

# JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE AND PRODUCTS

● Volume: 7

● Number: 1

● Year: 2024



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

**SAHİBİ / OWNER: Zootekni Federasyonu**

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

**BAŞ EDİTÖR / EDITOR IN CHIEF**

Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye

**YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD**

Prof. Dr. Arda YILDIRIM, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Mehmet Ulaş ÇINAR, Erciyes Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Metin YILDIRIM, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Yusuf KONCA, Erciyes Üniversitesi, Türkiye  
Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ERKAN, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye  
Dr. İsmail MERT, Zootekni Federasyonu Başkanı, Türkiye

**İNGİLİZCE EDİTÖRÜ / ENGLISH EDITOR**

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

**SEKRETERYA / SECRETARY**

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

**ALAN EDİTÖRLERİ / SECTION EDITORS**

Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Arda YILDIRIM, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Khalid JAVED, University of Veterinary and Animal Sciences, Lahore, Pakistan  
Prof. Dr. Mehmet Ulaş ÇINAR, Erciyes Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Mesut TÜRKOĞLU, Ankara Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Metin YILDIRIM, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Yusuf KONCA, Erciyes Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Zafer ULUTAŞ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye  
Doç. Dr. Dal Bosco ALESSANDRO, Università degli Studi di Perugia, İtalya  
Doç. Dr. İlknur UÇAK, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye  
Doç. Dr. Muhammad Kamal SHAH, Gomal University, Dera Ismael Khan, Pakistan  
Doç. Dr. Tahereh MOHAMMADABADI, Ramin Agriculture and Natural Resources  
University, Iran  
Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ERKAN, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye  
Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇELİKYÜREK, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye  
Dr. Hoda Javaheri BARFOUROOSHI, Department of Physiology and Reproduction, Animal  
Science Research Institute, Iran

**TARANDIĐI İNDEKLER / INDEXED BY**

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

**YER VE İLETİŐİM / HOME and CONTACT**

Zootekni Federasyonu  
Tuna Caddesi Halk Sokak Kùltür Apt. No: 20 / 7 Sıhhiye-Ankara

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

**Cilt (Volume) : 7**  
**Sayı (Number): 1**

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

ANKARA, 2024

**e-ISSN : 2667-4580**

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

---

Dr. Ayhan GÖSTERİT	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye
Dr. Cemil TÖLÜ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye
Dr. Ertuğrul KUL	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye
Dr. Füsun COŞKUN	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye
Dr. Güray ERENER	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye
Dr. İbrahim Cihangir OKUYUCU	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye
Dr. Jale METİN KIYICI	Erciyes Üniversitesi, Türkiye
Dr. Koray KIRIKÇI	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye
Dr. Rahşan İVGİN TUNCA	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye
Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT	Atatürk Üniversitesi, Türkiye
Dr. Serdar GENÇ	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye
Dr. Şeniz ÖZİŞ ALTINÇEKİÇ	Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye
Dr. Yaşar ERDOĞAN	Bayburt Üniversitesi, Türkiye
Dr. Yusuf KONCA	Erciyes Üniversitesi, Türkiye

---

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

---

Dr. Arda YILDIRIM	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye
Dr. Aziz ŞAHİN	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye
Dr. Cengiz ERKAN	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye
Dr. Ertuğrul KUL	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye
Dr. Feyzi UĞUR	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye
Dr. İbrahim CEMAL	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Türkiye

---

## İçindekiler / Contents

### Araştırma Makaleleri / Research Articles

---

- ◆ Type Traits of Holstein-Friesian and Red-Holstein Cows Raised Together in a Private Farm in Aydın Province 1-11  
*Frederic NDIHOKUBWAYO, Atakan KOÇ*
- ◆ Anadolu Mandalarının İlk Üç Laktasyonlarına Ait Laktasyon Eğrisi Parametrelerinin ve Eğri Şeklinin Belirlenmesi 12-18  
*Aziz ŞAHİN, Yüksel AKSOY, Zafer ULUTAŞ, Arda YILDIRIM, Özden SARIKAYA*
- ◆ Anadolu Arısı Muğla Ekotipi ve Kafkas Melezi Kolonilerde Üretilen Arı Sütlerinde 10-Hidroksi-2-Dezanoik Asit, Toplam Protein ve Majör Arı Sütü Proteinlerinin Belirlenmesi 19-29  
*Emine ASLAN UZGÖREN, Aytül UÇAK KOÇ*
- ◆ Neonikotinoid İsektisitlerin Bombus (*Bombus terrestris* L.) Arısı Bireylerinde Hafıza ve Öğrenme Davranışına Etkisi 30-41  
*İsmail Yaşhan BULUŞ, Selcan TİMÜROĞLU, Ayhan GÖSTERİT*

### Derleme Makaleleri / Review Articles

---

- ◆ Cashew (*Anacardium Occidentale* L.) Products and Byproducts: Nutrient Constituents and Nutritional Benefits in Livestock Diets 42-62  
*Taiwo OJEDIRAN, Olufela AKANDE, Adewale EMIOLA*
  - ◆ Çiftlik Hayvanlarında Seleksiyon İzlerinin Tanımlanmasında Kullanılan Kavram ve Yaklaşımlar 63-82  
*Mustafa KARABAŞ, Onur YILMAZ*
  - ◆ Havacılıkta Canlı Hayvan Taşımacılığı 83-98  
*Billur ÜNSAL, Didem RODOPLU ŞAHİN*
-



## Type Traits of Holstein-Friesian and Red-Holstein Cows Raised Together in a Private Farm in Aydın Province

Frederic NDIHOKUBWAYO\*<sup>1</sup>, Atakan KOÇ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, 09100, Aydın, Türkiye

Frederic NDIHOKUBWAYO, ORCID No: [0000-0003-4491-4464](https://orcid.org/0000-0003-4491-4464), Atakan KOÇ, ORCID No: [0000-0001-5324-4154](https://orcid.org/0000-0001-5324-4154)

### ARTICLE INFO

#### Research Article

*This article was summerized from thesis research that still goes on.*

Received: 03.01.2024

Accepted: 09.02.2024

#### Keywords

Dairy cattle  
Linear type traits  
Udder traits  
Foot and leg traits  
Conformation

