Nazlı, R. I. (2014). Intercropping of Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) under different plant varieties and mixture rates. *Legume Research: An International Journal*, 37(6), 590-599. <http://doi.org/10.5958/0976-0571.2014.00682.1>
- Lacefield, G. D. (1988). *Alfalfa Hay Quality Makes The Difference*. University of Kentucky Department of Agronomy, Lexington.
- Linn, J. G., & Martin, N. P. (1989). *Forage Quality Tests and Interpretation*. University of Minnesota Extension Service Publication, St. Paul.
- Morrison, J. A. (2003). *Hay and Pasture Management. Chapter 8*. Extension Educator, Crop Systems Rockford Extension Centre.
- Özkan, U. (2020). Türkiye yem bitkileri tarımına karşılaştırmalı genel bakış ve değerlendirme. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1(1), 29-43.
- Öztürk, D. (1996). *Fiğ + Arpa Karışımlarında Azot ve Fosforla Gübrelemenin Ot Verimi ve Kalitesine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Pınar, İ. (2007). *Değişik Karışım Oranlarının Tüylü Fiğ (Vicia villosa Roth) + Arpa (Hordeum vulgare L.) ve Macar Fiği (Vicia pannonica Crantz) + Arpa (Hordeum vulgare L.) Karışımlarının Verim ve Verim Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Rohweder, D. A., Barnes, R. F., & Jorgensen, N. (1978). Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*, 47(3), 747-759.
- Sarıççek, Z. (1995). *Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Schroeder, J. W. (1994). Interpreting Forage Analysis. Extension Dairy Specialist (NDSU), North Dakota State University, AS-1080.
- Shenk, J. S., & Barnes, R. F. (1985). Forages analysis and its application. In *Forages; The Science of Grassland Agriculture*. (pp. 445-451)
- Sleugh, B., Moore, K. J., George, J. R., & Brummer, E. C. (2000). Binary legume-grass mixtures improve forage yield, quality and seasonal distribution. *Agronomy Journal*, 92(1), 24-29. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.92124x>
- Somuncu, B. (2022). *Farklı Lokasyon ve Biçim Zamanlarının Macar Fiği Triticale Karışımının Verim ve Kalitesi Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tan, M., & Serin, Y. (1996). Değişik fiğ + tahıl karışımları için en uygun karışım oranı ve biçim zamanının belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27, 475-489.
- Uzun, B., & İdikut, L. (2012). Arpa, fiğ ve karışım ekimine uygulanan bakterinin (*Rhizobium Leguminosarum* L.) biyolojik verim ve kalite değerlerine etkisinin araştırılması. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(2), 156-160.
- Yıldırım, S., & Parlak-Özaslan, A. (2016). Triticale ile bezelye, bakla ve fiğ karışım oranlarının belirlenerek yem verimi ve kalitesine etkileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 77-83.
- Yılmaz, Ş., Özel, A., Atak, M., & Erayman, M. (2014). Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in east mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(1), 135-143. <https://doi.org/10.3906/tar-1406-155>
- Yolcu, H., & Tan, M. (2008). *Ülkemiz yem bitkileri tarımına genel bir bakış*. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(3), 303-312.
- Yolcu, H., Daşçı, M., & Tan, M. (2009). Farklı oranlarda ekilen yem bezelyesi + tahıl karışımlarının verim ve bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye 8. Tarla Bitkileri Kongresi*. 19-22 Ekim, Hatay, 846-849.
- Yörük, N. (2019). *Bursa Koşullarında Yetiştirilen Adi Fiğ-Triticale Karışımında Farklı Azotlu ve Fosforlu Gübre Dozlarının Ot Verimi ile Ot ve Silaj Kalitesi Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Destek Bitki Olarak Farklı Oranlarda Tritikale Kullanımının Macar Fiğinde Tohum Üretimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Aytaç Zafer Alici<sup>\*1</sup> , Mevlüt Türk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir, Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

\*Sorumlu yazar: aytaczafer.alici@tarimorman.gov.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 20/03/2024

Kabul tarihi: 21/05/2024

**Anahtar Kelimeler:** Karışım oranları, Macar fiği, Tohum verimi, Tritikale

DOI: 10.55979/tjse.1455921

#### ÖZET

Bu çalışma, Macar fiği tohum üretiminde, destek bitki olarak farklı oranlarda tritikale karıştırılmasının tohum üretimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde 2021-2022 yetiştirme sezonunda yürütülmüştür. Denemede Macar fiğinin Akçalar çeşidi ve tritikalenin Karma-2000 çeşidi kullanılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada Macar fiğine 7 farklı oranda (%0, 5, 10, 15, 20, 25, 30) tritikale karıştırılmıştır. Araştırmada bitki boyu, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı, bin tane ağırlığı, biyolojik verim, tohum verimi ve kes verimi incelenmiştir. Farklı oranda tritikale karıştırılması incelenen tüm özellikler üzerine istatistikî olarak önemli etki yapmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, tritikale oranlarına bağlı olarak, bitki boyu 44.10-57.50 cm, bitkide bakla sayısı 9.9-16.27 adet/bitki, baklada tane sayısı 4.33-5.67 adet/bakla, bin tane ağırlığı 44.83-47.93 g, biyolojik verim 165.17-555.27 kg/da, tohum verimi 18.92-73.05 kg/da, kes verimi 146.08-481.95 kg/da arasında değişim göstermiştir. Sonuç olarak, Eskişehir ekolojik koşullarında Macar fiğ tohumluk üretiminde destek bitki olarak %10 tritikale karıştırılmasının en uygun sonuç olduğu tespit edilmiştir.

### Determination of the Effects of the Use of Different Ratios of Triticale As A Support Plant on Seed Production of Hungarian Vetch

#### ARTICLE INFO

Received: 20/03/2024

Accepted: 21/05/2024

**Keywords:** Mixture ratios, Hungarian vetch, Seed yield, Triticale

DOI: 10.55979/tjse.1455921

#### ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of different rates of triticale intercropping as a support crop on Hungarian vetch seed production at Eskişehir Geçit Kuşağı Agricultural Research Institute in the 2021-2022 growing season. Akçalar variety of Hungarian vetch and Karma-2000 variety of triticale were used in the experiment. The experiment was conducted according to the randomized complete block design with 3 replications. In the study, triticale was mixed into Hungarian vetch at 7 different rates (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30%). In the research, plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, thousand seed weight, biological yield, seed yield and straw yield were examined. Application of different rates of triticale had a statistically significant effect on all examined parameters. According to the research results, depending on the triticale ratios, plant height is 44.10-57.50 cm, number of pods per plant is 9.9-16.27, number of grains per pod is 4.33-5.67, thousand seed weight is 44.83-47.93 g, biological yield is 1651.7-5552.7 kg ha<sup>-1</sup>, seed yield varied between 189.2-730.5 kg ha<sup>-1</sup>, straw yield varied between 1460.8-4819.5 kg ha<sup>-1</sup>. As a result, it was determined that the addition of 10% triticale as a support crop was the most suitable result in Hungarian vetch seed production in Eskişehir ecological conditions.

#### 1. Giriş

Baklagil yem bitkileri içerisinde yer alan fiğ türleri ülkemiz doğal bitki örtüsünde yaygın olarak bulunmakta ve hemen hemen tüm bölgelerimizde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu grupta yer alan Macar fiği soğuga ve kuraklığa dayanıklılığı, ağır ve killi topraklarda yetişebilmesi gibi özelliklerinden dolayı Türkiye'de yem bitkileri üretiminin artırılması açısından önemli bir türdür (Açıkgöz, 2001). Kışa dayanma özelliğinin yanı sıra Macar fiği, kıraç şartlarda kışık olarak ekilebilmesi ve erken ilkbahar yağışlarından büyük oranda istifade etmesi nedeniyle önemli bir yem bitkisi konumundadır. Türkiye İstatistik Kurumu (2022) verilerinde Türkiye'de Macar fiğinde 810 911 dekar alanda ot üretimi, 81032 dekar alanda da tohum üretimi yapıldığı, bu ekim alanlarından 1 097 255 ton yeşil ot, 9 669 ton tohum üretimi yapıldığı ve dekar başına 1 354 kg yeşil ot ve 119 kg tohum verimi elde edildiği belirtilmiştir (TÜİK, 2022).

Macar fiği üretiminde karşılaşılan en büyük sıkıntı bitkinin çok fazla dallanmasından dolayı ince saplarının yatmasıdır (Serin & Tan, 2008). Bu dezavantaj sebebiyle hasat zorlaşmakta, alt kısımlarda çürüme meydana gelmekte, ot verimi ve kalitede kayıplar görülmektedir. Macar fiğinde yatmayı önlemek amacıyla bir destek bitki ile özellikle tahıllarla (arpa, yulaf, çavdar, tritikale) karışık ekim yapılmaktadır. Karışık ekim sisteminde Macar fiği sülükleriyle tahıllara sarılmakta, bu nedenle dik olarak gelişmekte, böylelikle hem hasat kolaylaşmakta ve hem de verim ve kalite kayıpları azalmaktadır (Düzcekiç, 2021). Tek yıllık baklagil yem bitkilerinin tahıllar ile karışık ekimi dünyada olduğu gibi ülkemizde de uzun zamandır yapılmakla birlikte yem bitkileri tarımının gereken düzeyde olmaması nedeniyle henüz arzu edilen seviyelere ulaşamamıştır (Mariotti vd., 2009; Yavuz vd., 2020). Bu nedenle bu konuda yapılacak çalışmalar önem arz etmekte olup, elde edilecek çıktılar yem bitkileri tarımının gelişmesine katkı sağlayacaktır.

Karışık ekim yönteminden faydalanarak Macar fiğinde pek çok çalışma yapılmış, ancak bu çalışmalarda ot veriminin artırılması konusu ele alınmış, tohumluk üretimi ile ilgili yeterli sayıda çalışma yapılmamıştır. Özellikle sertifikalı tohumluk üretiminde verimi arttırmak adına karışık ekim yönteminin sonuçlarının değerlendirilmesine ivedilikle ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada farklı tritikale oranlarının Macar fiğinin tohum üretimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışma Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GKTAEM)'nde 2021-2022 yetiştirme döneminde yürütülmüştür. Deneme yeri 39° 46' kuzey enlemi, 30° 36' doğu boylamında yer almaktadır. Çalışmada Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde ıslah edilen Akçalar Macar fiği çeşidi ile Karma-2000 tritikale çeşitleri kullanılmıştır. Denemenin yürütüldüğü 2021-2022 yıllarında ortalama sıcaklık değerleri 11.2°C olarak ölçülmüş, 10.9°C olan uzun yıllar sıcaklık ortalamasıyla benzerlik göstermiştir. Deneme süresince yağış miktarı toplam 451.2 mm ile uzun yıllar ortalamasından (353.4 mm) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Toprak örnekleri tuzsuz ve orta derecede kireçlidir. Deneme alanı topraklarının organik madde açısından fakir olduğu, bitkiye yarayışlı fosfor açısından ise orta derecede olduğu belirlenmiştir. Deneme alanı bitkiye yarayışlı potasyum açısından yeterli bulunmuştur. Toprak analiz sonucuna göre dekara 1.8 kg saf azot, 4.6 kg ise saf fosfora denk gelecek şekilde ekim öncesi taban gübresi olarak 10 kg/da DAP uygulaması yapılmıştır.

Deneme, Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Macar fiğine 7 farklı oranda tritikale (%0, 5, 10, 15, 20, 25, 30) karıştırılmıştır. Macar fiği ve tritikale ekimleri dekara 12'şer kg olacak şekilde hesaplanmıştır. Deneme ekimi 25.10.2021 tarihinde mibzerle yapılmış, tohum boyutundaki farklılık

göz önünde bulundurularak, homojen dağılımın sağlanabilmesi için parsellere öncelikle Macar fiği ekimi yapılarak, daha sonra üzerine tritikale ekimleri yapılmıştır. Deneme, parsel eni 1.2 m, parsel boyu 10 m, blok arası ve parseller arası 2 m olacak şekilde planlanmıştır. Toplam deneme alanı 623 m<sup>2</sup>'dir. Hasat 19.07.2022 tarihinde parsel biçerdöveri ile gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada bitki boyu, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı, bin tane ağırlığı, biyolojik verim, tohum verimi ve kes verimi incelenmiştir. Bitkiler bakla bağlama dönemlerini bitirdikten sonra her parselden rastgele alınan 10 adet bitkideki baklalar sayılıp ortalamaları alınarak bitki başına bakla sayısı belirlenmiştir. Baklada tane sayısı, 10 bitkide saptanan toplam tane sayılarının toplam bakla sayısına bölünmesiyle belirlenmiştir. Her parsel için 4 adet 100'er tane (4x100) tohum sayılıp hassas terazide tartılarak elde edilen değerlerin ortalamaları 10 ile çarpılmış, bin tane ağırlıkları hesaplanmıştır. Tohum hasat zamanında her parselden, ikişer adet 1'er m<sup>2</sup>'lik alan biçilip tartılarak biyolojik verim tespit edilmiştir. Biçerdöverle tohum hasadı yapılan ve biyolojik verimi belirlenen örneklerden alınan tohumlar da dahil edilip, tartımların yapılması ile parsel verimleri belirlenmiş, daha sonra dekara verim hesaplamaları yapılmıştır. Kes verimi, biyolojik verimden tohum veriminin çıkarılıp, elde edilen değerlerin dekara çevrilmesiyle bulunmuştur.

Denemeden elde edilen veriler, her özellik için ayrı olmak üzere tesadüf blokları deneme desenine göre 'JMP 11' istatistik paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiki anlamda önemli bulunan ortalama değerler LSD (%5) çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Macar fiğine karıştırılan farklı tritikale oranlarının çalışmada incelenen tüm özellikler üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Varyans analiz sonuçları  
Table 1. Results of variance analysis

Varyasyon Kaynakları	SD	Bitki Boyu	Bitkide Bakla Sayısı	Baklada Tane Sayısı	1000 Tane Ağırlığı	Biyolojik Verim	Tohum Verimi	Kes Verimi
Blok	2	2.25	0.94	0.24	0.90	229	30.66	120.08
Tritikale Oranı	6	401.23**	86.70**	3.99**	20.49**	351433**	6407**	264077**
Hata	12	50.98	13.75	2.14	11.84	2449.51	185	2433
Genel	20	545.45	101.40	6.37	33.23	354112	6623	266631
CV (%)		5.12	8.85	8.79	2.15	4.33	8.8	5.0

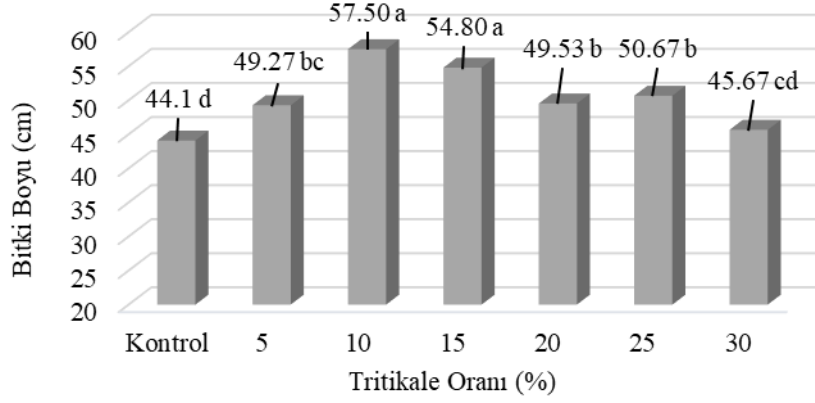
\*\* : %1 olasılık düzeyinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, CV: Varyasyon katsayısı

Farklı tritikale oranlarına bağlı olarak Macar fiğinde bitki boyu 44.10 cm ile 57.50 cm aralığında değişmiştir (Şekil 1). En yüksek bitki boyu 57.50 cm ile %10 tritikale uygulamasında tespit edilirken onu 54.80 cm ile aynı istatistiki grupta yer alan %15 tritikale uygulaması takip etmiştir. En düşük bitki boyu ise 44.10 cm ile yalın Macar fiği ekimi yapılan kontrol uygulamasında görülmüş, %30 tritikale uygulaması kontrolle aynı istatistiki sınıfta yer almış ve bitki boyu ortalaması 45.67 cm olarak belirlenmiştir. Macar fiği üzerinde yapılan çalışmalarda Başbağ (2001) 45.2 cm, Akköprü vd. (2007) 55.76 cm, Bağcı (2010) 51.6 cm, Bakoğlu vd. (2010) 46.2 cm,

Gündüz (2010) 46.20 cm, Zeybek (2010) 57.2 cm, Sayar (2014) 54.3 cm, Seydoşoğlu (2014) 46.3-55.1 cm, Hashalıcı vd. (2017) 54.1-69.1 cm, Kandış (2019) 49.8-57 cm, Koç (2020) 47.6 cm, Ülker & Yüksel (2021) 48.67-61 cm, Uçar vd. (2022) 53.1 cm bitki boyu değerleri tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Araştırmacıların elde etmiş oldukları bu sonuçlar çalışmamızdan elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra yapılan diğer çalışmalarda Orak (2000) 93.88 cm, Orak & Nizam (2003) 63.9-79.5 cm, Uzun vd. (2004) 78.9-80.9 cm, Şentürk (2019) 72.44-77.71 cm Çağan vd. (2021) 139 cm, Gök (2023) 64.6-79.8 cm, Özcan vd. (2023) 58.3-75

cm, Siverek & Çağan (2023) 63.7-90.4 cm olarak tespit etmiş oldukları bu değerler çalışmamızdan elde edilen sonuçlardan yüksek olup, bu farklılıkların deneme alanlarının sahip olduğu ekolojik koşullardan, çeşit

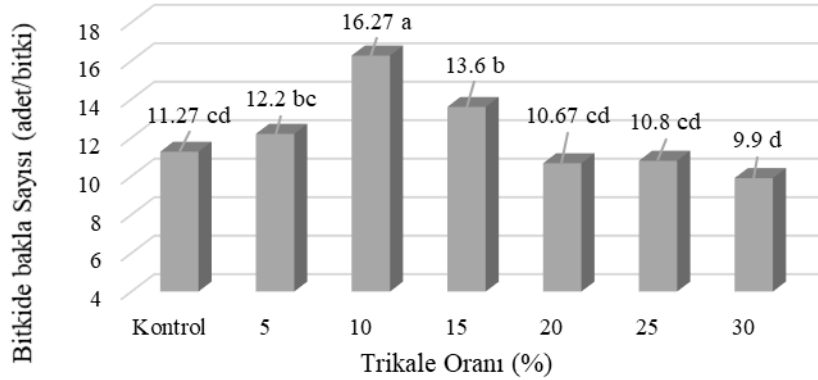
farklılığından ve denemelerde yer alan farklı uygulamalardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 1. Macar fiğinde ortalama bitki boyu değerleri (cm)  
Figure 1. Average plant height values in Hungarian vetch (cm)

Farklı tritikale oranları uygulamalarına bağlı olarak Macar fiğinde bitkide bakla sayısının 9.90 adet ile 16.27 adet arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 2). En yüksek bakla sayısı 16.27 ile %10 tritikale uygulamasında tespit edilirken, en düşük bakla sayısı 9.90 ile %30 tritikale uygulamasında tespit edilmiştir. Macar fiğinde farklı çeşit ve hatlarda, farklı uygulamaların ele alındığı çalışmaların sonucunda Cebeci (2017) 5.27-6.07 adet arasında, Bakoğlu vd. (2010) ortalama 7.7 adet ile çalışmamızdan düşük sayıda bitkide bakla sayısı tespit etmişlerdir.