#### \* Corresponding Author

Ndihokubwayofrederic2017@mail.com

### ABSTRACT

This study was aimed at comparing the conformation traits of two different cattle breeds such as Holstein-Friesian (HF) and Red-Holstein (RH) cows raised together in a farm in Aydın, Türkiye. In this study, 102 HF and 19 RH cows in different lactations numbers (LN) forming a total of 121 cows were used. The type traits were determined using Linear Type Traits (LTT) based on 9 points scoring system and non-linear 100 points method. The LTT were composed of body traits such as Stature (St), Chest Width (CW), Body Depth (BD), Rump Angle (RA), Rump Width (RW) and Body Condition Score (BCS); foot and legs traits: Rear Legs Set Angle (RLA), Rear Legs Rear View (RLV), Real Legs Knee Structure (RLS) and Foot Angle (FA); udder traits: Fore Udder Attachment (FUA), Rear Udder Height (RUH), Rear Udder Width (RUW), Central Ligament (CL), Udder Depth (UD), Rear Teat Placement (RTP), Fore Teat Length (FTL) and Mammary Acuity (MA); and according to the non-linear 100 points method: Dairy Strength (DS, 15%), Frame (20%), Foot and Legs (FL, 25%) and Udder (40%). The results of variance analysis showed that no differences between breeds and LN were found in body composite traits while, for Foot and Legs traits, only the RLA was found significant ( $P<0.05$ ) between first and second lactations and the overall mean score was  $5.64\pm 0.91$ . As for udder traits, the FUA ( $P<0.01$ ), RUW ( $P<0.05$ ) and UD ( $P<0.01$ ) for LN were found significant and averages were  $5.01\pm 1.02$ ,  $5.35\pm 0.97$ ,  $7.52\pm 1.82$ , respectively. For 100 scoring method, only udder traits were found significant ( $P<0.05$ ) for LN and the mean was  $83.51\pm 1.10$ . As result, even though there wasn't any important difference between the type traits of breeds, significant differences were obtained between LN in most udder traits.

## Aydın İlinde Bir İşletmede Birlikte Yetiştirilen Siyah-Alaca ve Kırmızı-Alaca İneklerin Tip Özellikleri

### MAKALE BİLGİSİ

#### Araştırma Makalesi

*Bu makale halen devam eden tez araştırmasından derlenmiştir.*

Geliş: 03.01.2024

Kabul: 09.02.2024

### ÖZ

Bu çalışmada, Aydın ilinde özel bir işletmede birlikte yetiştirilen Siyah-Alaca (SA) ve Kırmızı-Alaca (KA) ırkı süt sığırlarının dış görünüş özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada farklı laktasyon sırasında olan 102 baş SA ve 19 baş KA, toplamda da 121 baş inek kullanılmıştır. Tip özelliklerinin değerlendirilmesi, 9 puanlık sisteme (Doğrusal Tip Özellikleri, DTÖ) ve 100 puanlık sisteme göre yapılmıştır. DTÖ olarak Vücut yapısı için Sağrı

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

Ndihokubwayo, F., Koç, A., 2024. Type traits of Holstein-Friesian and Red-Holstein Cows raised together in a private farm in Aydın Province, Journal of Animal Science and Products (JASP) 7 (1): 1-11. DOI: [10.51970/jasp.1414198](https://doi.org/10.51970/jasp.1414198)

---

**Anahtar Kelimeler**

Süt sığırtı  
Doğrusal tip özellikleri  
Meme özellikleri  
Ayak ve bacak özellikleri  
Konformasyon

---

**\* Sorumlu Yazar**

Ndihokubwayofrederic2017@mail.com

Yüksekliđi (SY), Göğüs Genişliği (GG), Beden Derinliđi (BD), Sağrı Eğimi (SE), Sağrı Genişliği (SG) ve Vücut Kondisyon Puanı (VKP); Ayak ve Bacak özellikleri için Arka Bacak Açısı (ABA), Arka Bacak Duruşu (ABD), Arka Diz Yapısı (ADY) ve Tırnak Taban Yüksekliđi (TTY); Meme özellikleri için ise Ön Meme Bağlantı Açısı (ÖMBA), Arka Meme Yüksekliđi (AMY), Arka Meme Genişliği (AMG), Meme Merkez Bağı (MMB), Meme Taban Yüksekliđi (MTY), Arka Meme Başı Yerleşimi (AMBY), Ön Meme Başı Uzunluğu (ÖMBU) ve Meme Arılığı (MA) puanlanmıştır. Doğrusal olmayan 100 puanlık sisteme göre ise Süt Tipi (ST, %15), Beden (%20), Ayak ve Bacak (AB, %25) ve Meme (%40) özellikleri puanlanmıştır. Varyans analizi sonucuna göre, vücut yapı özelliklerinde ırk ve laktasyon sıraları arasında önemli bir farklılık bulunmazken, Ayak ve Bacak özelliklerinde sadece genel ortalaması 5.64±0.91 olan ABA özelliği için birinci ve ikinci laktasyon sıraları arasında önemli farklılık (P<0.05) elde edilmiştir. Meme yapısı bakımından ise laktasyon sırası etkisi ÖMBA (P<0.01), AMG (P<0.05) ve MTY (P<0.01) özellikleri için önemli bulunmuş ve bu özelliklerin genel ortalaması sırasıyla 5.01±1.02, 5.35±0.97 ve 7.52±1.82 dir. Laktasyon sırası etkisi 100'lük puanlama sisteminde sadece genel ortalaması 83.51±1.10 olan meme özelliği için önemli (P<0.05) bulunmuştur. Sonuç olarak ırkların tip özellikleri arasında önemli bir farklılık olmamasına karşın, meme özelliklerinin çoğunda laktasyon sıraları arasında önemli farklılıklar elde edilmiştir.

---

## Introduction

Cattle production is of great importance in global incomes of the countries worldwide and cattle production generally means fertility, milk and beef productions. It is then preferable to achieve high production in order to increase benefits, allowing the cattle production industries to progress and contribute to national economies. The fact of cattle to withstand the high production for a long time is called longevity and needs a special structure of the cow, which is based on measurable external appearance. Duru (2005) confirmed that the fact of selecting breeding animals by appearance features is the oldest feature. The selection was held by focussing on appearance characteristics such as color of the coat, horniness and body size and such features were prioritized till mid 1900's while the productivity of the animal was taken as an auxiliary criteria (Künzi, 1994). The measurable external appearance characteristics are called type traits and constitute the subject of this study. Those appearance characteristics are generally transferred generation to generation by heredity and scientists have determined heritabilities for each characteristic of type trait. The type traits must be the selection tool in addition to genetics and type traits gained great importance while taking decision in terms of selection for reproduction (Schneider et al., 2003), milk production, longevity and culling (Zavadilová and Štípková, 2012) of dairy cows. The type traits are also predictors of body weight (Veerkamp and Brotherstone, 1997; Berry et al., 2004), fertility (Pryce et al., 1998; Royal et al., 2002; Harris, 2015) and health (Rogers et al., 1991; Pryce et al., 1998; Juozaitiene et al., 2006). Within this context, the classifiers must not evaluate cows as good or bad but focus on visible and measurable appearances and this kind of evaluation is used to grade the bulls by measuring the traits of their daughters (Boettcher et al., 1997; Güler et al., 2020).