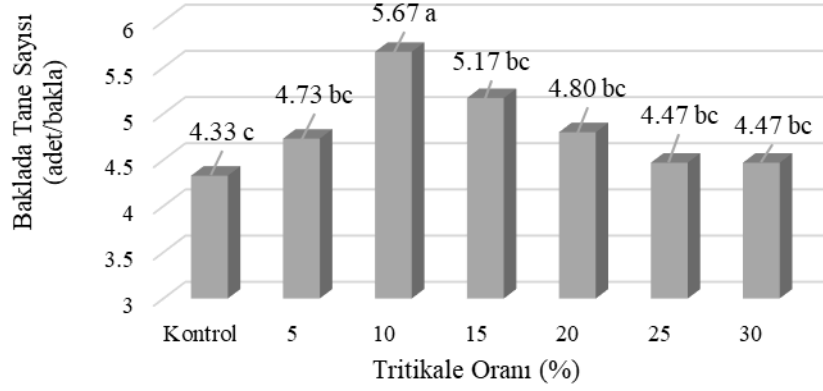
Tahtacıoğlu vd. (1996) 17.4-22.1 adet arasında, Orak (2000) ortalama 13.45 adet, Albayrak vd. (2011) 7.50-11.17 adet arasında, Sayar vd. (2012) 8.93-24.93 adet arasında, Seydoşoğlu (2014) 15.6-29.5 adet arasında belirledikleri bitkide bakla sayısı sonuçları çalışmamızla uyumludur. Uzun vd. (2004) 30.1-34.1 adet arasında, Fıncıoğlu vd. (2011) 33.41-64.08 adet arasındaki bitkide bakla sayısı sonuçları ise elde ettiğimiz değerlerin oldukça üzerindedir.



Şekil 2. Macar fiğinde bitkide ortalama bakla sayısı değerleri (adet/bitki)  
Figure 2. Average number of pods per plant in Hungarian vetch (number/plant)

Şekil 3'te görüldüğü gibi tritikale oranlarına bağlı olarak Macar fiğinde baklada tane sayısı 4.33 adet ile 5.67 adet arasında değişmiştir. Baklada en yüksek tane sayısı (5.67) %10 tritikale uygulamasında tespit edilirken en düşük değer yalın Macar fiği ekiminde (kontrol) tespit edilmiştir. Macar fiğinde yapılmış çalışmalarda baklada tane sayılarını Fıncıoğlu vd. (2011) 1.89-4.32 adet, Sayar vd. (2012) 2.33-4.57 adet, Seydoşoğlu (2014) 2.5-3.2 adet, Cebeci (2017) 3.93-4.47 adet arasında değişiklik

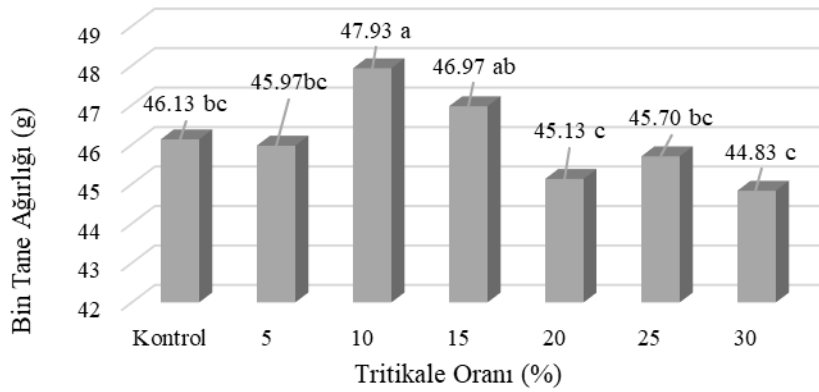
gösterdiğini Fayetötbay vd. (2014) ortalama 4.58 adet, Orak (2000) ortalama 4.26 adet, Bakoğlu vd. (2010) ortalama 2.6 adet olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmada belirlenen baklada tane sayısı değerleri yukarıda sıralanan araştırmacıların sonuçlarından genellikle yüksek olurken, Naydenova & Aleksieva (2014) 3.6-5.6 adet ile Ülker & Yüksel (2021) 3.73-6.66 adet arasında belirledikleri baklada tane sayısı sonuçlarına daha uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 3. Macar fiğinde baklada ortalama tane sayısı değerleri (adet/bakla)  
Figure 3. Average number of seeds per pod in Hungarian vetch (number/pod)

Farklı tritikale oranlarına göre, Macar fiğinde 1 000 tane ağırlığı değerleri 44.83 g ile 47.93 g aralığında tespit edilmiştir. En yüksek 1 000 tane ağırlıkları 47.93 ve 46.97 ile %10 ve %15 tritikale uygulamalarında görülmüştür. En düşük 1 000 tane ağırlıkları ise %30 ve %20 tritikale uygulamalarında tespit edilmiştir (Şekil 4). Macar fiğinde daha önce yapılmış çalışmalarda, Orak (2000) ortalama 29.21 g, Uzun vd. (2004) 35.3-37 g arasında, Bakoğlu vd. (2010) ortalama 36.6 g, Fırıncıoğlu vd. (2011) 36.64-52.17 g arasında, Sayar vd. (2012) 32.75-47.67 g arasında, Fayetörbay vd. (2014) ortalama 32.93 g, Naydenova & Aleksieva (2014) 17.3-34.7 g arasında,

Cebeci (2017) ortalama 28.25 g, Şentürk (2019) 34.43-39.03 g arasında, Koç (2020) ortalama 29.87 g, Ülker ve Yüksel (2021) 30.39-34.10 g arasında, Özdemir & Kökten (2022) 35.32-43.23 g arasında değerler tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmada belirlenen bin tane ağırlığı değerleri yukarıda sıralanan araştırmacıların sonuçlarından bazılarının yüksek olurken, bazıları ile paralellik göstermektedir. Bulgular arasında ortaya çıkan bu farklılıkların, çeşitlerin farklı iklim ve toprak koşulları altında tepkilerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

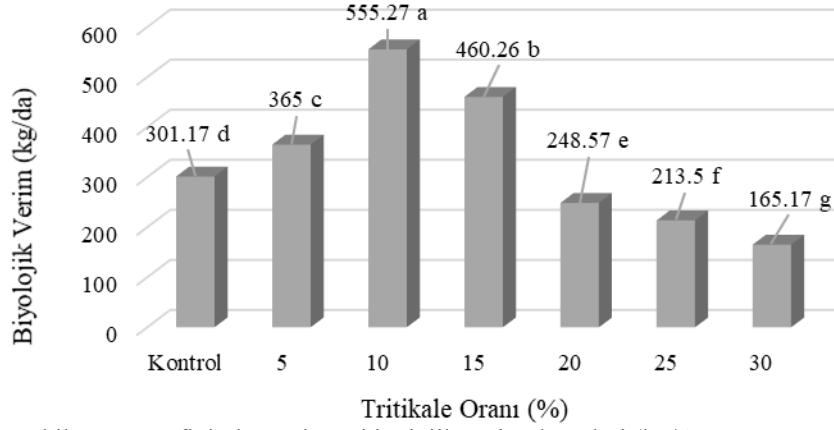


Şekil 4. Macar fiğinde ortalama bin tane ağırlıkları (g)  
Figure 4. Average thousand seed weight in Hungarian vetch (g)

Macar fiğinde biyolojik verim değerleri, tritikale oranlarına bağlı olarak 165.17 kg/da ile 555.27 kg/da aralığında tespit edilmiştir. En yüksek biyolojik verim 555.27 kg/da ile %10 tritikale uygulamasında, en düşük biyolojik verim ise 165.17 kg/da ile %30 tritikale uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 5). Kontrol uygulaması (yalın Macar fiği) ile kıyaslandığında %5, %10 ve %15 tritikale uygulamalarında kontrolden daha yüksek değerler tespit edilirken, %20, %25 ve %30 uygulamaları kontrolden daha düşük değerlere sahip

olmuşlardır. Macar fiğinde daha önce yapılmış çalışmalarda Uzun vd. (2004) 519.9-607 kg/da, Ünal vd. (2011) 221.2-257.7 kg/da, Sayar vd. (2012) 285-450.7 kg/da, Cebeci (2017) 196.87-390.67 kg/da, Koç (2020) 272.02 kg/da, Ülker & Yüksel (2021) 276.77-402.83 kg/da, Uçar vd. (2022) 227 kg/da biyolojik verim sonuçları tespit etmişlerdir. Araştırmacıların elde etmiş oldukları bu sonuçlar çalışmamızdan elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedir.

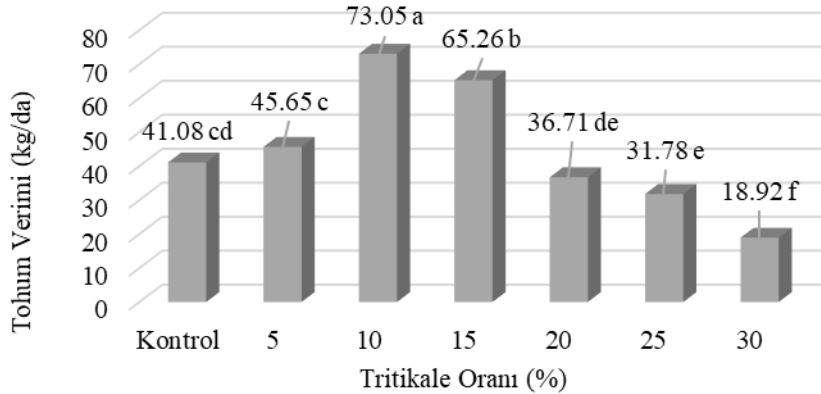




Şekil 5. Macar fiğinde ortalama biyolojik verim değerleri (kg/da)  
Figure 5. Average biological yield in Hungarian vetch (kg da<sup>-1</sup>)

Triticale oranlarına bağlı olarak Macar fiğinde tohum verimi 18.92 ile 73.05 kg/da aralığında tespit edilmiş, en yüksek tohum verimi 73.05 kg/da ile %10 tritikale uygulamasında, en düşük tohum verimi ise 18.92 kg/da ile %30 tritikale uygulamasında belirlenmiştir. Macar fiğine %10'dan daha fazla tritikale ilavesinin tohum veriminde azalmaya neden olduğu görülmüştür (Şekil 6). Ülkemizde Macar fiği + tahıl karışımları ile ilgili olarak yapılan çalışmaların tamamına yakını karışımın ot verimi ve kalitesini belirlemeye yönelik çalışmalardır. Oysa mevcut çalışmada Macar fiğine farklı oranlarda tritikale ilavesinin tohum verimi üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ancak yalnız ekimde Macar fiğinde tohum veriminin belirlenmesine yönelik ülkemizde ve yurtdışında çok sayıda çalışma yapılmıştır. Farklı ekolojilerde ve farklı çeşitlerde yaptıkları çalışmalarda, tohum verimini, Orak (2000) 70.29 kg/da, Bakoğlu vd.

(2010) 50.27 kg/da, Nizam vd. (2011) 63.50 kg/da, Albayrak vd. (2011) 53.0 ile 98.0 kg/da arasında, Cebeci (2017) 45.42 ile 166.73 kg/da arasında, Sayar (2011) 76.56 ile 117.80 kg/da arasında, Seydoşoğlu (2014) 76.1 ile 153.5 kg/da arasında, Erdoğan vd. (2016) 59.0 ile 176.0 kg/da arasında, Karabulut (2017) 146.0 ile 172 kg/da arasında, Budak (2017) 90.41 ile 98.98 kg/da arasında, Şentürk (2019) 147.93 ile 194.66 kg/da arasında, Koç (2020) 47.38 ile 60.82 kg/da arasında bulmuşlardır. Çalışmamızda elde ettiğimiz tohum verimleri bazı araştırmacıların sonuçları ile uyum gösterirken bazılarında daha düşük bulunmuştur. Tohum verimlerinin farklılık göstermesinin büyük ölçüde ekolojik koşulların değişliğinden kaynaklanabileceği gibi, tür ve çeşit farklılıklarından da ileri gelmiş olabileceği düşünülmektedir.



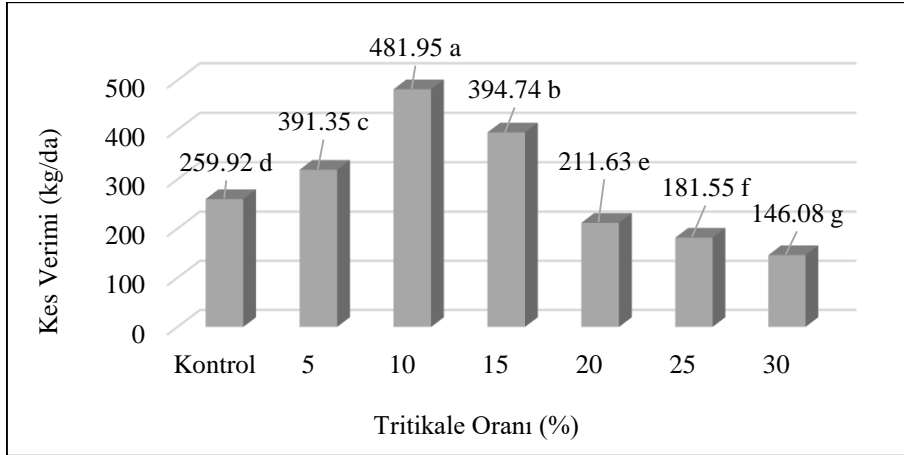
Şekil 6. Macar fiğinde ortalama tohum verimi değerleri (kg/da)  
Figure 6. Average seed yield in Hungarian vetch (kg da<sup>-1</sup>)

Çalışmada elde edilen kes verimleri 146.08 ile 481.95 kg/da arasında değişmiştir. En düşük kes verimi 146.08 kg/da ile %30 tritikale uygulamasında, en yüksek kes verimi ise 481.95 kg/da ile %10 tritikale uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 7). Kontrolle kıyaslandığında %5, %10 ve %15 uygulamaları kontrolden daha yüksek değerlere sahip olurken, %20, %25 ve %30 uygulamalarında kontrolden daha düşük değerler elde edilmiştir. Macar fiğinde yapılmış bazı araştırmalarda kes verimi değerlendirilmiş bu çalışmalardan Bakoğlu vd. (2010)'nin elde ettiği ortalama 50.27 kg/da kes verimi

sonucu çalışmamızdaki değerlerin oldukça altındadır. Bunun yanı sıra elde ettiğimiz değerlerle uyumlu olarak, Macar fiğinde kes verimi Sayar (2011) 378.94 kg/da, Koç (2020) 218.77 kg/da ve Uçar vd. (2022) 204 kg/da olarak tespit etmişlerdir. Özdemir & Kökten (2022) ise bazı Macar fiği genotiplerinin tohum ve kes verimleri ile kes kalitelerinin belirlenmesi amacıyla, 2014, 2015 ve 2016 yıllarında yürütmüş oldukları çalışmada kes verimlerinin 463.2-110.0 kg/da arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır. Bu değerler ise mevcut çalışmada elde ettiğimiz değerlerden daha yüksektir. Çevre

faktörlerindeki farklılığa bağlı olarak farklı yörelerde çeşitlerin kes verimlerinin değişebileceğine Orak &

Nizam (2003), Albayrak vd. (2005) ve Açıkgöz vd. (2009) tarafından da vurgu yapılmıştır.



Şekil 7. Macar fiğinde ortalama kes verimi değerleri (kg/da)  
Figure 7. Average straw yield in Hungarian vetch (kg da<sup>-1</sup>)

#### 4. Sonuç

Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde destek bitki olarak farklı oranlarda tritikale (%0, 5, 10, 15, 20, 25, 30) kullanımının, Macar fiğinde tohum üretimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmanın sonuçlarına göre; tritikale oranlarına bağlı olarak bitki boyu 44.10-57.50 cm, bitkide bakla sayısı 9.9-16.27 adet/bitki, baklada tane sayısı 4.33-5.67 adet/bakla, bin tane ağırlığı 44.83-47.93 g, biyolojik verim 165.17-555.27 kg/da, tohum verimi 18.92-73.05 kg/da, kes verimi 146.08-481.95 kg/da arasında değişim göstermiştir. Ele alınan bu verim kriterlerinde en yüksek sonuçlar %10 tritikale karışım oranında saptanmış olup, onu %15 tritikale karışım oranı takip etmiştir. Sonuç olarak, elde edilen bir yıllık verilere göre Eskişehir ekolojik koşullarında Macar fiği tohumluk üretiminde destek bitki olarak %10 tritikale ilavesinin en uygun sonuç olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma sonuçlarının daha sonraki çalışmalara referans olabilmesi ve sonuçların güvenilirliğini arttırmak adına çalışmanın en az 1 yıl daha tekrarlanmasında fayda görülmektedir.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma Aytaç Zafer ALICI'nın yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### 6. Kaynaklar

- Açıkgöz, E. (1991). *Yem Bitkileri*. Uludağ Üniversitesi Yayınları.  
Açıkgöz, E. (2001). *Yem Bitkileri (3. Baskı)*. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları.  
Açıkgöz, E., Üstün, A., Gül, I., Anlarsal, E., & Tekeli, A. S. (2009). Genotype × environment interaction and stability analysis for dry

- matter and seed yield in field pea. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(1), 96-106. <https://doi.org/10.5424/sjar/2009071-402>  
Akköprü, E., Sabancı, C. O., & Ertuş, M. M. (2007). Tohumluk Miktarı ve Sıra Arası Mesafesinin Macar Fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) Verim ve Bazı Verim Özelliklerine Etkisi. *Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi*. 25-27 Haziran, Erzurum, 235-238.  
Albayrak, S., Töngel, Ö., & Güler, M. (2005). Orta Karadeniz bölgesinde çeşit adayı fiğ'lerin tohum verimi ve verim öğelerinin belirlenmesi ve stabilite analizi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 50-55.  
Albayrak, S., Türk, M., & Yüksel, O. (2011). Effect of row spacing and seeding rate on hungarian vetch yield and quality. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(1), 54-58.  
Bağcı, M. (2010). *Orta Anadolu Koşullarında Macar Fiğ'inde (Vicia Pannonica Crantz. Cv. Tarm Beyazı-98) Sıra Arası ve Tohum Miktarının Ot Verimine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)  
Bakoğlu, A., Kökten, K., & Karadavut, U. (2010). Bazı Macar Fiğ (*Vicia pannonica* Crantz) Hat ve Çeşitlerinin Bingöl Kuru Şartlarına Adaptasyonu Üzerine Bir Çalışma. *III. Bingöl Sempozyumu*. Eylül 17-19, Bingöl, 1-7.  
Başbağ, M., Saruhan, V., & Gül, İ. (2001). Diyarbakır Koşullarında Bazı Tek Yıllık Baklagil Yem Bitkilerinin Adaptasyonu Üzerine Bir Araştırma. *Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi*. 17-21 Eylül, Tekirdağ, 17-21.  
Budak, F. (2017). İğdir ekolojik şartlarında bazı Macar fiğ (*Vicia pannonica* Crantz) çeşitlerinin verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(Özel Sayı), 28-32. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.348894>  
Cebeci, H. (2017). *Değişik Fosforlu Gübre Dozlarının Bazı Macar Fiği (Vicia pannonica Crantz.) Çeşitlerinde Tohum Verimi ve Verim Öğelerine Etkisi*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)  
Çaçan, E., Nursoy, H., & Şahin, E. (2021). Macar fiğinin (*Vicia pannonica* Crantz) farklı ekim zamanlarına göre verim, kalite ve besin elementleri içeriklerinin değişimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3), 733-741.  
Düzcekiç, Y. (2021). *Kayseri Ekolojik Koşullarında Macar Fiği (Vicia pannonica Crantz.) + Arpa (Hordeum vulgare L.) Karışık Ekim Sisteminde Uygun Karışım Oranlarının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)  
Erdogdu, İ., Sever, L., & Atalay, A. K. (2016). Eskişehir koşullarında Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) hat ve çeşitlerinde yem ve tohum verimleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel sayı-2), 230-234.  
Fayetörbay, D., Çomaklı, B., & Daşcı, M. (2014). Fosfor çözücü bakteri, fosforlu gübre ve tavuk gübresi uygulamalarının Macar fiğinde (*Vicia Pannonica* Roth) tohum verimi ve verim unsurları üzerine etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 20(4), 345-357. <https://doi.org/10.15832/td.35287>