The idea of using type traits in cattle was first introduced in 1976 and later implemented in 1979 using linear analysis 1979 (Lucas et al., 1984; Vinson et al., 1982). The type traits were



also used by the Holstein Association in 1983 and since then, every country developed its own linear appraisal system and later, in 1997, it was developed a basic standard system for Holstein cattle. Conformation recording in Türkiye began in 1995 and this activity started training a group of 10 persons by foreign experts till the year 1999 when a proper system was established and results were published by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs in the year 2000 (Şahin, 2011). There are a lot of scoring scale systems. The one used by Funk and Hansen (1991) use the scoring scale from 1 to 50 scores. The other and common developed by the International Conformation Recording Association (ICAR, 2018) uses 1 to 9 scores. The preference for conformation traits is that cattle must have strong feet and legs to support the entire body, the body must also be strong and well developed and high capacity udder to withstand high milk production, and so on. In this context, studies have demonstrated that the type traits have a relationship with herd life, profitability, longevity, udder health, milk components and somatic cells in dairy cows (Gengler et al., 1997; Rogers et al., 1998). There are two developed method for determining the conformation traits such as Linear Type Traits (LTT) using 1-9 scale scoring system and 100 scoring method but this one is accused to be subjective and is no longer preferred for use in type traits recording. Wesseldijk (2004) confirmed that udder traits are nowadays widely accepted as selection tool and have gained great importance in most breeding schemes. In the same context, together with udder traits, the foot and legs traits were also given importance in dairy breeding selection but other traits such as body traits were not given great importance (Wesseldijk, 2004). This study had the objective of comparing the conformation traits of two different dairy cattle breeds such as Holstein-Friesian (HF) and Red-Holstein (RH) cows raised together in a private dairy farm in Aydın, Türkiye.

## **Materials and Methods**

### ***Sampling farm and animal materials***

During this study, the animals that were used are from a private farm located in Cincin District, Koçarlı/Aydın/Türkiye, containing HF and RH dairy cows raised together, with the total number of animal  $n = 121$  heads (102 HF and 19 RH) that are in different parities. The lactation numbers were grouped into four groups such as 1, 2, 3, 4+ but the fourth groups was including the cows in fourth parities and plus because there were few cows in fifth and plus parities.

### ***Type traits***

For the type traits, it was used the 100 points method and LTT (9 points system). The farm was visited once a month from February to August and after 2 h from the milking the cows whose lactation period is between 30-150 days were evaluated. The 100 points system is based on Dairy strength (DS, 15%), Frame (20%), Foot and leg (FL, 25%) and Udder (40%); while the linear (9 points) system refers to Stature, Chest Width, Body Depth, Rump Angle, Rump Width, Rear Legs Set Angle, Rear Legs Rear View, Rear Legs Knee Structure, Foot Angle, Fore Udder Attachment, Rear Udder Height, Rear Udder With, Central Ligament, Udder Depth, Fore Teat Length, Rear Teat Placement, Mammary Acuity and Body Condition Score. Each

character was measured alone and was given the score out of 9. For deep understanding, the used linear type traits were defined in Table 1.

Table 1. Definition of limit of the traits according to the scores as proposed by ICAR (2018)

*Tablo 1. ICAR (2018) tarafından önerilen puanlara göre özelliklerin tanımlanması*

Traits	Abbreviations	Scores		
		1-3	4-6	7-9
Stature	(St)	Lower	Intermediate	Higher
Chest Width	(CW)	Narrow	Intermediate	Wide
Body Depth	(BD)	Shallow	Intermediate	Deep
Rump Angle	(RA)	High pins	Intermediate	Low pins
Rump Width	(RW)	Narrow pins	Intermediate	Wide pins
Body Condition Score	(BCS)	Thin	Intermediate	Fat
Rear Legs Set Angle	(RLA)	Straight	Intermediate	Sickled
Rear Leg Knee Structure	(RLS)	Coarse	Intermediate	Fine & thin
Rear Legs Rear View	(RLV)	Toes out	Intermediate	Bow-legged
Foot Angle	(FA)	Low	Intermediate	Steep
Fore Udder Attachment	(FUA)	Loose	Intermediate	Strong
Rear Udder Height	(RUH)	Low	Intermediate	High
Rear Udder Width	(RUW)	Narrow	Intermediate	Wide
Central Ligament	(CL)	Weak	Intermediate	Strong
Udder Depth	(UD)	Deep	Intermediate	High
Fore Teat Length	(FTL)	Short	Intermediate	Long
Rear Teat Placement	(RTP)	Wide	Intermediate	Close
Mammary Acuity	(MA)	Defect	Intermediate	Perfect

### Statistical model

The statistical model used for the analysis is as follows;

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + e_{ijk} \quad (1)$$

Where;  $Y_{ijk}$  is the observation of the traits,  $a_i$  is the effect of breed ( $i=$  HF and RH);  $b_j$  is the effect of lactation number ( $j=$  1, 2, 3 and 4+); and  $e_{ijk}$  is the random error. The data were analyzed using the GLM procedure of SAS (SAS, 2010) and the differences between the least-square means of fixed factor level were considered to be statistically significant at  $P<0.05$  (2-tailed), based on Tukey's adjustment type I error rate.

### Results and Discussion

The least square means, their standard errors and levels of significance of LTT and 100 system scores of animal data used in this study are presented in Tables 2, 3, 4 and 5. In this study, it was determined that the difference between the breeds was found not important ( $P>0.05$ ) but most of the udder composite traits regarding the lactation numbers were found significant ( $P<0.01-0.05$ ).

**Linear Type Traits****Body, Foot and Legs composite traits**

The least square means and standard errors of body and foot and legs composite traits are presented in Table 2 and Table 3 and their level of significance were also determined. According to the results of analysis, only the RLA was found significant ( $P<0.05$ ) between first and second lactations and the overall mean was found to be  $5.64\pm 0.91$  score and this score is intermediate but tends to be sickle hocked and is preferable for dairy cows. The RLA being the only one significant among body, foot and legs traits, there wasn't any important traits in body composite traits neither between breeds nor between different lactations. Even though most of the body and foot and legs traits were not found statistically significant, all scores were intermediate, no minimal or extremes were found in this herd made of HF and RH.

The mean RLA found here ( $5.64\pm 0.91$ ) was similar to some means found by Fatehi et al. (2003); less than the findings of Meyer et al. (1987); and a little higher than the findings of Baycan (2022) who found  $4.74\pm 0.16$ , also higher than other means found by Fatehi et al. (2003) for RLA but most of the found averages were ideal for dairy cows. The extremes for RLA (very straight or very sickled legs) are not ideal, because they limit the walking capability and can cause the disability of the cow (Şahin, 2011) and can also cause foot and legs lesions (Kumlu, 2000; Çerçi and Koç, 2006). That is why the intermediate legs' scores (4-6) are good and the score found here is included and ideal.