- Fıncıoğlu, H. K., Ünal, S., & Doğruyol, L. (2011). Phenotypic variation of *Vicia pannonica* Crantz (var. *pannonica* and var. *purpurascens*) in central Turkey. *Journal of Central European Agriculture*, 12(1), 82-91.
- Gök, M. R. (2023). *Macar Fiğinde (Vicia pannonica Crantz) Farklı Sıra Aralıklarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi ve Arı Merası Olarak Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gündüz, E. T. (2010). *Diyarbakır Koşullarında Karışım Oranının Macar Fiği (Vicia pannonica Crantz) + Buğday (Triticum aestivum var. aestivum L.) Karışımında Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Hashalıcı, S., Uzun, S., Özaktan, H., & Kaplan, M., (2017). Kayseri kıraç koşullarında yetiştirilen bazı Macar fiği çeşitlerinin ot verimleri ve kalitelerinin belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 14(2), 113-123.
- Kandış, T. (2019). *Farklı Ekim Oranlarında Karışık Olarak Ekilen Macar Fiği (Vicia pannonica) ve İtalyan Çiminin (Lolium italicum) Ot Verimi ve Kalitesinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karabulut, İ. (2017). *Yozgat Koşullarında Macar Fiğinin (Vicia pannonica Crantz) Kalite ve Verimi Üzerine Farklı Toprak İşleme Yöntemleri ve Tohum Oranlarının Etkisinin Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Koç, Y. E. (2020). *Macar Fiği (Vicia pannonica Crantz.) Çeşitlerinin Genotip-Çevre İlişkilerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Mariotti, M., Masoni, A., Ercoli, L., & Arduini, I. (2009). Above- and below-ground competition between barley, wheat, lupin and vetch in a cereal and legume intercropping system. *Grass and Forage Science*, 64(4), 401-412. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2009.00705.x>
- Naydenova, G. K., & Aleksieva, A. K. (2014). Phenotypic performance and genotypic variance for reproductive characteristics in Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz). *Romanian Agricultural Research*, 31, 69-74.
- Orak, A. (2000). Genotypic and phenotypic variability and heritability in hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz) lines. *Acta Agronomica Hungarica*, 48(3), 289-293. <https://doi.org/10.1556/AAgr.48.2000.3.9>
- Orak, A., & Nizam, İ. (2003). Trakya Bölgesinde Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) Hatlarının Önemli Bazı Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesine İlişkin Bir Araştırma. *Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi*. 13-17 Ekim, Diyarbakır, 331-335.
- Özcan, G., Tezel, M., Arıcı, R. Ç., & Eser, C. (2023). Yarı kurak koşullarda Macar fiği (*Vicia pannonica* L.) genotiplerinin değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(3), 2229-2238.
- Özdemir, S., & Kökten, K. (2022). Bazı Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) genotiplerinin tohum ve kes verimleri ile kes kalitelerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(3), 524-534.
- Sayar, M. S. (2011). *Diyarbakır Ekolojik Koşullarında Bazı Macar Fiği (Vicia pannonica Crantz.) Çeşit ve Hatlarının Önemli Tarımsal Özellikleri Yönünden Genotip X Çevre İnteraksiyonları ve Stabilitelerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Sayar, M. A. (2014). Bazı tek yıllık baklagil yem bitkisi türlerinin çınar ilçesi ekolojik koşullarında ot verim performansları ve ekim nöbetine girebilme olanaklarının belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 19-28.
- Sayar, M. S., Karahan, H., Han, Y., Tekdal, S., & Başbağ, M. (2012). Kızıltepe ekolojik koşullarında bazı Macar fiğ (*Vicia pannonica* Crantz.) genotiplerinin ot verimi, ot verimini etkileyen özellikler ile özellikler arası ilişkilerin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2), 126-130.
- Serin, Y., & Tan M. (2008). Macar fiği tarımı. In *Yem Bitkileri ve Meraya Dayalı Hayvancılık Eğitimi*. (pp. 107-117)
- Seydoğulu, S. (2014). Diyarbakır ekolojik koşullarında bazı Macar fiği genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 3(1), 49-54.
- Siverek, E., & Çağan, E. (2023). Bingöl ili ekolojik koşullarında bazı Macar fiği çeşitlerinin verim ve kalite potansiyellerinin belirlenmesi. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 9(1), 91-97. <https://doi.org/10.24180/ijaws.1170031>
- Şentürk, M. (2019). *Farklı Macar Fiği (Vicia pannonica Crantz.) Genotiplerinin Trakya Koşullarında Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tahtacıoğlu, L., Avcı, M., Mermer, A., Şeker, H., & Aygün, C. (1996). Bazı Kışlık Fiğ Çeşitlerinin Erzurum Ekolojik Koşullarına Adaptasyonu. *Türkiye 3. Çayır Mera ve Yem Bitkileri Kongresi*. 17-19 Haziran, Erzurum, 661-667.
- TÜİK (2022). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr> (Son erişim tarihi: 13 Ocak 2023)
- Uçar, R., Ekmekçi, M., Çağan, E., Özdemir, S., Kökten, K., Kutlu, M. A., & Mokhtarzadeh, S. (2022). Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) çeşitlerinin kes verimi ve kes kalitesi açısından değerlendirilmesi. *Adıyaman Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Arazi Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 10(1), 75-82.
- Uzun, A., Bilgili, U., Sincik, M., & Açıkgöz, E. (2004). Effects of seeding rates on yield and yield components of Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(3), 179-182.
- Ülker, E., & Yüksel, O. (2021). Uşak şartlarında bazı Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) çeşitlerinin verim ve tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 52-58.
- Ünal, S., Mutlu, Z., & Fıncıoğlu, H. K. (2011). Performances of some winter hungarian vetch accessions (*Vicia pannonica* Crantz.) on the highlands of Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(1), 1-8.
- Yavuz, T., Kır, H., & Gül, A. (2020). Türkiye'de kaba yem üretim potansiyelinin değerlendirilmesi: Kırşehir ili örneği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(3), 345-352. <https://doi.org/10.19159/tutad.728119>
- Zeybek, A. (2010). *Bazı Fiğ Türlerine Ait Çeşitlerin Tekirdağ Şartlarında Verim ve Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)



## Ozonlu Su Uygulamasının Kapyta Biberinde Depolama Boyunca Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi

Yasin Şimşek<sup>1</sup>, Mehmet Ali Koyuncu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

\*Sorumlu yazar: koyuncu.ma@gmail.com

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 13/05/2024

Kabul tarihi: 03/06/2024

**Anahtar Kelimeler:** *Capsicum annuum*,  
Depolama süresi, Duyusal kalite, MAP, O<sub>3</sub>

DOI: 10.55979/tjse.1483101

### ÖZET

Bu çalışmada, 'Kaptan' kapyta biber (*Capsicum annuum*) çeşidinde ozonlu su (1 ppm) uygulamasının depolama boyunca meyve kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Optimum aşamada derilen biberler hemen laboratuvara nakledilmiştir. Çeşit özelliklerini yansıtan üniform ve kaliteli biberler seçilerek ön soğutmaya tabi tutulmuştur. Ön soğutmadan sonra meyveler uygulamalar için 2 gruba ayrılmıştır. Birinci grup meyveler 15 dakika boyunca 1 ppm ozon içeren soğuk suya (5-6 °C), ikinci grup (kontrol) meyveler de aynı süreyle distile suya (5-6 °C) daldırılmıştır. Daldırma işleminden sonra biberler fazla suyunun uzaklaştırılması için 30 dakika oda koşullarında bekletilmiş ve modifiye atmosfer poşetlerine (MAP) yerleştirilmiştir. Uygulama yapılan meyveler 8±1 °C ve % 90±5 oransal nemde 25 gün ve her 5 günün sonunda artı 1 gün oda koşullarında (20±1 °C ve % 60±5 oransal nem) depolanmıştır. Biberlerde ağırlık kaybı, meyve sertliği, suda çözünebilir kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik miktarı, solunum hızı, meyve kabuk rengi ve duyu kalite özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, ozon uygulamasının biberlerde ağırlık kaybı ile solunum hızını azaltmada ve meyve sertliği ile duyu kaliteyi korumada kontrol grubuna göre daha etkili olmuştur. Ozon uygulanmış 'Kaptan' kapyta biber çeşidinin, MAP içerisinde belirtilen koşullarda 21 gün depolanabileceği belirlenmiştir.

## Effect of Ozonated Water on Fruit Quality of Capia Pepper During Storage

### ARTICLE INFO

Received: 13/05/2024

Accepted: 03/06/2024

**Keywords:** *Capsicum annuum*, Storage life,  
Sensory quality, MAP, O<sub>3</sub>

DOI: 10.55979/tjse.1483101

### ABSTRACT

The effect of ozonated water (1 ppm) on quality of capia pepper cv. 'Kaptan' (*Capsicum annuum*) during storage was investigated. The peppers, harvested at the optimum stage, were transported to the laboratory immediately. The uniform and quality fruit, reflecting the characteristics of variety, were selected and pre-cooled. After pre-cooling, the fruits were divided into 2 groups. The first group was immersed in cold water (5-6 °C) containing 1 ppm ozone for 15 minutes. The second group (control) was immersed in distilled water (5-6 °C) for 15 minutes. After dipping, peppers were kept in room conditions for 30 minutes to remove excess water and placed in modified atmosphere bags (MAP). Treated fruits were stored at 8±1 °C and 90±5% relative humidity for 25 days and plus 1 day at room conditions. Weight loss, fruit firmness, TSS, TA, respiration rate, fruit skin color, and sensory quality of peppers were determined at 6-day intervals during storage. As a result, ozone treatment was more effective in reducing the weight loss and respiration rate, and preserving fruit firmness and sensory quality of peppers. The capia pepper treated with 1 ppm ozonated water could be stored for 21 days in MAP under these conditions.

### 1. Giriş

Türkiye; Çin, Hindistan ve Amerika'dan sonra dünyanın en çok sebze üreten ülkesi konumundadır (FAO, 2024). Son yıllarda 31 milyon tonu aşkın (31 090 ton) sebze üretimi yapan Türkiye'nin, biber üretimi 3 018 775 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin toplam biber üretiminin %49'luk kısmını kapyta tipi biberler oluşturmaktadır (TÜİK, 2024). Her geçen gün Türkiye'den ihraç edilen ürünler arasında Kapyta tipi biberlerin oranı artmakta olup, bu durum üreticiyi de teşvik etmektedir (Bozkurt, 2019).

Meyveleri koyu kırmızı renkli, uzun konik şekilli ve tatlı olan Kapyta tipi biberler (*Capsicum annuum* L. cv. Kapyta), ülkemizde daha çok salçalık ve yağlık biber olarak değerlendirilmektedir. Taze tüketim dışında

kurutulmuş, konserve, salça ve sos yapılarak tüketilmektedir (Özdikmenli & Zorba, 2015). Değerlendirme şekillerindeki çeşitlilik, Kapyta tipi biberlere olan ilgiyi ve üretim miktarını arttırmaktadır. Üretim miktarındaki artışa bu biberlerin besin içeriği zenginliğinin de etki ettiği söylenebilir. Keza düzenli olarak tavsiye edilen oranlarda tüketilen kapyta biberinin, bazı kanser türleri ve kardiyovasküler nedenli rahatsızlıklara karşı olumlu sonuçlar verdiği ileri sürülmektedir. Bunda bileşiminde bulunan karetonoitlerin, askorbik asitin ve antioksidan maddelerin etkili olduğu bildirilmektedir (Ghasemzad vd., 2011). Taze olarak 100 gram kapyta tipi biber, 250-300 gr portakala eş değer (yaklaşık 130 mg) askorbik asit içermektedir (Cerit, 2015).

Tüm bu özellikleriyle biber meyvesi, Türkiye ve dünyada pek çok ülke mutfağının vazgeçilmez ürünlerinden birisidir. Sağlıklı bir yaşam için beslenmeye atfedilen önem son derece dikkat çekicidir. Bu nedenle günümüzde bilinçli tüketicilerin besin içeriği zengin, kaliteli ürünlere karşı ilgisi her geçen gün artmaktadır. Bu durum derim sonrası yaşam potansiyeli nispeten kısa olan biber ve benzeri ürünlerin depolanma olanaklarının iyileştirilmesinin önemini akla getirmektedir. Pazar değeri yüksek ancak depolanma süresi kısa olan biberde, derim ve muhafaza sırasındaki özensizlikten dolayı ciddi oranda ürün ve kalite kayıplarının yaşandığı bilinmektedir.

Biberlerde depolama ve taşıma süreçlerinde oluşan su kaybı, meyve eti yumuşaması ve üşüme zararı gibi fizyolojik bozukluklar kalite kayıplarına neden olmaktadır (Maalekuu vd., 2006; Sakaldaş, 2012). Bunların dışında *Botrytis cinerea* ve *Alternaria alternata* depolama sırasında önemli ekonomik kayıplara sebep olan çürüklük etmenleridir (Rodov vd., 1995; Fallik vd., 1999). Bu kayıpların azaltılması için değişik uygulamalara ihtiyaç vardır. Biberlerde modifiye atmosfer paketleme (MAP) uygulamalarıyla meyvede su kaybının ve doku yumuşamasının azaltıldığı bilinmektedir (Kader vd., 2002; Aharoni vd., 2008). Ayrıca değişik MAP teknikleri kullanarak depolama sırasında biberlerde çürüme ve üşüme zararının azaltıldığı rapor edilmiştir (Rodov vd., 1995; Ulukapı vd., 2008).

Gelişmekte olan ülkelerde bahçe ürünlerinin derim, depolama ve taşınması aşamalarında oluşan kayıpların ciddi boyutlarda olduğu ve bunlar içerisinde mikrobiyolojik bozulmalar ve çürümelerin önemli bir yer tuttuğu bilinmektedir (Singh & Sharma, 2018). Bu nedenle derim sonrası süreçte ve özellikle depolama sırasında yaygın olarak fungusit kullanılmaktadır (Sharma vd., 2009). Artan fungusit kullanımı hem patojenlerin bu ajanlara karşı direnç geliştirmesine neden olmakta, hem de ihraç edilen ürünlerde kalıntı problemi doğurmaktadır (Öz & Süfer, 2012). Günümüzde bilinçlenen tüketicilerin yetiştiricilik ve derim sonrası aşamalarda kullanılan kimyasal uygulamalara karşı ciddi tepkileri oluşmuştur. Bu durum ilgili sektör ve araştırmacıları çevre dostu alternatif uygulamalar bulma arayışı içine sokmaktadır. Ozon 1997 yılında, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi tarafından bazı alanlarda kullanımı güvenli kabul edilen ajanlar grubuna alınmıştır. Aynı kurumun 2001 yılında belirli oranlarda kullanıldığında “gıdalarla doğrudan temasında sakınca yoktur” kararıyla, ozon birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bütün bu gelişmelere bağlı olarak, son yıllarda derimden tüketici sofrasına kadar olan tüm süreçlerde, meyve ve sebzelerde kullanım şekli çeşitlenen ozon özel ilgi odağı olmuştur.

Ozon (O<sub>3</sub>) yapısında üç oksijen atomu bulunduran, oda koşullarına renksiz ve kendine has bir kokusu olan gaz formunda bir moleküldür. Bahçe ürünlerinde derim sonrası çalışmalarda, ozon uygulamaları ya depo atmosferine ozonu gaz halinde vermek ya da su içine enjekte etmek yoluyla yapılmaktadır (Palou vd., 2007). Meyve ve sebzelerde ozon uygulamaları değişik amaçlarla yapılmaktadır. Bunlar içerisinde en yaygın olanları; taze ve kurutulmuş ürünlerde mikrobiyolojik

yükü düşürerek depolanma süresini uzatmak, meyvelerde pestisit ve mikotoksinleri indirgemek ve olgunlaşma ile yaşanmada rol alan enzimlerin aktivitelerini azaltmaktır (Perkins, 1997; Xu, 1999).

Bu bilgiler ışığında mevcut çalışmada, ‘Kaptan’ kopya biber çeşidinde, derim sonrası suda ozon uygulamasının depolama boyunca meyvelerin kalite değişimi üzerine etkileri incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Meyve materyali

Araştırmada materyal olarak, araştırma bölgesinde yetiştiriciliği yaygın olan ‘Kaptan’ kopya biber çeşidi kullanılmıştır. Kopya biber meyveleri Evciler (Afyonkarahisar) yöresinde ticari olarak yetiştiricilik yapan bir üretici bahçesinden temin edilmiştir.

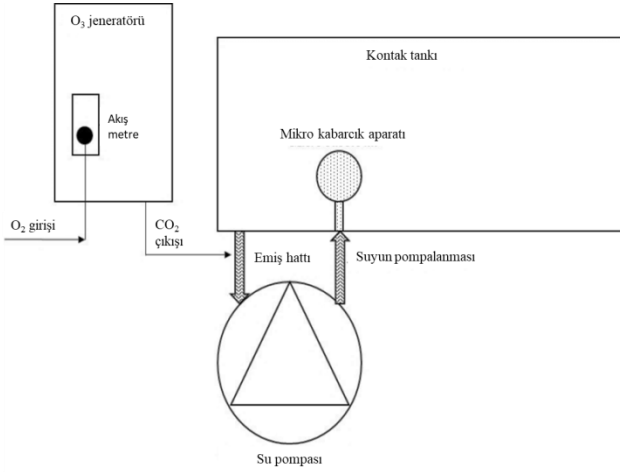
### 2.2. Derim, ozon uygulaması ve depolama koşulları

İrilik, şekil ve renk kriterleri dikkate alınarak optimum dönemde el ile derimi yapılan meyveler soğutmalı araçla (5 °C) hemen laboratuvara getirilmiştir. Zorlanmış hava ile ön soğutma tekniği kullanılarak, ürün iç sıcaklığı 5-6 °C’ye düşene kadar (yaklaşık 6 saat) biberler soğutulmuştur. Yaralı-bereli olanlar seçildikten sonra sağlam meyveler uygulamalar için 2 gruba (her birinde 45 kg biber olacak şekilde) ayrılmıştır.

İlk grup biberler 1 ppm ozon içeren soğuk suya (5-6 °C) 15 dk daldırılmıştır. İkinci grup (kontrol) biber meyveleri aynı sıcaklıktaki suya 15 dk daldırılmıştır. Uygulama şekli ve doz önceki yıllarda yürütülen çalışmalarımıza (Üner & Koyuncu, 2021; Özen vd., 2021) dayanılarak seçilmiştir. Uygulamalardan sonra biber meyveleri üzerlerindeki fazla suyu uzaklaştırmak için 30 dk. oda koşullarında fan altında bekletilmiştir. Daha sonra biberler, belirli oranda su buharı ve gaz geçirgenliğine sahip 5 kg’lık modifiye atmosfer poşetlerine (MAP) yerleştirilmiştir. Bütün meyveleri 8±1 °C ve % 90±5 oransal nem koşullarında 25 gün muhafaza edilmiştir. Başlangıçta ve 5 gün aralıklarla soğuk depodan çıkartılan biberler 1 gün oda koşullarında (20±1 °C ve % 60±5 ) manav koşullarını simüle etmek için bekletildikten sonra analiz edilmiştir. Deneme 3 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuş ve her tekerrürde 1.5 - 2 kg biber meyvesi kullanılmıştır. Aşağıda belirtilen fiziksel ve kimyasal analizler başlangıçta ve depolama boyunca 5+1 gün aralıklarla yapılmıştır.

Denemede kullanılan ozon, laboratuvar ölçekli (20 g s<sup>-1</sup> kapasiteli) bir ozon jeneratörü (korona deşarjı, Ozonoks Sistemi-Model: CFY20, Antalya, Türkiye) kullanılarak oksijen gazından (%99.9 saflıkta) üretilmiştir. Jeneratörden elde edilen ozon gazı, aşağıda şematize edildiği gibi su pompası, mikro kabarcık aparatı ve kontak tankından oluşan bir sistem kullanılarak soğuk suya enjekte edilmiştir (Şekil 1). Sudaki çözünmüş ozon konsantrasyonu, ozon jeneratörü üzerine monte edilen bir sensör (Ozon sensörü, OZ7MA5, Almanya) tarafından otomatik olarak ölçülmüştür. Uygulama sırasında gaz akışı ozon jeneratörünün kontrol ünitesi (JUMO-AQUIS

500-Almanya) tarafından otomatik olarak kontrol edilmiştir.



Şekil 1. Ozon jeneratörü ve ozon enjeksiyon sistemi kullanılarak soğuk suyun ozonlanması  
Figure 1. Ozonation of cold water using ozone generator and ozone injection system

## 2.3. Meyve kalite analizleri

### 2.3.1. Ağırlık kayıpları

Deneme başlangıcında tartılarak depoya yerleştirilen biber örnekleri, depolama boyunca analizlerin yapıldığı dönemlerde depodan çıkartılarak 0.01 g hassasiyetindeki terazi (Scaltec SBA51) ile tartılmıştır. Başlangıç ağırlığı dikkate alınarak % ağırlık kayıpları hesaplanmıştır.

### 2.3.2. Meyve sertliği

Biberlerde meyve sertliği Lloyd marka (LF Plus) tekstür cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Cihazda 50 N'luk Load Cell ve Nexygen yazılım programı kullanılmıştır. 100 mm dk<sup>-1</sup>'lık sabit bir hızla, 5.1 mm'lik uç meyveye batırılmıştır (10 mm, orta kısmına). Batırma sürecinde uygulanan en yüksek kuvvet, meyve sertliği olarak (Newton-N) kullanılmıştır.

### 2.3.3. Suda çözünebilir kuru madde miktarı

Depolama sürecinde meyve suyundaki yüzde suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı Atago marka (Pocket PAL-1, digital) refraktometre kullanarak ölçülmüştür.

### 2.3.4. Titre edilebilir asit miktarı

Depolama boyunca bir pH metre (WTW Inolab) ve dijital büret kullanarak 10 mL meyve usaresine pH değeri 8.1'e ulaşmaya kadar NaOH çözeltisi (0.1 N) damlatılmıştır. Meyve suyunun titre edilebilir asitlik (TEA) değeri, harcanan NaOH çözeltisi dikkate alınarak sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır.

## 2.3.5. Meyve kabuk rengi

Depolama sürecinde biberlerde kabuk rengi Minolta marka (CR-300) renk cihazı ile ölçülmüştür. Renk değişimi L\*, a\* ve b\* değerleri baz alınarak değerlendirilmiştir. Elde edilen a\* ve b\* değerleri kullanılarak aşağıda verilen Denklem (1)'e göre Chroma (C\*) ve hue (h°) açısı değerleri hesaplanmıştır (Koyuncu vd., 2019).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (1)$$

## 2.3.6. Solunum hızı ölçümleri

Biber örnekleri 250-300 gr. olacak şekilde 3 L'lik gaz sızdırmaz kavanozlara tartılmış ve oda koşullarında (20±1 °C) 2-3 saat bekletilmiştir. Daha sonra bir enjektör (10 ml'lik) ile plastik kavanozlardan alınan gaz örnekleri, kromatografi cihazına 1-2 ml enjekte edilerek CO<sub>2</sub> miktarı ölçülmüştür. Elde edilen CO<sub>2</sub> değerleri kullanılarak biberlerin solunum hızı (mL.CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>) hesaplanmıştır (Erbaş, 2023).

## 2.3.7. Duyusal değerlendirmeler

Depolama boyunca biber örneklerinde duyusal kalite (dış görünüş ve tat/aroma) değerlendirilmesi tecrübeli (bahçe ürünlerinin derim sonrası fizyolojisi alanında eğitim almış) 5 panelist ile yürütülmüştür. Değerlendirme 3 tekerrürlü olarak floresan ışık altında, koku ve gürültünün olmadığı panel odasında yapılmıştır.

Panelistler dış görünüş puanlaması için 1-9 skalasını (Koyuncu vd., 2005) kullanmıştır. Bu skalada; 1-4 puan arası: ürün pazarlanamaz, 5 puan: ürün pazarlanabilir, 7 puan: ürün iyi durumda, 9 puan: ürün çok iyi durumda şeklinde değerlendirilmiştir.

Tat/aroma değerlendirmesinde ise 1-5 skalası (Erbaş ve Koyuncu, 2016) kullanılmıştır. Bu skalada panelistler biberlere 1 ile 5 arasında değişen puanlar vermişlerdir. 1 puan: çok kötü, 2 puan: kötü, 3 puan: orta, 4 puan: iyi, 5 puan: çok iyi olarak değerlendirilmiştir.

## 2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Deneme, 3 tekerrürlü olarak "Faktöriyel Düzende Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre kurulmuştur. Her tekrür için 1.5-2 kg biber meyvesi kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen veriler JMP7 paket programı aracılığıyla varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testi (P<0.05) kullanılarak belirlenmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Ağırlık kaybı

Bahçe ürünlerinde depolama sırasında oluşan ağırlık kaybı, doğrudan o ürünün ağırlığında azalmayı ifade ettiği için çok önemlidir. Biberlerde depolama boyunca ortaya çıkan ağırlık kaybı üzerine uygulamaların, muhafaza süresinin ve MS × U interaksyonunun etkisi (P<0.05) önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Depolama süresinin uzamasına paralel olarak hem ozon uygulanmış hem de

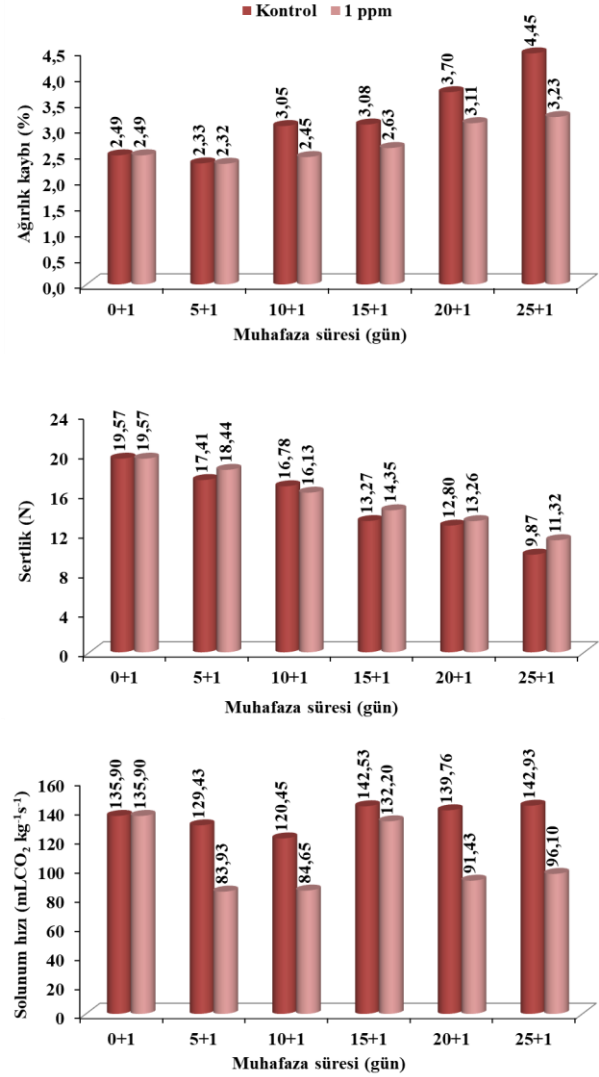
kontrol örneklerinde ağırlık kayıplarında artışlar saptanmıştır. Depolamanın son gününde kontrol uygulamasında ağırlık kaybı % 4.45 olurken, ozon uygulamasında bu değer % 3.23 bulunmuştur (Şekil 2). Ozon uygulanmış biberlerde kontrole göre % 27 daha az ağırlık kaybının olması ticari açıdan kıymetli bulunmuştur. Büyük ölçekli biber depolamalarında bu fark önem arz edecektir. Ozonlanmış biberlerde ağırlık kaybının daha az olması, ozonun hem solunum hızını daha iyi baskılaması (Şekil 2) hem de biberin kabuğunda hücresel bütünlüğü daha iyi koruyarak su buharı geçirgenliğini kısmen yavaşlatmasıyla açıklanabilir.

Nitekim Han vd. (2017), uygun doz seçildiğinde ozonun meyve kabuğundaki stomanın yapı ve şeklini koruyarak su kaybını azalttığını bildirmişlerdir. Yine bulgularımızı destekler şekilde, meyvelerde derim sonrası ozon uygulamalarıyla solunum hızı ve ağırlık kaybının azaltılabileceği rapor edilmiştir (Keutgen & Pawelzik, 2008). Diğer taraftan Özen vd. (2021), bahçe ürünlerinde ozon uygulamalarının ağırlık kaybı üzerine uygulama dozu, zamanı ve şekli ile depolama koşullarına bağlı olarak farklı etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Her ne kadar depolama sonunda % 4.45'lik ağırlık kaybı olsa da 25 gün soğukta ve 1 gün oda koşullarında muhafazadan sonra bu değer yüksek bulunmamıştır. Bu durum 25 günlük soğukta depolama boyunca MAP uygulamasının üründen su kaybını sınırlandırmasıyla ilgilidir. Keza Khan & Singh (2008), MAP koşullarında depolandığında meyvelerde kalite ve su kaybının azaltılabileceğini ve bunlara bağlı olarak ağırlık kayıplarının sınırlı olacağını ifade etmişlerdir.

### 3.2. Meyve sertliği

Çalışmada depolama süresince meyve sertliği üzerine muhafaza süresinin etkisi önemli ( $P<0.05$ ) olmuştur (Çizelge 2). Biberlerde muhafaza süresinin artmasına bağlı olarak meyve sertliği düzenli olarak azalmış, ancak ozon uygulaması kontrole göre meyve sertliği kaybını önemli ölçüde geciktirmiştir. Depolama sonunda kontrol ve ozon uygulanmış biberlerde meyve sertliği sırasıyla 9.87 N ve 11.32 N olarak saptanmıştır (Şekil 2). Bulgularımızı destekler nitelikte Glowacz & Rees (2016), biberlerde depolama boyunca meyve sertliğinin bütün uygulamalarda azaldığını, fakat ozon uygulanmış olanlarda kontrol grubuna göre sertlik azalmasının daha sınırlı kaldığını rapor etmişlerdir. Chittravathi vd. (2015) ise, ozonlu suya daldırılmış biber meyvelerinde klorlu su uygulamasına kıyasla, depolama boyunca başta meyve sertliği olmak üzere kalite kayıplarının daha yavaş olduğunu bildirmişlerdir. Ozonun mevcut çalışmada, pektin esteraz enziminin etkisini yavaşlatarak ve doku bütünlüğünü koruyarak biberlerde meyve sertlik kaybını geciktirdiği düşünülmektedir. Nitekim ozon uygulamalarının meyve doku bütünlüğünü koruyarak (Han vd., 2017) ve olgunlaşma süreçlerini (Zhang vd., 2005) yavaşlatarak depolama boyunca sertliği daha iyi koruduğu rapor edilmiştir. Ancak doz seçiminin önemli olduğu, yüksek dozların kabuk dokularını oksitleyerek zararlanmalara yol açacağı ve meyve sertliğini azaltılabileceği göz ardı edilmemelidir. Nitekim, Alwi & Ali (2015), 7-9 ppm'lik yüksek doz ozon uygulamalarının

biberlerde kabuğu oksitleyerek membran geçirgenliğini artırdığını ve buna bağlı olarak meyve sertliğini azalttığını rapor etmişlerdir.



Şekil 2. Suda ozon uygulamasının 'Kaptan' kapyta biber çeşidinde depolama boyunca ağırlık kaybı, meyve sertliği ve solunum hızı üzerine etkileri  
Figure 2. Effects of ozonated water on weight loss, fruit firmness and respiration rate of capia pepper cv. 'Kaptan' during storage

### 3.3. Solunum hızı

Meyvelerde solunum bazı spesifik enzimlerin görev aldığı bir dizi oksidasyon reaksiyonlarını içermekte olup metabolik aktivasyonun en belirgin göstergesidir. Solunum hızını yavaşlatan uygulamalar, bahçe ürünlerinde derim sonrası kayıpları geciktirerek depolama ömrünü uzatır. Araştırmamızda ozon uygulaması biberlerin solunum hızını ( $\text{mL} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ) kontrol örneklerine göre önemli derecede ( $P<0.05$ ) azaltmıştır (Şekil 1; Çizelge 2). Genel olarak muhafaza boyunca ozon uygulanmış biberlerin solunum hızlarında dalgalanmalar olsa da temel eğilim azalış yönünde olmuştur. Her analiz döneminde kontrole göre ozon uygulaması solunumu hızını baskılamış ve bu etki

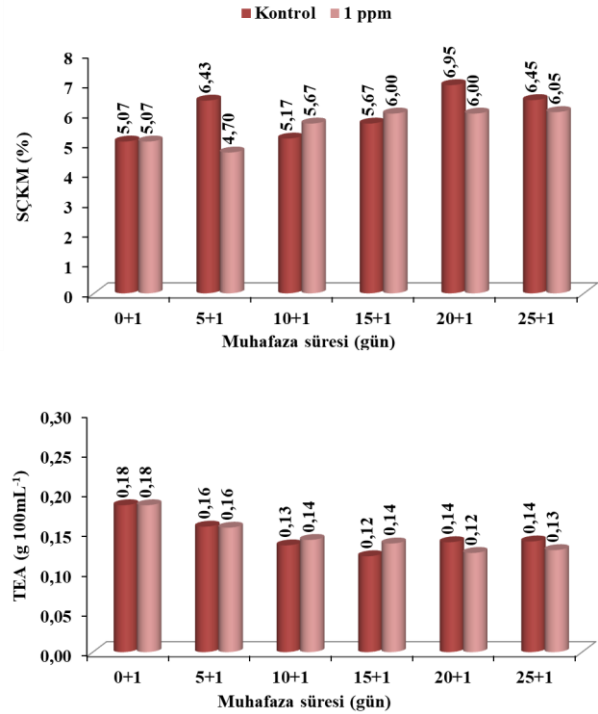


depolama sonunda da görülmüştür. Depolamanın son gününde ozon uygulaması ( $96.10 \text{ mL.CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) kontrol grubuna göre ( $142.93 \text{ mL.CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) solunum hızını % 33 azaltmıştır (Şekil 2). Ozon uygulamasının başta solunum enzimleri olmak üzere biberlerde antioksidan maddelerin sentezinde ve olgunlaşmada görev alan enzimlerin aktivitelerini etkileyerek solunum hızını azalttığı düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer şekilde, Chen vd. (2016), ozon uygulamasının biberlerde soğukta depolama boyunca kontrol örneklerine göre solunum hızını önemli derecede baskıladığını belirtmiştir. Araştırmacılar ozonun POD, SOD ve PAL aktivitelerini artırarak ve PPO aktivitesini inhibe ederek biberlerde antioksidan savunma sisteminin etkinliğini artırdığını ve böylece solunum hızını baskıladığını bildirmişlerdir. Ayrıca ürün ile ortam arasında gaz ( $\text{O}_2$  ve  $\text{CO}_2$ ) geçirgenliğini sınırlayan faktörlerin solunum hızını yavaşlattığı bilinmektedir. Çalışmamızda ozon uygulamasının gaz geçirgenliğini etkileyecek ölçüde biberlerin kabuklarında doku bütünlüğünü koruyarak, solunum hızının baskılanmasına ilave katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Han vd. (2017), uygun doz seçildiğinde ozonun dokulardaki bozulmayı yavaşlatarak ürünlerin kabuk morfolojik yapısını koruduğunu bildirmişlerdir. Yüksek dozlarda ozonun baskılamak yerine solunum hızını artırdığına dair araştırma sonuçları bulunmaktadır. Alwi & Ali (2015), ozon uygulama dozu arttıkça biberlerde solunum hızının arttığını, bu sonucun ozon kaynaklı oksidatif stres ve bunun neden olduğu serbest radikallere yanıt olarak gerçekleşebileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca yüksek dozlarda ozon uygulamalarının biberlerde membran geçirgenliği ve olgunlaşmayı artırdığını, buna bağlı olarak solunum hızının da arttığını rapor etmişlerdir. Bu nedenle ürün tür ve çeşidine göre ozon uygulama dozu ve yöntemleri titizlikle belirlenmelidir.