Table 2. Least-square means and standard errors of Body composite traits of Holstein-Friesian (HF) and Red Holstein (RH)

Tablo 2. Siyah-Alaca (SA) ve Kırmızı-Alaca (KA)'nın Beden özelliklerinin en küçük kareler ortalamaları ve standart hataları

Factors	n	St	CW	BD	RA	RW	BCS
Breed		NS	NS	NS	NS	NS	NS
HF	102	$6.72\pm 0.21$	$6.26\pm 0.23$	$5.54\pm 0.12$	$6.65\pm 0.71$	$4.63\pm 0.12$	$4.87\pm 0.12$
RH	19	$6.76\pm 0.43$	$6.21\pm 0.28$	$6.07\pm 0.25$	$6.71\pm 0.56$	$5.55\pm 0.24$	$5.28\pm 0.25$
LN		NS	NS	NS	NS	NS	NS
1	26	$6.74\pm 0.35$	$6.60\pm 0.39$	$5.93\pm 0.21$	$6.05\pm 0.46$	$4.48\pm 0.20$	$5.32\pm 0.20$
2	63	$6.43\pm 0.31$	$6.20\pm 0.35$	$5.58\pm 0.19$	$6.22\pm 0.52$	$4.47\pm 0.18$	$5.12\pm 0.18$
3	14	$6.74\pm 0.51$	$6.26\pm 0.58$	$5.69\pm 0.30$	$6.89\pm 0.67$	$4.46\pm 0.29$	$4.99\pm 0.30$
4+	18	$7.05\pm 0.40$	$5.89\pm 0.45$	$6.03\pm 0.24$	$7.55\pm 0.52$	$4.95\pm 0.22$	$4.87\pm 0.23$
Overall	121	$6.61\pm 1.68$	$6.26\pm 1.90$	$5.55\pm 1.00$	$6.44\pm 2.19$	$4.57\pm 0.95$	$4.98\pm 0.98$

NS: Not Significant.

St: Stature, CW: Chest Width, BD: Body Depth, RA: Rump Angle, RW: Rump Width, BCS: Body Condition Score, LN: Lactation number.

Table 3. Least-square means and standard errors of Foot and Legs traits of Holstein-Friesian (HF) and Red Holstein (RH)

Tablo 3. Siyah-Alaca (SA) ve Kırmızı-Alaca (KA) 'nın Ayak ve Bacak özelliklerinin en küçük kareler ortalamaları ve standart hataları

Factors	n	RLV	RLA	RLS	FA
Breed		NS	NS	NS	NS
HF	102	5.24±0.14	5.65±0.11	5.64±0.14	4.84±0.10
RH	19	4.75±0.30	5.64±0.23	4.96±0.30	4.85±0.21
LN		NS	*	NS	NS
1	26	5.04±0.24	6.15±0.19 <sup>a</sup>	5.58±0.24	4.77±0.17
2	63	5.15±0.22	5.52±0.17 <sup>b</sup>	5.28±0.22	4.77±0.17
3	14	4.47±0.35	5.42±0.28 <sup>ab</sup>	5.53±0.36	4.72±0.25
4+	18	5.30±0.27	5.50±0.22 <sup>ab</sup>	4.76±0.28	5.22±0.19
Overall	121	5.24±1.16	5.64±0.91	5.52±1.17	4.78±0.81

NS: Not significant.

\*: Significant for P<0.05.

RLV: Rear Legs Rear View, RLA: Rear Legs Set Angle, RLS: Real Legs Knee Structure, FA: Foot Angle, LN: Lactation number.

### ***Udder composite traits***

The least square means and their standard errors of udder composite traits are presented in Table 4 and their level of significance were also determined. According to the results of analysis, the FUA (P<0.01), RUW (P<0.05) and UD (P<0.01) were found statistically significant regarding lactations numbers and the overall means were found to be 5.01±1.02, 5.35±0.97 and 7.52±1.82 scores, respectively for FUA, RUW and UD. According to these scores and as shown in Table 1, the FUA and the RUW scores were intermediate while the UD was high generally. The highness of udder is preferable in lactating cows especially in mastitis resistance because cows with deep udder are not generally resistant to mastitis.

In this study, the mean of FUA found here was similar to the one found by Klassen et al. (1992), smaller than Meyer et al. (1987), higher than Visscher and Godbard (1995), Van Dorp et al. (1998). UD higher than Meyer et al. (1987), Van Dorp et al. (1998), Pérez-Cabal and Alenda (2002). As for RUW, there were not availability of results found by other researchers for comparison of the current results but the found score was intermediate. The significance of the LN on UD found here is similar to the results of Güler et al. (2020) who found the importance of parity on UD (P<0.01-0.05) in their study aimed at evaluating LTT in Simmental cows reared on high altitude of Eastern Turkey. Williams et al. (2003) also found the significance of UD in dairy cows. The significance of parity on udder traits has generally been the common result found by many researchers, reason why it is of great importance to focus mostly on udder trait characteristics while selecting lactating cows.

Table 4. Least-square means and standard errors of Udder composite traits of Holstein-Friesian (HF) and Red Holstein (RH)  
 Tablo 4. Siyah-Alaca (SA) ve Kırmızı-Alaca (KA) 'nın Meme özelliklerinin en küçük kareler ortalamaları ve standart hataları

Factors	N	FUA	RUW	RUH	CL	UD	RTP	FTL	MA
Breed		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
HF	102	4.94±0.134	5.41±0.12	4.70±0.07	5.62±0.15	7.23±0.23	7.25±0.27	5.78±0.14	7.47±0.28
RH	19	97±0.26	5.62±0.25	4.71±0.15	5.39±0.30	6.87±0.46	6.44±0.55	5.80±0.28	6.75±0.57
LN		**	*	NS	NS	**	NS	NS	NS
1	24	5.55±0.21 <sup>a</sup>	5.13±0.20 <sup>a</sup>	4.73±0.12	5.17±0.24	8.53±0.38 <sup>a</sup>	6.70±0.45	5.70±0.23	7.33±0.46
2	63	5.01±0.19 <sup>ab</sup>	5.30±0.18 <sup>ab</sup>	4.86±0.11	5.40±0.22	7.70±0.34 <sup>ab</sup>	7.13±0.40	5.60±0.20	7.07±0.42
3	14	4.87±0.31 <sup>ab</sup>	5.31±0.30 <sup>ab</sup>	4.72±0.18	5.67±0.36	6.82±0.55 <sup>ab</sup>	6.88±0.66	6.08±0.33	6.50±0.68
4+	18	4.39±0.24 <sup>b</sup>	6.00±0.23 <sup>b</sup>	4.50±0.14	5.23±0.28	5.13±0.43 <sup>b</sup>	6.66±0.51	5.78±0.26	7.54±0.53
Overall	121	5.01±1.02	5.35±0.97	4.76±0.59	5.53±1.18	7.52±1.82	7.21±2.17	5.69±1.09	7.38±2.23

NS: Not significant. \*: Significant for P<0.05. \*\*: Significant for P<0.01.

FUA: Fore Udder Attachment, RUH: Rear Udder Height, RUW: Rear Udder Width, CL: Central Ligament, UD: Udder Depth, RPT: Rear Teat Placement, FTL: Fore Teat Length, MA: Mammary Acuity, LN: Lactation number.