### 3.4. Suda çözünür kuru madde miktarı

Muhafaza süresi ve uygulamaların biberlerin SÇKM değerlerine üzerine etkileri istatistik olarak önemli ( $P<0.05$ ) olmuştur (Çizelge 2). Depolama süresince olgunlaşmanın ve suda çözünen şekerlerin bir göstergesi olan SÇKM değerlerinde dalgalanmalar görülmüş, ancak muhafaza sonunda (25+1. günde) başlangıç değerlerine (% 5.07) göre hem kontrol hem de ozon uygulanmış meyvelerde artışlar olmuştur. Depolama sonunda kontrol örneklerinde SÇKM miktarı % 6.45 olarak saptanırken, ozon uygulanmış biberlerde bu değer % 6.05 olmuştur (Şekil 3). Ozon uygulanmış örneklerde daha sınırlı artış olması, bu uygulamanın kontrole göre su kaybını ve olgunlaşma sürecini yavaşlatmasıyla ilişkilendirilebilir. Öte yandan kontrol örnekleriyle ozon uygulanmış biberlerde SÇKM oranlarının çok fazla farklılaşmaması, ozonun solunumu daha iyi baskılayarak (Şekil 2) şekerlerin solunum yoluyla kullanımının yavaşlatılmasıyla açıklanabilir. Diğer bir deyişle ozon uygulamasının bir yandan olgunlaşma ve su kaybını yavaşlatarak SÇKM'nin oransal olarak artışını sınırlandırırken, öbür yandan solunumu baskılayarak suda çözünür şekerlerin kullanımını azaltmaktadır. Benzer şekilde Kaynaş & Özelkök (2018), Kandil biber çeşidinde

MA koşullarında muhafaza boyunca SÇKM miktarlarının arttığını belirtmişlerdir. Ozon uygulaması kontrol uygulamalarına göre, SÇKM miktarındaki artışı istatistik olarak önemli olacak şekilde baskılamıştır. Nitekim Glowacz vd. (2015), ve Özen vd. (2021), biberlerde depolama sırasında SÇKM'nin arttığını, ancak ozon uygulamasının olgunlaşma süreçlerini yavaşlatarak suda çözünür şeker birikimini yavaşlatabileceğini belirtmişlerdir. Bu bulgu bizim çalışmamızda ozon uygulamasıyla elde ettiğimiz sonuçlarla uyum içerisindedir. Ancak Alwi & Ali (2015), ozon uygulamasının depolama boyunca biberlerde şeker sentezine etki etmediğini, dolayısıyla SÇKM miktarı üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. SÇKM ile ilgili literatür bulgularının farklılık göstermesi, kullanılan biber çeşitlerinin farklı olması ile uygulama doz, şekil ve sürelerinin olgunlaşma süreçlerini farklı seviyelerde etkilemesiyle açıklanabilir.



Şekil 3. Suda ozon uygulamasının 'Kaptan' kapa biber çeşidinde depolama boyunca suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) ve titre edilebilir asit (TEA) miktarı üzerine etkileri

Figure 3. Effects of ozonated water on soluble solids content (SSC) and titratable acidity (TA) of capia pepper cv. 'Kaptan' during storage.

### 3.5. Titre edilebilir asitlik miktarı

Depolama boyunca biberlerin TEA miktarı üzerine sadece muhafaza süresinin etkisi istatistik olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 2). Depolama sonunda hem kontrol hem de ozon uygulanmış biberlerde başlangıç değerine göre TEA miktarları azalmıştır. Asitlik azalması büyük ölçüde ilk 11 günde gerçekleşmiş, geri kalan sürede TEA miktarları aynı seviyede kalmıştır. Başlangıçta  $0.18 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$  olan TEA miktarı, depolama sonunda kontrol ve ozon uygulanmış biberlerde sırasıyla

0.14 ve 0.13 g 100 mL<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Kaynaş & Özelskök (2018), Kandil biber çeşidinde muhafaza sırasında TEA miktarının depolamanın ilk dönemlerinde arttığını ve daha sonra azaldığını belirtmişlerdir. Bahçe ürünlerinde muhafaza boyunca asitliğin azalmasının solunum olayının bir sonucu olduğu ve solunum hızını düşürücü uygulamaların asitlik kaybını da yavaşlattığı bilinmektedir (Akbudak, 2008). Keza Alwi & Ali (2015), 1-3 ppm ozon uygulamalarının biberlerde titre edilebilir asitlik üzerine bir etkisini bulmazken, yüksek dozların (7-9 ppm) solunum hızını yükselterek daha fazla organik asitlerin bu süreçte kullanılmasına sebep olduğunu kaydetmişlerdir. Benzer şekilde bizim çalışmamızda da ozon uygulamasının asitlik değişimi üzerine bariz bir etkisi olmamıştır. Aslında solunum hızını istatistik olarak önemli olacak şekilde baskılayan (Şekil 2) ozon uygulamasının bu ölçüde meyve asitliğini koruması beklenirdi. Bu durum non-klimakterik bir tür olan biberde, klimakterik meyvelerdeki kadar solunum hızı ile asitlik arasında sıkı bir ilişkinin olmamasıyla, ya da 1 ppm lik ozonun biberde kalıcı bir oksidatif stres yaratmamış olabileceği ile açıklanabilir. Alwi & Ali, (2015), 1-3 ppm lik uygulamaların biberlerde ozonun oksidatif etkisini nötralize edecek düzeyde defans sistemini aktive edebileceği belirtilmiştir.

### 3.6. Meyve kabuk rengi

Biberlerin h° değeri üzerine hem muhafaza süresi hem de uygulamaların etkisi istatistik olarak önemli ( $P<0.05$ ) olurken, L\* ve C\* değerleri üzerine muhafaza süresi ve MS × U interaksiyonun etkisi önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 2). L\* değerleri raf ömrü boyunca dalgalanmalar gösterse de başlangıç değerlerine göre çok fazla değişiklik göstermemiştir. C\* değeri ise ilk 11 günde yükselmiş ve geri kalan süresinde artış göstermemiştir. Başlangıçta 34.72 olan C\* değeri depolama sonunda kontrol örneklerinde 39.95 ve ozon uygulanmış biberlerde 36.82 olarak ölçülmüştür. C\* değerindeki artışın aksine, h° açı değerinde ilk 6 günde hızlı bir azalış olmuş ve depolama sonuna kadar dikkate değer bir değişim görülmemiştir. Depolama başlangıcında 36.26° olan h° değeri, 6 gün sonra kontrol ve ozon uygulanmış biberlerde sırasıyla 31.65 ve 31.83 olarak saptanmıştır. Depolama sonunda bu değerler biraz farklılaşarak kontrol örneklerinde 31.85 ve ozonlanmış biberlerde 30.00 olmuştur (Çizelge 1).

Taze meyve ve sebzelerde ürünlerin pazar değerini etkileyen meyve kabuk rengi, en önemli kalite parametrelerinden biri olarak kabul edilir. Hangi renk olduğundan bağımsız bir şekilde ölçülen L\* değeri, rengin

açıklığını ya da koyuluğunu ifade etmektedir. L\* nin 0-100 arasında değerler aldığı, değer yükseldikçe rengin açıldığı ve değer düştükçe rengin koyulaştığı (parlaklığın azaldığı) bilinmektedir. Mevcut çalışmada, depolama sonunda ölçülen ortalama L\* değerlerinin (36.00) başlangıç değeriyle (36.83) aynı grupta yer alması, rengin parlaklığında önemli bir farklılaşma olmadığını göstermektedir. Nitekim Horvitz & Cantalejo (2012), ozon uygulamalarının biberlerde L\* değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Özen vd. (2021), ozon uygulanmış ve uygulanmamış biber örneklerinin L\* değerlerinde depolama boyunca önemli bir varyasyon saptamamışlardır.

C\* değeri, rengin canlılığını ya da donukluğunu ifade etmektedir. C\* değeri arttıkça renklerin daha canlı ve doygun görüldüğü bildirilmektedir (Erbaş & Koyuncu, 2016). Çalışmamızda C\* değerinin depolamanın başlarında yükselip geri kalan sürede büyük bir değişim göstermemesi, biberlerde belirli bir süre renk veren maddelerin sentezinin devam etmesiyle ilişkilendirilebilir. Keza klimakterik olmayan bahçe ürünlerinde de derim sonrası dönemde gerçek bir olgunlaşma olmasa da renk değişiminin devam edebildiği bilinmektedir. İstatistik olarak aynı grupta yer alsa da, depolama sonunda kontrol grubunda C\* değerinin yüksek olması, bu örneklerde metabolik değişimlerin kısmen hızlı olmasıyla açıklanabilir. Diğer bir deyişle solunum hızı (Şekil 2) ve metabolik faaliyetleri baskılayan ozon uygulamasının, biberde renk değişimini de yavaşlatmış olabileceği akla gelmektedir. Bulgularımıza benzer şekilde, Özen vd. (2021), ozon uygulanmış biberlerde kontrole göre depolama sonunda C\* değerini daha düşük seviyelerde bulmuşlardır.

Hue açısı bir renk dairesidir ve 0°-360°ler arasında değerler almaktadır. Bu dairede 0°den 90°ye doğru gidildikçe, renk kırmızıdan sarıya doğru dönüşüm göstermektedir (Dilmaçunal vd., 2014). Mevcut çalışmada depolama sonunda başlangıca göre h° değerlerinin azalması, kırmızı rengin artması ile açıklanabilir. Nitekim Erbaş & Koyuncu (2019), kırmızı ya da mor kabuk rengine sahip ürünlerde h° değerinin 0°ye yaklaşmasıyla renkte kırmızılığın arttığını belirtmişlerdir. Ozon uygulanmış biberlerde kontrole kıyasla h° değerinin daha düşük olması, bu grup örneklerde kırmızı renk hakimiyetinin kısmen daha iyi olmasıyla ilişkilendirilebilir. Öte yandan Alwi & Ali (2015), 1-3 ppm'lik ozon uygulamalarının biberlerde depolama boyunca renk değişimi üzerine etki etmediğini bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Suda ozon uygulamasının ‘Kaptan’ kapyra biber çeşidinde depolama boyunca meyve rengi L\*, C\* ve h° değerleri üzerine etkileri

Table 1. Effects of ozonated water on fruit color L\*, C\* and h° values of capia pepper cv. ‘Kaptan’ during storage

U	L*						Ort.
	MS (gün)						
	0+1	5+1	10+1	15+1	20+1	25+1	
Kontrol	36.83ab	34.20b	39.09a	35.27ab	37.98ab	37.65ab	36.83 <sup>ÖD</sup>
1 ppm O <sub>3</sub>	36.83ab	37.11ab	38.04ab	35.97ab	36.01ab	34.36b	36.38
Ort.	36.83ab	35.66b	38.57a	35.62b	37.0ab	36.00ab	
C*							
Kontrol	34.72b	33.36b	42.25a	39.09ab	39.52ab	39.95ab	38.14 <sup>ÖD</sup>
1 ppm O <sub>3</sub>	34.72b	40.39ab	38.79ab	36.72ab	38.04ab	36.82ab	37.58
Ort.	34.72b	36.88ab	40.52a	37.91ab	38.78ab	38.39ab	
h°							
Kontrol	36.26	31.65	33.77	31.45	31.80	31.85	32.79a
1 ppm O <sub>3</sub>	36.26	31.83	29.97	28.61	30.17	30.00	31.14b
Ort.	36.26a	31.74b	31.87b	30.03b	30.99b	30.93b	

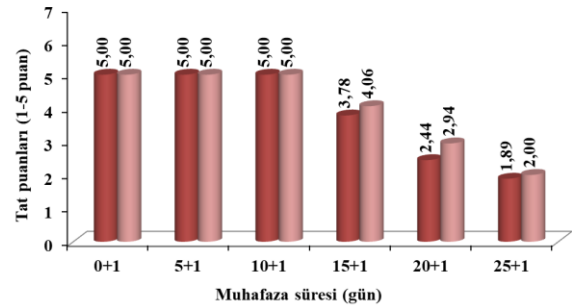
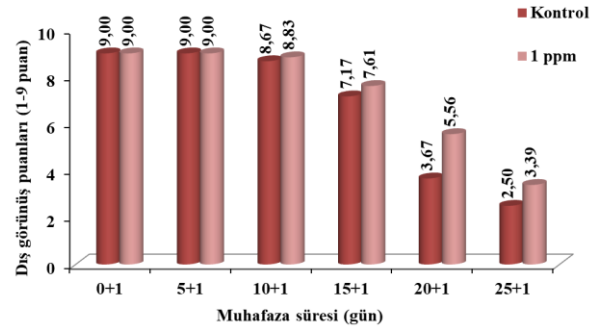
<sup>ÖD</sup>: Önemli değil, U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, Ort: Ortalamalar, \*: P<0.05, \*\*: P<0.01. Satırlardaki ve sütünlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

### 3.7. Duyusal özellikler

Bahçe ürünlerinin pazarlanması sırasında, tüketici tercihini etkileyen en önemli faktörlerden birisi ürünün dış görünüşüdür. Uzayan depolama süresine bağlı olarak, taze bahçe ürünlerinde duyusal kalite kayıplarının arttığı belirtilmektedir (Echeverria vd., 2008). Bu çalışmada da uzayan muhafaza süresine paralel olarak hem tat puanları hem de dış görünüş puanları azalmıştır. Ancak ozon uygulanmış örneklerde duyusal kalite kayıpları daha yavaş olmuştur. Dış görünüş bakımından, depolamanın 21. gününde kontrol örnekleri pazarlanabilir ( $\geq 5$  puan) özelliğini (3.67 puan) yitirirken, ozon uygulanmış biberler hala pazarlanabilir (5.56 puan) seviyede bulunmuştur. Aynı şekilde tat bakımından uygulamalar arasında puan farklılıkları depolamanın 21. gününde daha bariz olmuş ve kontrol örnekleri 2.44 puanla orta seviyesinin ( $\geq 3$  puan) altında kalırken, ozon uygulanmış örnekler bu sınıra oldukça yakın bir değer (2.94 puan) almıştır. Muhafazanın son gününde ise ozon uygulamasının etkisi kısmen azalarak tat bakımından kontrol örneklerine yakın puanlar elde edilmiştir. Uygulamalar arasındaki bu farklılıklar istatistik olarak da önemli (P<0.05) bulunmuştur (Çizelge 2).

Beklendiği gibi depolama boyunca zamana bağlı olarak hem tat puanları hem de dış görünüş puanları azalmıştır (Şekil 4). Benzer şekilde Kaynaş & Özelkök (2018), depolama sırasında biberlerde olgunlaşmanın ilerlemesi ve yaşlanmaya bağlı olarak tat ve lezzet kaybı olabileceğini belirtmişlerdir. Ozon uygulamasının duyusal kalite üzerine olan olumlu etkisini 1 ppm’lik dozun göre metabolizma hızı ve su kaybını nispeten yavaşlatmasıyla açıklayabiliriz. Nitekim ürünlerde metabolizma hızının bir göstergesi olan solunum hızının (Şekil 2) ve su kaybının (Şekil 2) ozon uygulamasında daha düşük olması bu durumu açıklamaktadır. Benzer şekilde Alwi & Ali (2015), biberlere uygun doz seçildiğinde (1-3 ppm) duyusal kalite kayıplarının yavaşladığını, 7-9 ppm’lik

yüksek dozların ise dış görünüşü ve tadı olumsuz olarak etkilediğini rapor etmişlerdir. Ayrıca biberlerde, ozon uygulamasının POD, SOD, PAL enzimlerinin aktivasyonunu artırarak ve PPO nun aktiviyetisi yavaşlatarak antioksidant defans sisteminin etkinliğini iyileştirmek (Chen vd., 2016) yoluyla kalite kayıplarını yavaşlattığı düşünülmektedir. Bu görüşü destekler nitelikte, Özen vd. (2021), ozon uygulamalarının biberlerde metabolik aktivite ve su kayıp hızını yavaşlatarak, depolama boyunca duyusal kaliteyi daha iyi koruduğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 4. Suda ozon uygulamasının ‘Kaptan’ kapyra biber çeşidinde depolama boyunca dış görünüş ve tat puanları üzerine etkileri

Figure 4. Effects of ozonated water on external appearance and taste scores of capia pepper cv. 'Kaptan' during storage.

Çizelge 2. İncelenen kalite parametrelerine ait önemlilik dereceleri

Table 2. Significance levels of the quality parameters

Parametreler	DS	U	DS × U
Ağırlık kaybı (%)	**	**	**
Sertlik (N)	**	öd	öd
Solunum hızı (mL.CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	**	**	öd
SÇKM (%)	**	*	*
TEA (g 100mL <sup>-1</sup> )	**	öd	öd
Dış görünüş (1-9 puan)	**	**	**
Tat (1-5 puan)	**	*	öd
	L*	**	öd
Meyve rengi	C*	**	öd
	h°	**	öd

DS: Depolama süresi, U: Uygulamalar, \*: P<0.05, \*\*: P<0.01

#### 4. Sonuç

Depolama boyunca ağırlık kaybı ile solunum hızını yavaşlatması, meyve sertliği ve duyu kaliteyi koruması bakımından ozon uygulaması kontrole kıyasla ümitvar sonuç vermiştir. Ancak ozonun titre edilebilir asitlik ve renk değerleri üzerine etkisi bu ölçüde belirgin olmamıştır. Sonuç olarak bu denemede, 1 ppm ozon uygulanmış biberlerin belirtilen koşullarda 21 gün başarılı bir şekilde muhafaza edilebileceği ortaya konmuştur. Bununla beraber ozon uygulamalarında farklı doz, süre ve uygulama şekillerinin denenerek daha etkin sonuçlar üretilebileceği düşünülmektedir.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışmaya katkılarında dolayı Doç. Dr. Derya ERBAŞ'a teşekkür ederiz.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### 6. Kaynaklar

- Aharoni, N., Rodov, V., Fallik, E., Porat, R., Pesis, E., & Lurie, S. (2008). Controlling humidity improves efficacy of modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Acta Horticulturae*, 804, 121-128. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.804.14>
- Akbudak, B. (2008). Effect of polypropylene and polyvinyl chloride plastic film packaging materials on the quality of 'Yalova Charleston' pepper (*Capsicum annuum* L.) during storage. *Food Science and Technology Research*, 14(1), 5-11. <https://doi.org/10.3136/fstr.14.5>
- Alwi, N. A., & Ali, A. (2015). Dose-dependent effect of ozone fumigation on physiological characteristics, ascorbic acid content and disease development on bell pepper (*Capsicum annuum* L.) during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 558-566. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1419-2>
- Bozkurt, S. B. (2019). *Kapya Tipi Biber (Capsicum annuum L. cv. Kapya) Yetiştiriciliğinde Kullanılan Organik Gübrelerin Bitki*

- Gelişimi ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Cerit, İ. (2015). *Kırmızı Biberin (Capsicum annuum L.) Fonksiyonel Ve Mikrobiyal Özellikleri Üzerine Modifiye Atmosferde Paketlemenin Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Chen, J., Hu, Y., Wang, J., Hu, H., & Cui, H. (2016). Combined effect of ozone treatment and modified atmosphere packaging on antioxidant defense system of fresh-cut green peppers. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 1145-1150. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12695>
- Chitravathi, K., Chauhan, O. P., & Raju, P. S. (2015). Influence of modified atmosphere packaging on shelf-life of green chillies (*Capsicum annuum* L.). *Food Packaging and Shelf Life*, 4, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2015.02.001>
- Dilmaçunal, T., Erbaş, D., Koyuncu, M. A., Onursal, C. E., & Kuleaşan H. (2014). Efficacy of some antimicrobial treatments compared to sodium hypochlorite on physical, physiological and microbial quality of fresh-cut melons (*Cucumis melo* L. var. *inodorus*). *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 1146-1151. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.033>
- Echeverría, G., Graell, J., Lara, I., & Lopez, M. L. (2008). Physicochemical measurements in 'Mondial Gala®' apples stored at different atmospheres: Influence on consumer acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 50(2-3), 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.05.002>
- Erbaş, D. (2023). Effect of oxalic acid treatments and modified atmosphere packaging on the quality attributes of rocket leaves during different storage temperatures. *Horticulturae*, 9(6), 718-729. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060718>
- Erbaş, D., & Koyuncu, M. A. (2016). 1-metilsiklopropan uygulamasının Angeleno erik çeşidinin depolanma süresi ve kalitesi üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(1), 43-50
- Erbaş, D., & Koyuncu, M. A. (2019). Farklı uygulamaların black diamond erik çeşidinde soğukta depolama boyunca üşüme zararı, iç kararması ve çürüme oranı üzerine etkilerinin incelenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 212-222. <https://doi.org/10.24180/ijaws.572986>
- Fallik, E., Grinberg, S., Alkalai, S., Yekutieli, O., Wiseblum, A., Regev, R., Beres, H., & Bar-Lev, E. (1999). A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 15(1), 25-32. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00066-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00066-0)
- FAO (2024). Food and Agricultural Organization.
- Ghasemnezhad, M., Sherafati, M., & Payvast, G. A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annuum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods*, 3(1), 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.02.002>
- Glowacz, M., & Rees, D. (2016). Exposure to ozone reduces postharvest quality loss in red and green chilli peppers. *Food Chemistry*, 210, 305-310. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.119>
- Glowacz, M., Colgan, R., & Rees, D. (2015). Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini. *Postharvest Biology and Technology*, 99, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.06.015>
- Han, Q., Gao, H., Chen, H., Fang, X., & Wu, W. (2017). Precooling and ozone treatments affects postharvest quality of black mulberry (*Morus nigra*) fruits. *Food Chemistry*, 221, 1947-1953. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.152>
- Horvitz, S., & Cantalejo, M. J. (2012). Effects of ozone and chlorine postharvest treatments on quality of fresh-cut red bell peppers. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(9), 1935-1943. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03053.x>
- Kader, A. A., Sommer, N. F., & Arpaia, M. L. (2002). Modified atmospheres during transport and storage. In *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. (pp. 135-144)
- Kaynaş, K., & Özelkök, İ. S. (2018). Kandil dolma biber çeşidinin modifiye ve kontrollü atmosfer koşullarında depolanma olanağı. *Meyve Bilimi*, 5(2), 49-56
- Keutgen, A. J., & Pawelzik, E. (2008). Influence of pre-harvest ozone exposure on quality of strawberry fruit under simulated retail conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.12.003>
- Khan, A. S., & Singh, Z. (2008). 1-Methylcyclopropane application and modified atmosphere packaging affect ethylene biosynthesis, fruit softening, and quality of 'Tegan Blue' Japanese plum during cold

- storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(2), 290-299. <https://doi.org/10.21273/JASHS.133.2.290>
- Koyuncu, M. A., Erbaş, D., Onursal, C. E., Secmen, T., Guneyli, A., & Sevinc Uzumcu, S. (2019). Postharvest treatments of salicylic acid, oxalic acid and putrescine influences bioactive compounds and quality of pomegranate during controlled atmosphere storage. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 350-359. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3495-1>
- Koyuncu, M. A., Savran, E., Dilmaçınal, T., Kepenek, K., Cangi, R., & Çağatay, Ö. (2005). Bazı Trabzon hurması çeşitlerinin soğukta depolanması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 15-23.
- Maalekuu, K., Elkind, Y., Leikin-Frenkel, A., Lurie, S., & Fallik, E. (2006). The relationship between water loss, lipid content, membrane integrity and LOX activity in ripe pepper fruit after storage. *Postharvest Biology and Technology*, 42(3), 248-255. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.06.012>
- Öz, A. T., & Süfer, Ö. (2012). Meyve ve sebzelerde hasat sonrası kalite üzerine yenilebilir film ve kaplamaların etkisi. *Akdemik Gıda*, 10(1), 85-91.
- Özdikmenli, S., & Zorba, N. N. D. (2015). Közlenmiş kırmızı biber (kapyra) konservesi üretiminde gıda güvenliği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 55-64.
- Özen, T., Koyuncu, M. A., & Erbaş, D. (2021). Effect of ozone treatments on the removal of pesticide residues and postharvest quality in green pepper. *Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 2186-2196. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04729-3>
- Palou, L., Crisosto, C. H., & Smilanick, J. L. (2007). Exposure of cold-stored fresh fruit to ozone gas: Effect on the development of postharvest diseases. *International Ozone Association Conference and Exhibiton*. October, Valencia-Spain, 29-31.
- Perkins, M. (1997). Ozone in Food Processing Application-Past Experience, Future Potential and Regulatory Issues. Presented at ConneC TECH'97. Atlanta, Ga.
- Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Fierman, T., & Fang, D. (1995). Modified-humidity packaging reduces decay of harvested red bell pepper fruit. *HortScience*, 30(2), 299-302. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.2.299>
- Sakaldaş, M. (2012). *Çanakkale Yöresinde Yetiştirilen California Biber Tipinde Farklı Hasat Sonrası Uygulamaların Kaliteye Etkileri*. (Doktora tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Sharma, R. R., Singh, D., & Singh, R. (2009). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: A review. *Biological Control*, 50(3), 205-221. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.001>
- Singh, D., & Sharma, R. R. (2018). Postharvest diseases of fruits and vegetables and their management. In *Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables*. (pp. 1-52).
- TUIK (2024). Tarımsal Ürünler İstatistiği. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Ulukapı, K., Erkan, M., Kardeşin, I., & Onus, A. N. (2008). Derim sonrası sıcak su uygulamalarının California Wonder tipi biber muhafazası üzerine etkileri. *Derim*, 25(2), 44-51
- Üner Öztürk, K., & Koyuncu, M. A. (2021). Effects of ozone and salicylic acid on post-harvest quality of parsley during storage. *Biological Agriculture & Horticulture*, 37(3), 183-196. <https://doi.org/10.1080/01448765.2021.1937316>
- Xu, L. (1999). Use of ozone was replace to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technology*, 53(10), 58-63.
- Zhang, L., Lu, Z., Yu, Z., & Gao, X. (2005). Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Food Control*, 16(3), 279-283. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.03.007>



## Sürdürülebilir Hayvancılıkta Yenilikçi Teknolojilerin Kullanımı

Murat Kahraman<sup>1\*</sup>, Hasan Yılmaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İç Denetçi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Isparta, Türkiye

\*Sorumlu yazar: murat.kahraman@usak.edu.tr

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 29/12/2023

Kabul tarihi: 04/06/2024

**Anahtar Kelimeler:** Yenilikçi teknoloji,  
Hayvancılık, Sürdürülebilirlik

DOI: 10.55979/tjse.1411387

### ÖZET

Dünya nüfusunun ve gıda ihtiyacının günden güne artmasına karşılık, gıda üretiminin üzerinde ciddi baskılar bulunmaktadır. Bu baskıların hafifletilip üretimin istikrarlı bir şekilde devam edebilmesi için, çağın getirdiği yenilikçi teknolojilerden azami ölçüde yararlanılması gerekmektedir. Toplumun sağlıklı beslenmesinde önemli bir protein kaynağı olarak değere ve öneme sahip olan hayvancılığın, sürdürülebilir bir yapıya kavuşması bu noktada hayattır. Bu çalışmada, sürdürülebilir hayvancılığa katkı sağlama kapasitesi olan yenilikçi teknolojiler hakkında yapılan araştırmalar incelenmiştir. Yapılan literatür incelemesinden elde edilen bulgulara göre; yenilikçi teknoloji kullanımının sürdürülebilir hayvancılığa farklı yönlerden katkı sağladığı, hâlâ önemli derecede gelişime açık olduğu için birçok fırsatı barındırdığı, ancak sermaye birikimi kısıtlı olan küçük aile işletmelerinin bu katkı ve fırsatları yakalama konusunda kritik engellerle karşı karşıya kaldıkları anlaşılmaktadır. Bu nedenle hükümetlerin hayvansal üretimde yenilikçi teknolojilerin kullanımı için spesifik olarak tasarlanmış teşvik ve destekleme politikalarını hayata geçirmesi önem arz etmektedir. Ayrıca çiftçilerin yenilikçi teknolojilerin kullanımı konusunda eğitilmesi ve yenilikçi teknolojilerin kullanımının yaygınlaşması amacıyla teknoloji okur yazarlığının geliştirilmesi için çiftçi eğitim ve yayım programlarının uygulanması gerekmektedir.

## Use of Innovative Technologies in Sustainable Livestock Production

### ARTICLE INFO

Received: 29/12/2023

Accepted: 04/06/2024

**Keywords:** Innovative technology,  
Livestock farming, Sustainability

DOI: 10.55979/tjse.1411387

### ABSTRACT

Despite the increase in the world population and food needs day by day, there are serious pressures on food production. In order for these pressures to be alleviated and production to continue in a stable manner, it is necessary to make maximum use of the innovative technologies brought by the age. At this point, it is vital that animal husbandry, which has a value and importance as an important protein source in the healthy nutrition of the society, has a sustainable structure. In this study, previous studies on innovative technologies that have the capacity to contribute to sustainable livestock have been examined. According to the findings obtained from the literature review; it is understood that the use of innovative technology contributes to sustainable animal husbandry in different ways; it still has many opportunities as it is significantly open to improvement, but small family businesses with limited capital accumulation face critical obstacles in catching these contributions and opportunities. Therefore, it is important for governments to implement incentive and support policies specifically designed for the use of innovative technologies in livestock production. In addition, farmer training and extension programs need to be implemented to educate farmers on the use of innovative technologies and to improve technology literacy in order to expand the use of innovative technologies.

### 1. Giriş

Küresel boyutta hayvancılık sektörü oldukça canlı ve dinamiktir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki hayvansal ürünlere talep gittikçe artmaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu talep, üretim sistemlerindeki etkililiğin ve çevresel sürdürülebilirliğin artmasına rağmen, gelişmekte olan ülkelere kıyasla daha istikrarlı ve durağan bir haldedir. Hayvansal ürünlere talepteki tarihi değişimler büyük oranda; insan nüfusu ve gelir düzeyinin artışı, kentleşme, bilimsel ve teknolojik uygulamalarla hayvan sayısının artması ile yakından ilişkilidir. Et tedarik sektöründe kilit zorluklardan birisi, hayvan başına emisyonu azaltırken artan küresel talebe karşılık vermektir. Ürünlerin dağıtımı ve sürdürülebilir gıdanın

temininin, her ülkenin bağımsızlığı ve gelişimi için kilit bir rolü olduğu tartışılmaz bir gerçektir (Stoyanov vd., 2021).

Gelecekte hayvansal üretimin, doğal kaynaklar, özellikle de arazi ve su kullanımı rekabetini nedeniyle önemli derecede baskı altında kalacağı düşünülmektedir. Damızlık, besleme ve hayvan sağlığı alanındaki gelişmeler, potansiyel olarak üretime, verimliliğe ve genetik kazanca katkı sağlamaya devam edecektir. Ancak hayvansal üretimin, karbon kısıtlamaları, çevre ve hayvan sağlığına dair yasal düzenlemelerden daha fazla etkileneceği beklenmektedir (Thornton, 2010).



İnsan sağlığı hakkındaki endişeler ve değişen kültürel değerler gibi sosyo-ekonomik etmenler nedeniyle, ilerleyen yıllarda hayvansal ürünlere talep azalabilir. Ancak bu etmenlerin dünyanın değişik bölgelerinde nasıl ortaya çıkacağı konusunda önemli belirsizlikler vardır. Hayvancılık faaliyetleri dünya karasal alanının yaklaşık % 30'unu kaplamaktadır (Steinfeld vd., 2006) ve insanlığın protein tüketiminin % 33'ünü, kalori temininin % 17'sini sağlamaktadır (FAO, 2018). Ancak bu noktada zengin ve fakir ülkeler arasında ciddi farklılıklar vardır (Rosegrant vd., 2002).

Hayvancılık sektörü, gelişmekte olan ülkelerde yaklaşık bir milyar küçük işletmeyi temsil etmekte ve tarımsal gayri safi üretimin % 40'ına katkı sağlayıp, hane halkı gelirinde % 2'den % 33'e kadar pay almaktadır (Alders vd., 2021). Söz konusu küçük işletmeler, ağırlıklı olarak aile işletmesi şeklindedir ve gelir düzeyi nispeten düşük olan kırsal toplumun geçimi, gıda güvenliği ve istihdamında önemli bir yere sahiptir. Hayvancılık bu işletmeler için hane halkına gıda temininin yanı sıra gelir elde etme ve iklimsel olumsuzluklar, hastalık ve fiyatların artmasına karşı hızlı bir para akışı sağlayabilme olanağına sahiptir. Bu nedenlerle hayvancılığın sürdürülebilir bir yapıya kavuşması, toplumsal riski azaltma, besin tedarikini sağlama ve küçük işletmelerde üretimin devamı açısından önemlidir.

Günümüzde hayvancılık gelişmekte olan ülkelerdeki en hızlı büyüyen tarımsal alt sektörlerden birisidir ve tarımsal gayri safi hasılda aldığı pay hızlı bir şekilde artmaktadır (Thornton, 2010). Bu büyümeyi nüfus artışı, kentleşme ve gelişmekte olan ülkelerdeki gelir artışı tetiklemektedir (Delgado, 2005). Örneğin gelişmekte olan ülkelerdeki toplam et tüketimi 1980-2002 yılları arasında 45 milyon tondan 134 milyon tona ulaşarak üç kate yakın artış göstermiştir (World Bank, 2009). Bu artışın çoğu, özellikle Uzak Doğu Asya ülkelerinin hızlı ekonomik büyümeleri neticesinde ortaya çıkmıştır. Diğer yandan, gelişmiş ülkelerde hayvansal ürünlerin üretimi ve tüketimindeki artışın yavaşladığı hatta durmaya başladığı görülmektedir. Ki öyle bile olsa hayvansal üretim ve ticaret değerleri, sanayileşmiş ülkelerdeki tarımsal gayri safi hasılının % 53'ünü oluşturmaktadır (World Bank, 2009).

Talep konusunda gelişmekte olan ülkelerde artış, gelişmiş ülkelerde ise durgunluk olması, gelişmekte olan ülkelerdeki hayvancılık işletmeleri açısından önemli fırsatlar yakalama anlamına gelebilir. Buna rağmen, gelişmekte olan birçok ülkede yoksulluğun azaltılmasında hayvancılık gözden kaçan bir sektör olmuştur ve bu sektördeki dönüşüm arzu edilen seviyeye ulaşamamıştır (Alary vd., 2011).

## 2. Hayvansal Üretimdeki Eğilimler ve Değişimler

Dünya nüfusunun 2050'de 7.96-10.46 milyar aralığında, yaklaşık olarak ise 9.15 milyar olacağı tahmin edilmektedir (UNPD, 2008). Nüfustaki artışın çoğunluğunu, gelişmekte olan ülkelerin oluşturacağı öngörülmektedir. Örneğin Nijerya'da 200 milyon olan nüfusun 2050 yılına kadar ikiye katlanıp 400 milyona

ulaşması tahmin edilmektedir. Ayrıca Sahra altı Afrika nüfusu ise yıllık % 1.2 oranında artacaktır (FAO, 2019). 2040'ların sonuna kadar ise Doğu Asya'daki nüfusun eksi yönde değişim göstermesi beklenmektedir (FAO, 2010). Dünya nüfusunun genel artış hızında bir yavaşlama olduğu halde, hızlı nüfus artışı bazı ülkelerin gıda güvenliğinde ciddi engellere neden olabilir.

Gıda talebinin belirlenmesinde ortaya çıkan bir diğer önemli etmen de kentleşmedir. 2008 yılının sonundan itibaren kent nüfusu kırsal nüfusu geçmiştir (UNFPA, 2007). Kentleşme oranı Güney Asya'da % 30'dan az olmasına rağmen gelişmiş ülkeler ve Latin Amerika'da % 80'e yaklaşmıştır (Thornton, 2010). Önümüzdeki yıllarda özellikle Afrika ve Asya'da eşi görülmedik bir hızla kent nüfusu artışının ortaya çıkması oldukça muhtemeldir (Gwaka, 2017). Kentleşme genel anlamda gıda tüketim alışkanlıkları ve talebi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kentleşme sonucunda soğuk zincir dâhil altyapıda iyileşmeler hızlanır ve bu dayanıksız tüketim mallarının daha geniş bir oranda ticaretinin yapılmasını sağlar (Delgado, 2005).

Hayvansal ürünlere talebin artmasına neden olan bir diğer etmen, gelir artışıdır. 1950-2000 yılları arasında, dünya genelinde kişi başına yıllık geliri artışı % 2.1 idi (Maddison, 2003). Gelir arttıkça, doğru orantılı olarak hayvansal ürünlere olan talep de artmıştır (Steinfeld vd., 2006). Ekonomik büyümenin gelecekte de yıllık % 1.0-3.1 oranında artması beklenmektedir (Van Vuuren vd., 2009). Gelişmiş ülkelerdeki büyüme hızının, gelişmekte olan ülkelerin büyüme hızından daha yavaş olacağı düşünülmektedir (Rosegrant vd., 2009).

Gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin et ve süt tüketimi, 2050 tahminlerini de içerecek şekilde Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin geçmiş yıllar ve beklenen et ve süt tüketim eğilimleri  
Table 1. Past and expected meat and milk consumption trends of developing and developed countries

Ülke	Yıl	Kişi başına tüketim		Toplam tüketim	
		Et (kg)	Süt (kg)	Et (milyon ton)	Süt (milyon ton)
Gelişmekte olan	1980	14	34	47	114
	1990	18	38	73	152
	2002	28	44	137	222
	2015	32	55	184	323
	2030	38	67	252	452
	2050	44	78	326	585
Gelişmiş	1980	73	195	86	228
	1990	80	200	100	251
	2002	78	202	102	265
	2015	83	203	112	273
	2030	89	209	121	284
	2050	94	216	126	295

(Steinfeld vd., 2006; FAO, 2006)



Hayvansal ürünlerin tüketimindeki farklılıklar, toplam gıda ulaşılabilirliğinden daha fazladır ve bu farklılık özellikle bölgeler arasında kendini göstermektedir. Sahra altı Afrika ve Güney Asya'da, 2000 yılında günlük yaklaşık 200 kcal olan hayvansal ürünlere talep, 2050 yılında 400 kcal olacaktır (Thornton, 2010). Öte yandan, çoğu OECD ülkesinde hayvansal ürünlerin tüketimi ile günlük alınan kalori miktarı oldukça yüksek olup (kişi başına 1000 kcal ve üstü), Güney Amerika ve eski Sovyetler Birliği ülkeleri hariç tüketim seviyesi neredeyse hiç değişmeyecektir (Van Vuuren vd., 2009). Süpermarketler sayesinde perakende satış Çin, Hindistan ve Vietnam gibi ülkelerde yıllık % 20 oranında büyümektedir ve şehirde yaşayan tüketicilerin sayısı nedeniyle özellikle işlenmiş gıdaya olan talep önümüzdeki yıllarda daha da artacaktır (Rosegrant vd., 2009).

Gıda talebindeki önemli artışların karşılanması gerekliliği, hayvansal üretim sistemleri üzerinde köklü etkilere neden olacaktır. Gelişmiş ülkelerde hayvan sayısındaki artış hızının yavaşlaması ve hatta bazı bölgelerde daralması beklendiğinden, karkas ağırlıklarında artış hayvancılık üretimindeki artışın başlıca kaynağı olacaktır. Küresel ölçekte 2000 ve 2050 yılları arasında sığır sayısı 1.5 milyardan 2.6 milyara, keçi ve koyun sayısı 1.7 milyardan 2.7 milyara yükselmesi beklenmektedir (Rosegrant vd., 2009). Gittikçe şiddetlenen su ve toprak kıtlığı, gıda güvenliği ve insan refahı hedefleri üzerinde olumsuz etkilerden kaçınmak için, hayvancılık üretiminde, kaynak kullanımında verimliliği gerektirmektedir. Yüksek tarımsal fiyatlar, çiftçilere fayda sağlayabilir ancak pazar için net fazla üretmeyen çiftçiler de dâhil olmak üzere çok sayıda yoksul tüketicinin gıdaya erişimini azaltabilir (Rosegrant vd., 2009). Önümüzdeki yıllarda hayvancılığın evrimi, kaçınılmaz olarak gıda güvenliği, yoksulluk, eşitlik, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik kalkınma arasındaki dengeleri gözetmek zorunda kalacaktır.