### 100 Scoring Method

The least square means and standard errors of 100 scoring method were presented in Table 5 and their level of significance were also determined. According to the results of analysis, udder traits were found significant ( $P<0.05$ ) regarding lactation numbers and the overall mean was  $84.08\pm 1.43$  score per 100. Other traits such as DS, Frame, FL and the general mean for 100 scoring method did not show any importance whether regarding breed effect or lactation numbers. By considering these and also previous results, it was remarked that udder traits variate with lactation numbers, fact which is well understandable while considering the evolution of the mammary gland in dairy cows, from heifers to multiparous cows. The significance of udder in terms of parity was also found by Baycan (2022) but his means were generally lower. The mean score found here is as suitable as expected and is ideal for a dairy herd.

Generally, between different lactations, cows between first and second parities showed significant differences for RLA trait while for FUA, RUW, UD and Udder100 traits, only cows in first and in 4+ lactations were significantly different ( $P<0.01-0.05$ ).

Table 5: Least-square means and standard errors of 100 scoring method of Holstein-Friesian (HF) and Red Holstein (RH)

Tablo 5. Siyah-Alaca (SA) ve Kırmızı-Alaca (KA) 'nın 100 puan sistemi ile en küçük kareler ortalamaları ve standart hataları

Factors	n	DS	Frame	FL	Udder	Total Point
Breed		NS	NS	NS	NS 84.02±0.18	NS
HF	102	84.12±0.40	83.46±0.23	82.47±0.22	83.45±0.36	83.53±0.14
RH	19	82.86±0.82	83.64±0.46	81.60±0.45		82.93±0.28
LN		NS 83.53±0.38	NS	NS	*	NS
1	24	83.24±0.34	83.53±0.38	82.11±0.37	84.37±0.30 <sup>a</sup>	83.32±0.23
2	63	83.43±0.56	83.24±0.34	82.41±0.33	84.02±0.27 <sup>ab</sup>	83.38±0.21
3	14	83.94±0.43	83.43±0.56	81.35±0.54	83.57±0.44 <sup>ab</sup>	83.11±0.34
4+	18		83.94±0.43	82.27±0.42	82.98±0.34 <sup>b</sup>	83.11±0.26
Overall	121	83.80±3.22	83.38±1.82	82.50±1.76	84.08±1.43	83.51±1.10

NS: Not significant. \*: Significant for  $P<0.05$ .

DS: Dairy Strength, FL: Foot and Legs, LN: Lactation number.

### Conclusion

This study gave important information about type traits in dairy cows in general and HF and RH in particular. In this study, among LTT and 100 scoring method, the RLA, FUA, RUW, UD and Udder100 traits showed significant difference regarding lactation numbers. This is due to the fact that when the animals are getting older, disconformation occurs in the structure of the dairy cows' udder and also rear legs. This study also showed the importance of using type traits as a tool of classifying dairy cattle according to their lactation numbers by focussing on type traits in general and legs and udder traits in particular. There was not any significance of type traits between the breeds but most of the udder composite traits' variations were important

in different lactations either for LTT scoring or the 100 scoring method and such traits must be taken into account while classifying dairy cows. This non-significant differences between the two cattle breeds (HF and RH) can be explained by the fact that they have a common origin but their recording system was differentiated in the 1950's but till now after almost 70 years later, there are still not much significant differences between them.

## Acknowledgment

The Authors thank Dr Onur Şahin for his training about conformation scoring and recording, the owner of the farm and other students who helped during the field works of this study.

## References

- Baycan, S. C., 2022. Türkiye'de Organik Süt Sığırcılığı İşletmeleri İçin Seleksiyon İndeksi Geliştirilmesi. Doktora tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 230p.
- Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D. Veerkamp, R.F., 2004. Genetic relationships among linear type traits, milk yield, bodyweight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 43(2):161-176.
- Boettcher, P. J., Jairath, L. K., Koots, K. R., Dekkers, J. C. M., 1997. Effects of interactions between type and milk production on survival traits of Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science* 80: 2984- 2995.
- Çerçi, S., Koç, A., 2006. Aydın İlinde Bazı İşletmelerde Yetiştirilen Siyah-Alaca Süt Sığırlarının Dış Görünüşlerine Göre Sınıflandırılması. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 3(2), 61-68.
- Duru, S., 2005. Siyah Alaca Sığırlarda Dış Görünüş Özelliklerine Ait Parametre Ve Damızlık Değer Tahmini. Doktora tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 134p.
- Fatehi, J., Stella, A., Shannon, J. J., Boettcher, P. J., 2003. Genetic parameters for feet and leg traits evaluated in different environments. *Journal of Dairy Science* 86: 661-666
- Funk, D. C., Hansen, L. B., 1991. Inheritance of cow durability for linear type traits. *Journal of Dairy Science* 74: 1753-1759.
- Gengler, N., Wiggans, G. R., Wright, J. R., Norman, H. D., Wolfe, C. W., 1997. Estimation of (co)variance components for Jersey type traits using a repeatability model. *Journal of Dairy Science* 80: 1801-1806
- Güler, O., Diler, A., Yanar, M., Aydın, R., Koçyiğit, R., 2020. Appraisal of linear type traits in Simmental cows reared on high altitude of Eastern Turkey. *Journal of Agricultural Sciences* 26: 331-338
- Harris, R. A ., 2015. Phenotypic Correlations Between Linear Type Conformation Traits, Production and Fertility in a Once-a-day Milk Dairy Cattle Herd. M.V.Sc. Thesis. Massey University (Unpublished), Palmerston Norton, New Zealand.
- ICAR, 2018. Conformation Recording (Section 05). International Committee for Animal Recording Guidelines. <https://www.icar.org/Guidelines/05-Conformation-Recording.pdf>