### 3. Hayvancılık Sistemlerindeki Teknolojik Değişimler

Hayvan varlığı, 2018 yılına gelindiğinde, 2012 yılına kıyasla küresel ölçekte %46 civarında artmıştır. Bu artış kümes hayvanlarında beş kat, domuzlarda üç kat, küçükbaş ve büyükbaş hayvanlarda ise iki kat olmuştur (FAO, 2018). Hayvan sayısındaki artış, çiftliklerin yönetiminde, özellikle de çiftçi sayısının azaldığı ülkelerde bazı güçlükleri beraberinde getirmiştir. Hayvancılık sektöründe teknolojik uygulamaların artması, günlük yapılan işleri oldukça kolaylaştırmıştır. Teknolojik gelişmeler sayesinde, çiftçilerin hayvan hastalıklarını erken dönemlerde fark edip önlem alma fırsatları ortaya çıkmıştır (Schillings vd., 2021). Örneğin, Taneja vd. (2020), geliştirilen bir sistem sayesinde, çiftçilerin gözlemlerle farkına varabileceği bir topallığın % 87 oranında 3 gün önceden tespit edilebildiğini bildirmiştir. Benzer bir çalışma domuzlar üzerinde yürütülmüş ve kullanılan teknolojik cihazların, solunum problemlerini çiftçilerin ve veterinerlerin rutin gözlemleri ile kıyaslandığında 2 hafta öncesinden tespit edilebildiği tespit edilmiştir (Berckmans vd., 2015). Hastalıkların erken evrelerde teşhis edilmesi, dünya çapında önemli bir sorun olan ve hem hayvanlar hem insanlar üzerinde

antibiyotiklerin aşırı kullanılması nedeniyle ortaya çıkan antimikrobiyal direncin azaltılmasına da yardım edebilir (Trevisi vd., 2014; McEwen ve Collignon 2018). Ancak yeniliklerin kabulü ve uygulanması bir süreç gerektirmektedir. Örneğin, elle sağımdan makinelik sağıma geçilmesi neredeyse 150 yıl almıştır (Groher vd., 2020). Bu alanda daha fazla gelişme, 1980'lerde çiftçiler için emek verimliliği ve hayvanlarla ilgili çeşitli parametrelerin otomatik olarak kaydedilmesi gibi yeni avantajlar getiren sağım robotlarının tanıtılmasının yolunu açmıştır (Ordolff, 2001).

Robotik teknolojilerin hayvancılıkta kullanılması, işgücü ihtiyacını azaltmakta ve girdilerin daha etkili kullanımını sağlamaktadır (White, 2018). Çiftlik başına artan hayvan sayısı ve buna bağlı olarak azalan kaynak kullanımı, hayvan ve çevre dostu üretim sistemlerinin farkındalığı, tüm hayvancılık sisteminde kullanılan dijital teknolojiler vasıtasıyla yeni çözümleri gerektirmektedir (Berckmans, 2006).

Bu bağlamda akıllı tarım ve teknolojik uygulamaların önemi giderek artmıştır. Örneğin 67 farklı tedarikçiden sağlanan 129 ticari uygulama, süt işletmelerinde kullanılmaktadır (Stygar vd., 2021). Akıllı tarım, tarımsal üretimi arttırmak için ürün ve toprak yönetimi ile ürün verimini arttırmak ve bu süreçte kaynakları optimum düzeyde kullanarak çevreye verilen zararı en aza indiren tekniktir (Çakır ve İşlek, 2021). Büyükbaş hayvan adım ve lokasyon takibi, süt ölçüm ve süt sağım sistemleri takip çözümleri, akıllı ahır/mera ve sürü yönetim sistemleri, kümes takip sistemi, kovan takip sistemi gibi uygulamalar hayvancılıkta görülen akıllı tarım örnekleri olarak verilebilir.

Hayvanların takibinin sağlanması amacı ile yararlanılan ve uygun düşük frekanslı RFID (Radio Frequency Identification) cihazlarda bulunan barkod ve küpeler, belirtilen takibin en verimli ve etkili şekilde yapılmasını sağlar. RFID antenler, okuyucu modüller ve etiket teknolojileri kullanılarak hayvanlar hızlı ve güvenli bir şekilde tanımlanır. Ayrıca bu sayede veri toplama işi otomatik olarak yürütülür. RFID kulak küpesine kaydedilen doğum tarihi, kan ilişkisi, aşılarda ve üreme özellikleri gibi bilgiler, bilgisayar ortamında hayvanın takibini ve raporlamasını sağlamaktadır. Veri tabanına işletmede bulunan bütün hayvanlara ilişkin veriler aktarıldığı için, istatistik bilgilerin elde edilebilme ve kolaylıkla raporlanabilmektedir. Deri altına enjekte edilen ve hayvan vücudunun bir parçası haline gelen mini tüp etiketler, boyuna asılan veya kulağa iliştilen etiketlerle etiketleme yapılır. Bahsedilen elektronik etiketler sayesinde çiftlik yönetimi tamamen elektronik olarak ağırlık ölçümü, beslenme, üreme ve hastalık yönetimi gibi işlemleri takip edilmektedir. Ayrıca elde edilen veriler arşivlenebilmekte ve rapora dökülebilmektedir (BTİK, 2020).

RFID etiketler işlevleri gözönüne alındığında; aktif, pasif ve yarı aktif olarak üç gruba ayrılır (Doğan vd., 2016). Aktif etiketler içlerinde bulunan pil aracılığı ile iletişim sağlar. Okuma aralığı bakımından başarılıdır fakat maliyeti yüksektir. Bu yüzden pahalı öğelerin

tanımlanması ve izlenmesinde kullanılmaktadır (Domdouzis vd., 2007). Pasif etiketlerin içerisinde enerji kaynağı yoktur. Bu yüzden gerekli olan enerjiyi okuyuculardan sağlamaktadırlar. Okuyucu antene radyo sinyali gönderir. Etiket bu sinyali antenler yardımı ile alır. Böylece çipi çalıştırmak için gerekli olan gücü temin eder. Bir diğer ifade ile etiket, sinyalden alınan enerjiyi kullanarak işlevi yerine getirir. İletişim mesafesi nispeten düşüktür. Uygun maliyetli olması nedeniyle birçok sistemde kullanılabilir (Roberts, 2006). Yarı aktif etiketler ise kendilerine ait güç kaynakları olsa da bu kaynak sadece çipe enerji vermek için kullanılır. Pasif etiketler gibi okuyucudan yayılan elektromanyetik alanları üzerinden okuma işlemi gerçekleştirebilir ancak aktif etiketler gibi yayın yapamazlar (Karaca, 2010). Sadece hayvan tanımlama ya da izleme amaçlarıysa, pasif etiketler yeterlidir. Ancak sensörlü uygulamalardan faydalanılmak istenirse, mutlaka aktif ya da yarı aktif etiketler kullanılmalıdır (Chandrud vd., 2008). RFID etiketleri vücuda enjekte edilebilir. Rumen tipi etiketler dış etkenlere daha hassastır ama göreceli daha kompleks bir yapıları vardır (Hong, 2012). Enjekte edilen etiketlerin, hayvanların kesiminden sonra bu hayvandan elde edilen ürünlerin arasına karışma ihtimali vardır. Bu riski önlemek için alternatif elektronik etiketler tasarlanmıştır (Doğan vd., 2016). Rumen bolus etiket olarak adlandırılan bu etiketler seramik veya çelik materyalden yapılabilir (Fallon, 2001). Rossing (1999), Hong (2012) ve Varese vd. (2008) tarafından gerçekleştirilen birçok çalışmada, rumen bolusların diğer etiketlerden daha üstün olan özellikleri gösterilmiştir. Almanya, Fransa, İtalya, İrlanda, Hollanda, İspanya ve Portekiz'in katıldığı IDEA projesinde, yaklaşık 1 milyon RFID etiketinin % 72'sinin bolus tipi olduğu belirlenmiştir (Rossing, 1999; Wismans, 1999). Enjekte edilebilir etiketler özellikle küçük hayvanların izlenmesinde, kan basıncı ve vücut sıcaklığı gibi hayvana ait çeşitli verilerle entegre olan sensörler nedeniyle tercih edilmektedir (Volk ve Jansen, 2012; Catarinucci vd., 2012).

Elektronik bolus tipi etiketlerin, kaybolma ve yerinden oynamaya karşı en güvenilir etiket oldukları ispatlanmıştır (Volk ve Jansen, 2012). Bolus etiketler, hayvanların mide yapısı dikkate alınarak aside dayanıklı materyal ile paketlenir (Finkenzeller, 2003). Bolus tipi etiketler, hayvanlar ağız yoluyla verilir. Rumende kalıcı olarak yerleşmesi için farklı teknikler kullanılır. Bu tekniklerin önde gelenlerinden birisi, bolusun rumene yerleştikten sonra açılan kanat yapısıyla tutunmasıdır (Kılıç, 2011). Rumen bolusların ana kullanım amaçları arasında dış etkenlere karşı korunan bir kimliklendirme sağlamları ve rumenden elde edilen çeşitli veriler sayesinde hastalıkların izlenmesine imkan tanınmalarıdır (Doğan vd., 2016).

Öte yandan RFID sistemlerin mekanik zarar, toz ve aşırı sıcak veya soğuk kaynaklı çevresel zarar, zaman içinde etiketlerin okunmasında karşılaşılan zorluklar, ortamda bulunan diğer elektronik cihazların etkisiyle ortaya çıkan sorunlar gibi bazı handikapları da bulunmaktadır (Mennecke ve Townsend, 2005).

Hayvansal üretimde elektronik etiketleme sistemlerinin uygulanması ile ağırlık, suni tohumlama veri takibi ve hamilelik testi gibi birçok farklı işlemin takibi ve yönetilmesi, kontrol altında tutulması ve muhtemel olumsuz durumların önceden tespiti mümkün hale gelmektedir. Yukarıda anılanlara ilaveten büyükbaş hayvan adım ve lokasyon takibi ile hayvanların adım, lokasyon, ürün verimi ve kalitesi, yem takibi de yapılabilmektedir. Örnek vermek gerekirse, hastalığa yakalanan bir hayvanın adım sayısının azaldığının tespiti halinde, hayvandan elde edilen süt miktarının da azalması veya sütün kalite ve kıvamında değişiklik olduğunun gözlenmesi neticesinde kısa süre içerisinde gerekli müdahaleler yapılabilir. Bunun yanında nabız değerleri ve vücut ısısı gibi biyomedikal verilerin izlenmesi ile beraber süt ölçüm analizi yapıp sütün iletkenlik değeri dikkate alınıp içerdiği tuz oranında değişiklik ortaya çıkması ile iletkenlikte görülen artışın, hayvanda hastalık olma ihtimalini meydana çıkarması gibi veriler sayesinde hastalığa yönelik takip çözümleri sunulabilir. Sütün kalite ve miktarı, içerdiği besin değerlerinin yakından izlenmesi, üretim artışını etkilemektedir. Hastalıklara karşı erken müdahaleden hayvan doğum saatlerinin önceden bilinmesine kadar sayılabilecek avantajları sayesinde kayıpların asgari düzeye indirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu veriler pedometreler (adımsayar) ile toplanmaktadır. Pedometre hayvanın ayaklarına bağlanmaktadır ve sürü yönetim yazılımında bulunan özel algoritmalar sayesinde değerlendirilip, hayvana ait sağlık durumları ve kırgınlık hakkında yüksek doğrulukta bilgiler iletir.

Biyoteknoloji kullanımına ek olarak modern hayvancılık sistemlerine ve besleme tekniklerine küresel çapta uyum sağlanması, et ve süt üretiminin etkinliğini maksimize etmek için gereklilik haline gelmiştir (Neumeier ve Mitloehner, 2013). Bu durum, karbon ayak izindeki azalma eğilimi için de önemlidir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde 2007 yılında, 1977 yılında aynı miktarda et üretmek için kullanılan besi sığırının % 69.9'u, suyun % 87.9'u ve arazinin ise % 67'si kullanılmıştır (Capper, 2011). Bu dönem boyunca besi sığırları başına karbon ayak izi üretimi % 16.3 oranında azalmıştır (Neumeier ve Mitloehner, 2013). Bu azalışta, bitkisel üretimde, hayvancılık yönetim sistemleri, genetik ve besleme alanındaki teknolojik gelişmeler ile biyoteknoloji kullanımının önemli payı vardır. Söz konusu gelişmeler, aynı miktarda et elde etmek için gerekli olan besi sığırları sayısının azalmasını sağlamıştır. Bu nedenle de et üretimi için sığır başına, kaynak kullanımı ve gaz emisyonu da azalmıştır. Özellikle besi sığırılığında, kesime gelme için gerekli sürenin kısaltılması, çevresel kazançlara da katkıda bulunmaktadır. Capper ve Hayes (2012), biyoteknolojik uygulamaların besi sığırılığında kullanılmaması halinde, mevcut üretimi sağlamak için sürü büyüklüğünde % 11.8'e, işçi sayısında % 10.6'ya, arazi kullanımında % 10'a, su kullanımında % 4.2'ye, azot salınımında % 9.8'e ve fosfor salınımında % 10.6'ya kadar artış olacağını belirtmiştir (Capper, 2011).

Çevresel kazanımlar, hayvan gübresi yönetimine dair teknolojik uygulamalar ile de elde edilmektedir. Küresel ölçekte hayvan gübresi yönetimi, toplam tarımsal metan salınımının % 12-41'inden ve tarımsal azot oksit salınımının ise % 30-50'sinden sorumludur (Chadwick vd., 2011). Ayrıca, hayvancılık sektörü, dünyadaki ekilebilir arazinin üçte birini ve ulaşılabilir tatlı suyun % 8'ini kullanma, ormansızlaştırma ve biyoçeşitlilik kaybından sorumlu tutulmakta, küresel karbondioksit salınımının %15'ine neden olduğu iddia edilmektedir (Deloitte, 2017).

Hayvancılık faaliyetlerinin doğal kaynaklar üzerine etkisi, tüketiciler tarafından daha sık dile getirilmekte ve tüketicilerin yüksek kaliteli ürün alırken ürün hakkında ulaşılabilir bilgi talepleri de artmaktadır. Besi sığırcılığı 2015 yılında, toplam et tüketiminin sadece % 20'sini oluşturmasına rağmen, hayvansal et üretiminden kaynaklı gaz salınımının % 60'dan fazlasına sebep olmuştur. Bu durum, et tüketimi için besi sığırından farklı alternatiflere daha fazla yönelmek gerektiği ifade eden eleştirileri beraberinde getirmiştir. Gaz salınımının; en iyi yetiştiricilik pratikleri ile % 25, hassas besleme uygulamaları ile % 13, akıllı hayvan sağlığı ve refahı uygulamaları ile % 2.5, besi sığırına alternatif et kaynaklarının tüketimi ile % 28 oranında azaltılabileceği ifade edilmektedir (Deloitte, 2017). Küresel et tedarik zincirinde dijitalleşmenin, hayvan başına gaz salınımını azaltmanın yanında farklı faydaları da muhtemeldir. Bunlar arasında; kaynakların daha iyi dağılımı sayesinde atıkların azalması, tedarik zincirindeki aktörler için etkinliğin artırılması ve işletmelerdeki veri analizi gibi alanlar sayesinde istihdamın artırılması sayılabilir.

Gelişmiş dijital teknolojilerin çiftliklerde kullanılması hayvan başına ekonomik katkının optimize edilmesine, tekrarlanan angarya işlerin azaltılmasına ve daha etkili çözümlerin harekete geçirilmesine katkı sağlar. Bu eğilim, üreticiler, tüketiciler ve çiftlik hayvanları için karşılıklı fayda sağlayacak şekilde, yeni biyometrik sensörlerin kullanımı, büyük veri ve blok zinciri teknolojisi gibi konular üzerinde daha fazla araştırma yapılmasını desteklemektedir.

Biyometrik sensörler, vücut içine yerleştirilebildiği gibi vücudun üzerinde de bulunabilir. Bu sensörler her bir hayvanın gerçek zamanlı olarak sağlıkları, ahır içindeki hareketleri, yem tüketimleri ve davranışlarını takip edip çiftçilerin tüm popülasyonu buradan elde ettiği verilerle izlemesine imkân tanır. Biyometrik sensörlerden elde edilen gerçek zamanlı veriler işlenir ve büyük veri istatistiksel algoritmalara dayalı analitik sistemler kullanılarak entegre edilir (Neethirajan ve Kemp, 2021). Bu sayede çiftçiler, karmaşık veri setlerini, karar alma süreçlerini yönlendiren faydalı ve basit aletlere çevirir. Sensörler, blok zinciri teknolojisinin yardımıyla hayvansal ürünlerin tarladan sofraya gizli ve güvenli izlenebilirliğini sağlar. Bu durum, hayvan hastalıklarının patlak vermesinin izlenmesi ile ekonomik kayıpların ve gıda kaynaklı pandemilerin önlenmesinde kilit role sahiptir. Bunların yanında, şeffaf bir sürecin sağlanıp tüketicilerin güvenli gıda konusundaki taleplerini de tatmin etmesi bir diğer önemli noktadır. Potansiyel önemli

faydalarına rağmen, blok zinciri teknolojisi hayvancılık üzerindeki etkilerine dair sadece birkaç çalışma ile gıda endüstrisinde yaygın uygulama için hala gelişiminin erken aşamalarındadır (Picchi vd., 2019).

TIR şeklinde kısaltılan Thermal Infrared Imaging (termal kızılötesi görüntüleme) sayesinde, hayvanların vücutları içerisine yerleştirilmiş termometreler ile vücut sıcaklıkları izlenebilir. TIR, göz bölgesindeki ve tüm vücuttaki deri sıcaklığını sürekli bir şekilde izleyerek geleneksel yöntemlerden 4-6 gün önce hastalıkları tespit edebilir (Koltos vd., 2018). Bu sayede ise hem tedavi masrafları düşer hem hastalıkların tüm sürede yayılması önlenir (Martinez vd., 2021). Hayvan sağlığını izlemek için vücut üzerinde kullanılan sensörlerin en yaygınları; termometreler, adımsayarlar, radyo frekansı ile tanımlama etiketleri, mikrofonlar ve kameralardır. Bu sayılan uygulamalar, hayvanların vücut ısısı, hareket seviyeleri, öksürük ve horlama gibi ses farklılıkları, öfke ve kızgınlık gibi özel davranışlarını izlemeye olanak tanır (Benjamin ve Yik, 2019). Sensörlerin en önemli özelliklerinden birisi de hayvan hastalıklarının etkisinin ve yayılma hızının azaltılmasıdır. Hayvanların vücut sıcaklığı, davranışları, sesleri, pH dereceleri, metabolik faaliyetleri, vücutlarındaki patojen düzeyleri, toksin ve antibiyotik miktarları, sensörler aracılığıyla kolayca izlenebilmektedir. Günümüzde hayvancılık faaliyetlerinde aşırı antibiyotik kullanımı, insan sağlığı için büyük endişeleri de beraberinde getirmektedir (Mungroo ve Neethirajan, 2014). Bu şekilde biyosensör kullanımı, çiftçilere büyük ekonomik zararlar verebilen kuş gribi ve coronavirus gibi sorunlu patojenleri, paratüberküloz gibi zararlı bakterileri tespit etmekte kullanılabilir (Mungroo ve Neethirajan, 2014; Ahmed vd., 2017; Weng ve Neethirajan, 2018; Chand vd., 2018).

Süt üretimi yapılan işletmelerde, vücuda yerleştirilen sensörler sayesinde, çiftçilerin kendilerinin tespit etmesi mümkün olmayan sütteki yağ ve protein oranı, somatik hücre sayısı, projesteron ve antibiyotik miktarı kolayca öğrenilebilir (White, 2018). Biyometrik sensörler, hastalıkların yayılma durumunu izlerken iltihapları tespit eden biyogöstergeleri de tespit edebilir (Tuteja ve Neethirajan, 2018). Örneğin, TIR, hastalıklı ayakların tespiti için ayak görüntüleri almakta kullanılmaktadır (Jorquera-Chavez vd., 2019). Biyometrik sensörlerin, sığırlarda su tüketiminin izlenmesindeki faydası da kanıtlanmıştır. Radyo frekansı ile tanımlama etiketleri ve adımsayarlar kullanılarak yapılan bir çalışmada, hayvan davranış şekillerinin % 95 doğruluk oranı ile doğru sınıflandırıldığı gözlenmiştir (Williams vd., 2020).

Biyometrik sensörlerin ve biyosensörlerin hayvan sağlığı ve refahını izlemede kullanılması, hayvanların yönetimine anlamlı bakış açısı sağlamak için işlenmesi ve analiz edilmesi gereken büyük miktarda verilerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu durum, elde edilen büyük verinin ve karmaşık veri setlerinin hassas analizini gerektirir (Wolfert vd., 2017). Büyük veri; verilerin görsel olarak incelenmesini imkansız hale getiren birçok değişkenin, geleneksel istatistik teknikleri için uygun olmayan dağılık verilerin yer aldığı, çok sayıda satır ve sütun içeren veri kümeleri olarak tanımlanır (Morora vd.,

2018). Büyük veri ve yapay zeka uygulamaları, mümkün olan en iyi gözetim ile çiftçilere hayvancılık işletmelerini etkili bir şekilde yönetme olanağı sağlamaktadır (White, 2018). Büyük veri modelleri, sensörlerden bilgi alır, işler ve sonra verilerde hayvanlar üzerinde etkili olabilecek anormallik tespit etmek için kullanır. Büyük veri, dört anahtar özelliği ile karakterize edilir (Wolfert vd., 2017; Koltjes vd., 2019);

- I. Hacim: verinin kalitesi.
- II. Hız: verinin elde edilme veya kullanılma hızı.
- III. Çeşitlilik: verinin farklı formları ve
- IV. Doğruluk: verinin artırılması ve düzenlenmesi.

İfade edilen avantajlarına rağmen hayvancılığa yönelik teknolojilerin gelişmesi ve özellikle de uygulanması konusunda bazı çekinceler de vardır. Bu çekincelere; altyapı yetersizliği, mevcut teknolojilerin kısıtlı ülkelerde geliştiriliyor olması nedeniyle birçok ülkenin ithalatçı konumunda olmasının maliyet açısından çiftçileri zorlaması, çiftçilerin bilişim okuryazarlığının yetersiz olması, mevcut tarım makineleri parklarının ve envanterlerinin eski olması örnek verilebilir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Küresel olarak hayvancılık sistemlerinin geleceği nedir? Çeşitli değerlendirmeler, büyük ölçüde insan nüfusu tarafından yönlendirilen talepteki artışların büyümesinin, gelir artışı ve kentleşmenin de katkısıyla en azından önümüzdeki otuz yıl boyunca devam edeceğini belirtmektedir. Gelecekte de hayvansal üretimin artması muhtemeldir. Ancak gelişmiş ülkelerdeki talep artışı, insan sağlığıyla ilgili endişeler ve değişen sosyo – kültürel değerler nedeniyle oldukça durgun bir seyir izleyebilir. İlerleyen yıllarda hayvancılık sektöründe gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki karakteristik farklılıkların artması muhtemeldir. Fakat dünyanın farklı bölgelerinde hangi itici güçlerin meydana geleceği oldukça belirsizdir. Bu noktada, teknolojik gelişmeleri benimseyen ve uygulayan ülkelerin, daha avantajlı olacağı düşünülmektedir.

Bahsedilen avantajlardan daha fazla ülkenin ve üreticinin faydalanabilmesi için özellikle yüksek yatırım maliyeti konusunda çiftçilerin çekinceleri ortadan kaldırılmalıdır. Devlet desteklemeleri ile teknolojik uygulamalara yönelmek isteyen çiftçilerin desteklenmesi gerekmektedir. Dünyada 5G teknolojilerinin her geçen gün daha aktif halde kullanılması sayesinde; çiftçilere teknik altyapı ve eğitimin sağlanması, e-tarım uygulamalarında standart belirleyici mevzuatların hayata geçirilmesi, altyapı yatırımlarının mobil operatörler ile yaygınlaştırılması, 5G kullanımına yönelik üretilecek hayvansal alet, ekipman ve yazılımların teşviklerle desteklenmesi halinde söz konusu çekinceler ortadan kaldırılabilir.

En umut verici hayvancılık teknolojisi gelişmelerinden bazıları, biyometrik ve biyolojik sensörleri, büyük verileri ve blok zinciri teknolojilerini içermektedir. Sensörler, çiftçilerin hayvan sağlığı ve refahı hakkında gerçek zamanlı veriler toplamasına olanak tanıyarak, sürdürülebilir ve güvenli bir gıda tedarikini devam

ettirmek için proaktif yönetim stratejilerini uygulamalarına yardımcı olur. Büyük veri analitiği, sensör verilerini çiftçiler için anlamlı ve eyleme geçirilebilir çıktılara dönüştürür. Blok zinciri teknolojisi, hayvancılık faaliyetlerini daha şeffaf ve izlenebilir hale getirerek tüketici güvenini artırır ve stratejik öneme sahip olan gıda güvenliğini güçlendirir. Tabii ki, hayvancılıkta hiçbir büyük ilerleme potansiyel dezavantajlar olmadan gelmez. Bu dezavantajların tanımlanması ve dikkatlice ele alınması gerekir. Dünya çapında bakıldığında, hayvancılık teknolojileri hala çiftliklerde uygulamanın ilk aşamalarında ve bu teknolojilerin çiftçiler ve tüketiciler tarafından geniş çapta kabul edilebilmesi için bir takım sorunların düzeltilmesi gerekecektir.

Bir sonuç olarak, hayvansal üretimde yenilikçi teknolojilerin kullanımı bir yandan hayvan sağlığı ve refahına katkı sağlarken, diğer yandan daha verimli ve kaliteli hayvansal ürünler elde edilmesi sonucu uzun vadede maliyet azaltıcı etkisi ile hayvansal üretimin ekonomik sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlayacaktır.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### 5. Kaynaklar

- Ahmed, S. R., Nagy, E., & Neethirajan, S. (2017). Self – assembled star – shaped chiroplasmonic gold nanoparticles for an ultrasensitive chiro – immunosensor for viruses. *RSC Advances*, 7(65), 40849-40857. 10.1039/C7RA07175B.
- Alary, V., Corniaux, C., & Gautier, D. (2011). Livestock's contribution to poverty alleviation: how to measure it? *World Development*, 39(9), 1638-1648.
- Alders, R. B., Campbell, A., Costa, R., Guèye, E. F., Hoque, E. A., Perezgrovas-Garza, R., Rota, A., & Wingett, K. (2021). Livestock across the world: diverse animal species with complex roles in human societies and ecosystem services. *Animal Frontiers*, 11(5), 20-29.
- Benjamin, M., & Yik, S. (2019). Precision livestock farming in swine welfare: a review for swine practitioners. *Animals*, 9(4), 1-21. <https://doi.org/10.3390/ani9040133>.
- Berckmans, D. (2006). Automatic online monitoring of animals by precision livestock farming. *Livestock Production and Society*, 287, 27-30.
- Berckmans, D., Hemeryck, M., & Berckmans, D. (2015). Animal sound talks! In *real-time sound analysis for health monitoring in livestock*. (pp. 1-8)
- BTİK (2020). Akıllı Tarım. Sektörel Araştırma ve Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı.
- Capper, J. L. (2011). The environmental impact of beef production in the United States: 1977 compared with 2007. *Journal of Animal Sciences*, 89, 4249-4261.
- Capper, J., & Hayes, D. (2012). The Environmental and economic impact of removing growth – enhancing technologies from United States beef production. *Journal of Animal Sciences*, 90, 3527-3537.
- Catarinucci, L., Colella, R., Mainetti, L., Mighali, V., Patrono, L., Sergi, I., & Tarricone, L. (2012). An innovative animals tracking system based on passive UHF RFID technology. In *SoftCOM 2012, 20th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks*. (pp. 1-7)
- Chadwick, D., Sommer, S., Thorman, R., Fanguero, D., Cardenas, L., Amon, B., & Misselbrook, T. (2011). Manure management:

- implications for greenhouse gas emissions. *Animal Feed Science Technology*, 166, 514-531.
- Chand, R., Wang, Y. L., Kelton, D., & Neethirajan, S. (2018). Isothermal DNA amplification with functionalized graphene and nanoparticle assisted electroanalysis for rapid detection of johnhe's disease. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 261, 31-37, <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.01.140>.
- Chandrud, W., Wisanmongkol, J., & Ketprom U. (2008). RFID for Poultry Traceability System at Animal Checkpoint. In *Proceedings of ECTI-CON*. (pp. 753-756)
- Çakır, A., & İşlek, F. (2021). Türkiye'de Organik Tarım ve Agro – Ekolojik Gelişmeler. In *Türkiye'nin Akıllı Tarım (Tarım 4.0) Potansiyeli*. (pp. 155-174)
- Delgado, C. (2005). Rising demand for meat and milk in developing countries: implications for grasslands based livestock production. In *grassland: global resource*. (pp. 29-39).
- Deloitte (2017). Smart livestock farming, potential of digitalization for global meat supply. No. 11, Discussion Paper, Deloitte.
- Doğan, H., Çağlar, M. F., Yavuz, M., & Gözel, M. A. (2016). Use of Radio Frequency Identification Systems on Animal Monitoring. *Suleyman Demirel University International Journal of Technological Science*, 8, 38-53. <https://doi.org/10.1002/mmcce.21674>
- Domdouzis, K., Kumar, B., & Anumba, C. (2007) Radio Frequency Identification (RFID) Applications: A Brief Introduction. *Advanced Engineering Informatics*, 21, 350-355.
- Fallon, R. J. (2001) The development and use of electronic ruminal boluses as a vehicle for bovine identification. *Revue Scientifique et Technique Office International*, 20(2), 480-490.
- FAO (2006). World agriculture: towards 2030/2050. interim report, global perspective studies unit.
- FAO (2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases.
- FAO (2018). World livestock: transforming the livestock sector through the sustainable development goals. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2019). The future of livestock in Nigeria. in: opportunities and challenges in the face of uncertainty: Guidelines. FAO, Rome.
- Finkenzeller, K. (2003). *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Groher, T., Heitkampfer, K., & Umstätter, C. (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. *Animal*, 14(11), 2404-2413. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001391>
- Gwaka, L.T. (2017). Digital technologies and sustainable livestock systems in rural communities. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 81(6), 1-24.
- Hong-Da, W. (2012). Application of radio frequency identification (RFID) in diary information management. *Journal of Northeast Agricultural University*, 19, 78-81.
- Jorquera-Chavez, M., Fuentes, S., Dunshea, F. R., Jongman, E. C., & Warner, R. D. (2019). Computer vision and remote sensing to assess physiological responses of cattle to pre – slaughter stress, and its impact on beef quality: a review. *Meat Science*, 156, 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.007>.
- Karaca, S. (2010). *Personal Tracking System with RFID*. (Master's Thesis, Maltepe University Graduate School of Natural and Applied Science)
- Kılıç, U. (2011). Use of Wireless Rumen Sensors in Ruminant Nutrition Research. *Asian Journal of Animal Sciences*, 5(1), 46-55.
- Koltes, J. E., Koltes, D. A., Mote, B. E., Tucker, J., & Hubbell, III D. S. (2018). Automated collection of heat stress data in livestock: new Technologies and opportunities. *Translational Animal Science*, 2(3), 319-323. <https://doi.org/10.1093/tas/txy061>.
- Koltes, J. E., Cole, J. B., Clemmens, R., Dilger, R. N., Kramer, L. M., Lunney, J. K., McCue, M. E., McKay, S. D., Mateescu, R. G., Murdoch, B. M., & Reuter, R. (2019). A Vision for Development and Utilization of High Throughput Phenotyping and Big Data Analytics in Livestock. *Frontiers in Genetics*, 10, 1197.
- Maddison, A. (2003). *The world economy: historical statistics*. OECD publishing.
- Martinez, B., Reaser, J. K., Dehgan, A., Zamft, B., Baisch, D., McCormick, C., Giordano, A. J., Aicher, R., & Selbe, S. (2020). Technology innovation: advancing capacities for the early detection of and rapid response to invasive species. *Biol Invasions*, 22(1), 75-100. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02146-y>.
- McEwen, S. A., & Collignon, P. J. (2018). Antimicrobial resistance: a one health perspective. *Microbiology Spectrum, Clinical Microbiology*, 6(2), 1-26.
- Mennecke, B., & Townsend, A. (2005). Radio Frequency Identification Tagging as a Mechanism of Creating a Viable Producer's Brand in the Cattle Industry. MATRIC Research Paper 05-MRP 8.
- Morota, G., Ventura, R. V., Silva, F. F., Koyama, M., & Fernando, S. C. (2018). Big data analytics and precision animal agriculture symposium: machine learning and data mining advance predictive big data analysis in precision animal agriculture. *Journal of Animal Science*, 96(4), 1540-1550. <https://doi.org/10.1093/jas/sky014>.
- Mungroo, N. A., & Neethirajan, S. (2014). Biosensors for the detection of antibiotics in poultry industry-a review. *Biosensors*, 4(4), 472-493. <https://doi.org/10.3390/bios4040472>.
- Neethirajan, S., & Kemp, B. (2021). Digital livestock farming. *Sensing and Bio – Sensing Research*, 32, 100408, 1-12.
- Neumeier, C. J., & Mitloehner, F. M. (2013). Cattle biotechnologies reduce environmental impact and help feed a growing planet. *Animal Frontiers*, 3(3), 36-41.
- Ordoloff, D. (2001). Introduction of electronics into milking technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 30, 125-149.
- Picchi, V. V., Castro, E. F., Marino, F. C., & Ribeiro, S. L. (2019). Increasing the confidence of the Brazilian livestock production chain using blockchain. In *Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Blockchain Technology and Application*. (pp. 93-98)
- Roberts, C. M. (2006). Radio frequency identification (RFID). *Computer & Security*, 25, 18-26.
- Rosegrant, M. W., Cai, X., & Cline, S. A. (2002). Global water outlook to 2025, averting an impending crisis. a 2020 vision for food, agriculture, and the environment initiative. Washington, DC: IFPRI and IWMI. International Water Management Institute.
- Rosegrant, M. W., McIntyre, B. D., Herren, H. R., Wakhungu, J., & Watson, R. T. (2009). Looking into the future for agriculture and AKST (agricultural knowledge science and technology). In *agriculture at a crossroads*. (pp. 307-376).
- Rossing, W. (1999). Animal Identification: Introduction and History. *Computers and Electronics in Agriculture*, 24, 1-4.
- Schillings, J., Bennett, R., & Rose, D. C. (2021). Exploring the potential of precision livestock farming technologies to help address farm animal welfare. *Frontiers in Animal Science*, 2, 639678.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). Livestock's long shadow: environmental issues and options. Food & Agriculture Org.
- Stoyanov, K., Zhelyazkov, G., & Nikolay, P. (2021). Digitalization of processes in livestock farming: software solutions in the case of Bulgaria. *SHS Web of Conferences*, 120, 1-6. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112002010>
- Stygar, A. H., Gómez, Y., Bertesell, G. V., Costa, E. D., Canall, E., Niemi, J. K., Llonch, P., & Pastell, M. A. (2021). Systematic review on commercially available and validated sensor technologies for welfare assessment for dairy cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 634338, 1-15.
- Taneja, M., Byabazaire, J., Jalodia, N., Davy, A., Olariu, C., & Amalone, P. (2020). Machine learning based fog computing assisted data – driven approach for early lameness detection in dairy cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*, 171, 105286.
- Thornton, P. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophy Transactions of the Royal Society*, 365, 2853-2867
- Trevisi, E., Zecconi, A., Cogrossi, S., Razzuoli, E., Grossi, P., & Amadori, M. (2014). Strategies for reduced antibiotic usage in dairy cattle farms. *Research in Veterinary Science*, 96, 229-233. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2014.01.001>
- Tuteja, S. K., & Neethirajan, S. (2018). Exploration of two – dimensional bio – functionalized phosphorene nanosheets (black phosphorous) for label free haptoglobin electro – immunosensing applications, *Nanotechnology*, 29(13), 135101. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/aaab15>.
- UNFPA (2008). United Nations Population Fund. The state of world population 2007: unleashing the potential of urban growth. 2008. United Nations Population Fund.
- UNPD (2008). United Nations Population Division. The 2006 Revision and world urbanization prospects: the 2005 revision. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects.

- Van Vuuren, D. P., McIntyre, B. D., Herren, H. R., Wakhungu, J., & Watson, R. T. (2009) Outlook on agricultural change and its drivers. In *agriculture at a crossroads*. (pp. 255-305)
- Varese, E., Buffagni S., & Percivale F. (2008). Application of RFID technology to the agro industrial sector: analysis of some case studies. *Journal Commodity Science and Technological Quality*, 47, 171-179.
- Volk, T., & Jansen, D. (2012). Implantable RFID sensor platform to monitor vital functions of small animals controlled by network based software. In *Smart SysTech 2012; European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies*. (pp. 1-6)
- White, M. (2018). Emerging agricultural technologies: consumer perceptions around emerging agtech. ISBN 978-1-76053-013-6 ISSN 1440-6845 Publication No. 18/048 Project No. PRJ-011141, 97 P, Sydney.
- Weng, X., & Neethirajan, S. (2018). Immunosensor based on antibody – functionalized MoS 2 for rapid detection of avian coronavirus on cotton thread. *IEEE Sensors Journal*, 18(11), 4358-4363. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2018.2829084>.
- Williams, L. R., Moore, S. T., Bishop-Hurley, G. J., & Swain, D. L. (2020). A sensor – based solution to monitor grazing cattle drinking behaviour and water intake. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168, 105141, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105141>.
- Wismans, W. M. (1999). Identification and Registration of Animal in the European Union. *Computers and Electronics in Agriculture*, 24, 99-108.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>.
- World Bank (2009) Minding the stock: bringing public policy to bear on livestock sector development. Report no. 44010-GLB. Washington, DC.