- Juozaityene, V., Juozaitis, A., Micikeviciene, R., 2006. Relationship between somatic cell count and milk production or morphological traits of udder in Black-and-White cows. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 30(1): 47-51
- Klassen, D. J., Monardes, H. G., Jairath, L., Cue, L. I., Hayes, J. F., 1992. Genetic correlations between lifetime production and linearized type in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science* 75: 2272-2282
- Kumlu, S., 2000. Damızlık ve Kasaplık Sığır Yetiştirme. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Setma Matbaacılık, Ankara, 166 s.
- Künzi, N., 1994. Exterieur. (Ed. H. Kräußlich, Tierzuchtungslehre). Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 147-153
- Lucas, J. L., Pearson, R. E., Vinson, W. E., Johnson, L. P., 1984. Experimental linear descriptive type classification. *Journal of Dairy Science* 67: p. 1767.
- Meyer, K., Brotherstone, S., Hill, W. G., Edwards, M. R., 1987. Inheritance of linear type traits in dairy cattle and correlations with milk production. *Animal Production* 44: 1-10
- Pérez-Cabal, M. A., Alenda, R., 2002. Genetic Relationships between Lifetime Profit and Type Traits in Spanish Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* 85: 3480-3491
- Pryce, J. E., Veerkamp, R. F., Thompson, R., Hill, W. G., Simm, G., 1998. Genetic aspects of common health disorders and measures of fertility in Holstein Friesian Dairy cattle. *Animal Science* 65: 353-360. <https://doi.org/10.1017/S1357729800008559>
- Rogers, G. W., Banos, G., Sander-Nielsen, U., Philipsson, J., 1998. Genetic correlations among somatic cell scores, productive life and type traits from the United States and udder health measures from Denmark and Sweden. *Journal of Dairy Science* 81: 1445-1453.
- Rogers, G. W., Hargrove, G. L., Lawlor, T. L., Ebersole, J. L., 1991. Correlations among linear type traits and somatic cell count. *Journal of Dairy Science* 74: 4189-4194.
- Royal, M. D., Pryce, J. E., Woolliams, J. A., Flint, A. P. F., 2002. The genetic relationship between commencement of luteal activity and calving interval, body condition score, production, and linear type traits in Holstein-Friesian dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 85: 3071-3080
- Şahin, O., 2011. Süt Sığırlarında Tip Sınıflandırması ve Vücut Kondisyonu Değerlendirme. Türkiye Damızlık Sığır Yetiştiricileri Merkez Birliği Yayınları, (5).
- SAS Institute Inc., 2010. SAS/STAT User's Guide: ver. 9.22. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schneider, M. P., Dürr, J. W., Cue, R. I., Monardes, H. G., 2003. Impact of type traits on functional herd life of Quebec Holsteins assessed by survival analysis. *Journal of Dairy Science* 86(12): 4083-4089
- Van Dorp, T. E., Dekkers, J. C. M., Martin, S. W., Noordhuizen, J. P. T. M., 1998. Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and conformation traits of registered-Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 81: 2264-2270
- Veerkamp, R. F., Brotherstone, S., 1997. Genetic correlation between linear type traits, food intake, live weight and condition score in Holstein-Friesian dairy cattle. *Animal Science* 64: 385-392.
- Vinson, W. E., Pearson, R. E., Johnson, L. P., 1982. Relationships between linear descriptive type traits and body measurements. *Journal of Dairy Science* 65:p.995.



- Visscher, P. M., Goddard, M. E., 1995. Genetic parameters for milk yield, survival, workability, and type traits for Australian dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 78: 205-220
- Wesseldijk, B., 2004. Secondary traits make up 26% of breeding goal. *Holstein International*, 11(6):8–11.
- Williams, M., Sleator, R. D., Murphy, C. P., McCarthy, J., Berry, D. P., 2003. The Relative Importance of Linear Type Traits in Determining Survival Increases as Holstein-Friesian Dairy Cows Age. *Proceedings of 12<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP)*, 2847-2850 p. [https://doi.org/10.3920/978-90-8686-940-4\\_690](https://doi.org/10.3920/978-90-8686-940-4_690)
- Zavadilová, L., Štípková, M., 2012. Genetic correlations between longevity and conformation traits in the Czech Holstein population. *Czech Journal of Animal Science* 57:125-136.



## Anadolu Mandalarının İlk Üç Laktasyonlarına Ait Laktasyon Eğrisi Parametrelerinin ve Eğri Şeklinin Belirlenmesi

Aziz ŞAHİN\*<sup>1</sup>, Yüksel AKSOY<sup>2</sup>, Zafer ULUTAŞ<sup>3</sup>, Arda YILDIRIM<sup>4</sup>,  
Özden SARIKAYA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 40100, Kırşehir, Türkiye.

<sup>2</sup>Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 26160, Eskişehir, Türkiye.

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 55139, Samsun, Türkiye

<sup>4</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Tokat, Türkiye

<sup>5</sup>Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

Aziz ŞAHİN, ORCID No: [0000-0003-0454-3830](https://orcid.org/0000-0003-0454-3830), Yüksel AKSOY, ORCID No: [0000-0003-2035-6269](https://orcid.org/0000-0003-2035-6269),  
Zafer ULUTAŞ, ORCID No: [0000-0002-7661-2172](https://orcid.org/0000-0002-7661-2172), Arda YILDIRIM ORCID No: [0000-0002-5876-4228](https://orcid.org/0000-0002-5876-4228),  
Özden SARIKAYA ORCID No: [0000-0002-7071-4741](https://orcid.org/0000-0002-7071-4741)

### MAKALE BİLGİSİ

### ÖZ

#### Araştırma Makalesi

*Bu çalışma 3. International Livestock Science Congress'te sözlü bildiri (özet) olarak sunulmuştur.*

Geliş: 12.12.2023

Kabul: 21.03.2024

#### Anahtar Kelimeler

Anadolu mandası

Wood modeli

Seleksiyon

#### \* Sorumlu Yazar

aziz.sahin@ahievran.edu.tr

Bu araştırma, Anadolu Mandalarında üç laktasyonun laktasyon eğrisi parametrelerini ve laktasyon şeklini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla, Tokat ilinde 2016 yılında doğan, 2019 yılında laktasyona başlayan 521 baş mandanın 3126 test günü verim kayıtları kullanılmıştır. a parametresi 1., 2. ve 3. laktasyonlar için sırası ile 2.873, 3.776 ve 3.910 olarak tahmin edilirken, b parametresinin sırası ile 0.521, 0.324 ve 0.444, olduğu tespit edilmiştir. c parametresi 1., 2. ve 3. laktasyonlar için sırası ile 0.0096, 0.0066 ve 0.0081 olarak belirlenirken, R<sup>2</sup> değerinin 1., 2. ve 3. laktasyonlar için sırası ile 0.966, 0.991 ve 0.992 olduğu tespit edilmiştir. İslah çalışmalarında, araştırma sonucunda tahmin edilen parametrelerin kullanılması, bu sürülerde yapılacak seleksiyonun başarısını etkileyecektir.

## Determination of Lactation Curve Parameters and Curve Shape of The First Three Lactations Of Anatolian Buffaloes

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Research Article

*This study was presented as an oral presentation (abstract) at the 3. International Livestock Science Congress.*

Received : 12.12.2023

Accepted : 21.03.2024

This search was made to define the lactation curve parameters and lactation curve shape of first three lactations in Anatolian Buffaloes. For this purpose, 3126 test day records of 521 head buffalos born in 2016 and started lactation in 2019 were used in Tokat province. While the a parameter was estimated as 2.873, 3.776 and 3.910 for the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> lactations, respectively, the b parameter was determined to be 0.521, 0.324 and 0.444, respectively. While the c parameter was determined as 0.0096, 0.0066 and 0.0081 for the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> lactations, respectively, the R<sup>2</sup> value was determined to be 0.966, 0.991 and 0.992 for the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>

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

Şahin, A., Aksoy, Y., Ulutaş, Z., Yıldırım, A., Sarıkaya, Ö., 2024. Anadolu Mandalarının ilk üç laktasyonlarına ait laktasyon eğrisi parametrelerinin ve eğri şeklinin belirlenmesi, Journal of Animal Science and Products (JASP) 7 (1): 12-18.

DOI: [10.51970/jasp.1402393](https://doi.org/10.51970/jasp.1402393)

---

**Keywords**

Anatolian buffalo  
Wood model  
Selection

and 3<sup>rd</sup> lactations, respectively. In breeding studies, using the use of the parameters estimated as a end of the investigation will affect the success of the selection will applied in this herds.

---

**\* Corresponding Author**

aziz.sahin@ahievran.edu.tr

---

## Giriş

Türkiye’de hemen hemen tüm bölgelerde yetiştirilen, et ve süt verimleri ile ön plana çıkan Anadolu mandalarının kökenleri Akdeniz mandalarına kadar uzanmaktadır. Anadolu mandaları Türkiye’de et ve süt verimleri ile ön plana çıkmaktadır. Günümüzde, Türkiye’de 171 835 baş Anadolu mandası yetiştirilmektedir (Anonim, 2024). Her yaştaki bireylerin beslenmelerinde önemli rol oynayan hayvansal gıdalardan bir tanesi olan süt; doğum sonrasında mandaların yeni doğan malaklarını besleyebilmek amacıyla, farklı sürelerde süt bezlerinden salgılanan bünyesinde, buzağının diğer yemleri (kesif/kaba) tüketecek duruma gelene kadar ihtiyaç duyduğu tüm besin maddelerini yeterli miktarda bulunduran bir sıvı olarak tanımlanabilir (Khedkar ve ark., 2016; Garau ve ark., 2021). Birim hayvandan elde edilen süt üretiminin maliyeti büyük ölçüde laktasyonun devamlılığına, yani en yüksek süt veriminden sonra üretimdeki düşüş hızına bağlıdır. Yüksek persistensi, süt üretiminde pik dönemden sonra yavaş bir düşüş oranı ile, düşük persitensi ise pikten sonra süt veriminde oluşan hızlı düşüş oranı ile ilişkilidir (Do ve ark., 2017).

Laktasyon eğrileri, fizyologlar, beslenme uzmanları ve diğer araştırmacılar tarafından laktasyon sürecini taklit etmek amacıyla ve süt üretim sürecini etkileyen kimi çevresel etkiler arasındaki mevcut ilişkileri incelemek için uygulanabilir (Steri ve ark., 2012). Laktasyon eğrisinin matematik modelleri, genel olarak süt salgılama sürecinin altında yatan karmaşık fizyolojik mekanizmalara ilişkin bilimsel bilgiyi artırmayı amaçlayan temel araştırmalar için değerli bir araç olarak kullanılmaktadır (Dimauro ve ark., 2005).

Bir çiftlikte, yıl boyunca süt verimi modeli, ana çiftlik gelirinin eğilimini gösterir. Ayrıca, hayvanların beslenme gereksinimlerinin gelişimi ve dolayısıyla süt hayvancılığında en önemli giderlerden birini temsil eden besleme maliyetleri ile güçlü bir şekilde ilişkilidir. Bir laktasyon döneminde süt verim modelini doğru olarak açıklayabilen ve sonraki dönemlerde elde edilebilecek olan süt verimini tahmin edebilen matematiksel fonksiyon, üreticilere bazı yönetsel kararlar almalarında yardımcı olabilecek bilgiler sunabilir. Elde edilebilecek olan bu bulgular çeşitli hayvan türleri için uygun olan çeşitli yazılımların, biyo ekonomik modellerin geliştirilmesine yardımcı olabileceği gibi, sürü yönetimi, bakım besleme, ıslah ve işletme muhasebesi ile ilgili birçok programın geliştirilmesi bakımından da önemlidir (Macciotta ve ark., 2008; Ghavi Hossein-Zadeh, 2014). Laktasyon eğrisinin şekli, laktasyonun farklı aşamalarındaki çeşitli değişiklikler hakkında göstergeler verir. Laktasyon eğrisinin modellenmesinin temel amacı, seleksiyon ve üreme bakımından hayvanların değerlendirilmesi için minimum hata ile laktasyon süt verimini tahmin etmektir (Prakash ve ark., 2019).

Günümüze kadar laktasyon eğrilerinin tanımlanabilmesi için birçok model geliştirilmiştir. Bu modellerden bir tanesi de süt hayvanlarının laktasyon eğrilerinin

tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan Wood modelidir (Banu, 2010; Prakash ve ark. 2019). Bu araştırmada, Anadolu mandalarının ilk üç laktasyonlarına ait laktasyon eğrisi parametreleri,  $R^2$ ,  $T_{max}$ ,  $Y_{max}$  S değerleri tespit edilmiştir.

## Materyal ve Metot

Bu araştırmanın verilerini Tokat ilinde 2016 yılında doğan ve 2019 yılında laktasyona başlayan 521 baş Anadolu mandasının 3126 adet test günü verim kaydı oluşturmuştur. Analizlerde 5 ve daha fazla kontrol günü verim kaydı bulunan Anadolu mandalarının verileri değerlendirilmiştir (Torhizi, 2011). Analizlere başlamadan önce test günü verim kayıtları laktasyon sıraları baz alınarak sınıflandırılmıştır. Sonrasında, araştırma kapsamında verileri değerlendirilen Anadolu mandaları için laktasyon eğrisi parametreleri bireysel olarak tahmin edilmiştir. Araştırmada, Tokat ilinde TAGEM (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü) öncülüğünde yürütülen Halk Elinde Anadolu Mandası Islahı Ülkesel projesinde tutulan veriler değerlendirilmiştir. Araştırmada kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

Bu araştırmada, Statistica 5.0 programından yararlanılarak laktasyonlar ile ilgili parametreler (a, b ve c) tahmin edilmiştir.

$$\text{Wood (WD): } Y_t = at^b e^{-ct} \quad (1)$$

Eşitlikte; laktasyonun t. günündeki kg süt verimi ( $Y_t$ ), t: test günü ile malaklama arasındaki süre (gün), e: doğal logaritma, a, b, c eğri parametrelerini, a: Y eksenini ile eğrinin kesiştiği nokta, b: doğum sonrasında eğrinin yükselmesi, c: pik seviyeden sonra eğrinin düşüşünü ifade etmektedir.

Araştırmada, persistensi (S) eşitlik (2) yardımı ile belirlenmiştir.

$$S = -(b + 1)\ln(c) \quad (2)$$

Maksimum günlük süt verimi ( $T_{max}$ ) eşitlik (3) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$T_{max} = b/c \quad (3)$$

Maksimum günlük süt verimi ( $Y_{max}$ ) eşitlik (4)'ten faydalanarak tespit edilmiştir.

$$Y_{max} = a\left(\frac{b}{c}\right)^b e^{-b} \quad (4)$$

## Bulgular ve Tartışma

Bu araştırma kapsamında, Anadolu mandalarının ilk üç laktasyon verileri değerlendirilerek, laktasyon eğrisi parametreleri, laktasyon eğrileri, S,  $R^2$ ,  $T_{max}$  ve  $Y_{max}$  değerleri tespit edilmiştir.

Araştırmada, Anadolu mandalarının ilk üç laktasyonları için tahmin edilen a parametreleri (2.87, 3.77, 3.91) önceki yıllarda yapılan araştırma bulgularından düşük (Barbaso ve ark., 2007; Anwar ve ark., 2009; Şahin ve ark., 2014), Kaygısız (1999)'ın bulgusundan yüksek bulunmuştur.

Araştırmada, üçüncü laktasyonda olan mandalar için a parametresi 3.91 ve birinci laktasyonda olan mandalar için 2.87 olarak tahmin edilmiştir. Araştırmada, ilk üç laktasyon için laktasyon eğrisi parametreleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. İlk üç laktasyon için eğri parametrelerinin ortalamaları ( $\bar{X}$ ), standart hataları ( $S_x$ ) ve belirtme katsayıları ( $R^2$ )

Table 1. Curve parameters and  $R^2$  (coefficient of determination) for the first three lactations

	a	$S_x$	b	$S_x$	c	$S_x$	$R^2$
1.laktasyon	2.8730	0.30792	0.521	0.17137	0.0096	0.26939	0.966
2.laktasyon	3.7760	0.16026	0.324	0.07524	0.0066	0.11579	0.991
3.laktasyon	3.9100	0.04058	0.444	0.02118	0.0081	0.03522	0.992

Bu araştırmada, tahmin edilen a parametresi Nili Rawi (Anwar ve ark., 2009), Jafarabadi ve Akdeniz mandaları için (Barbosa ve ark., 2009) tespit edilen değerlerden düşük bulunmuştur. Aziz ve ark., (2006) tarafından Mısır mandalarının verilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, a parametresinin 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9. ve 10. laktasyonlar için 29.92-49.23 arasında değerler aldığı bildirilmiştir.

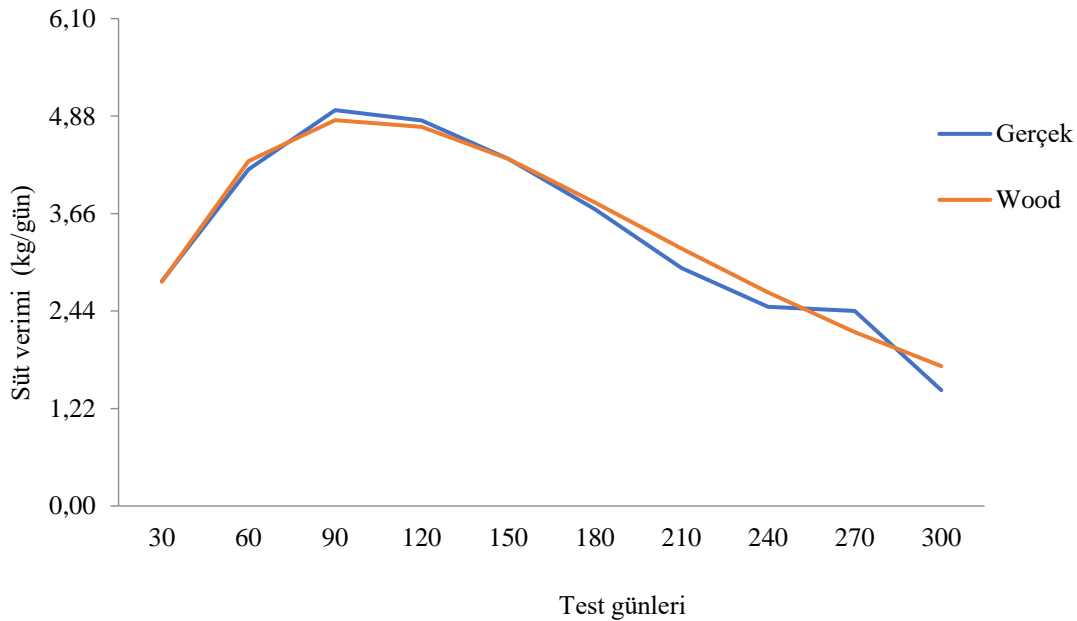
Anadolu mandalarının ilk üç laktasyonları için tespit edilen  $T_{max}$ ,  $Y_{max}$  ve S değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. İlk üç laktasyon için  $T_{max}$ ,  $Y_{max}$  ve S değerleri

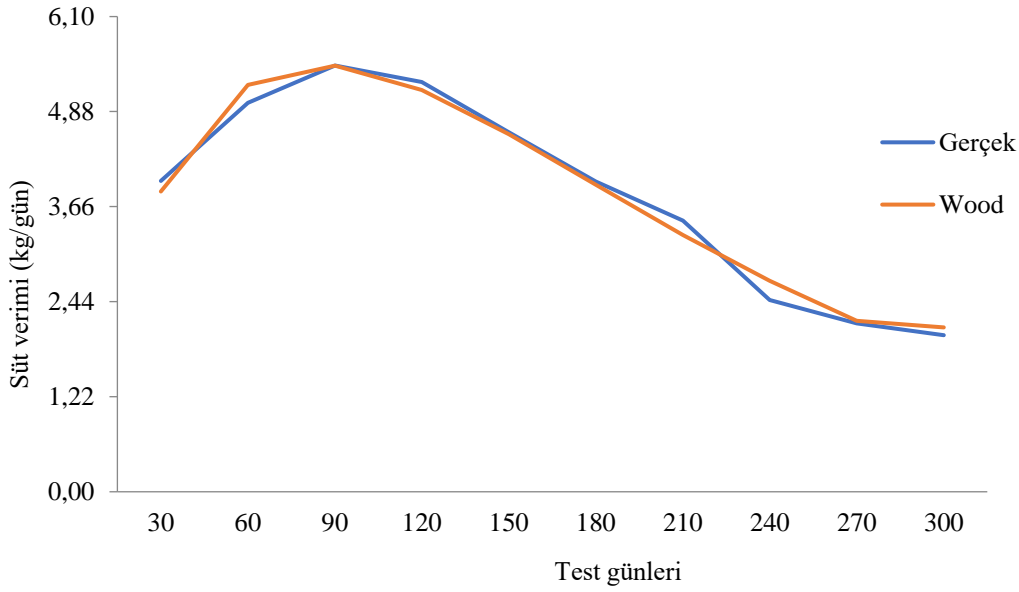
Table 2.  $T_{max}$ ,  $Y_{max}$  and S values for the first three lactations

Laktasyonlar	$T_{max}$	$Y_{max}$	S
1.laktasyon	54.27	13.67	7.07
2.laktasyon	49.09	9.64	6.65
3.laktasyon	54.91	14.84	6.95

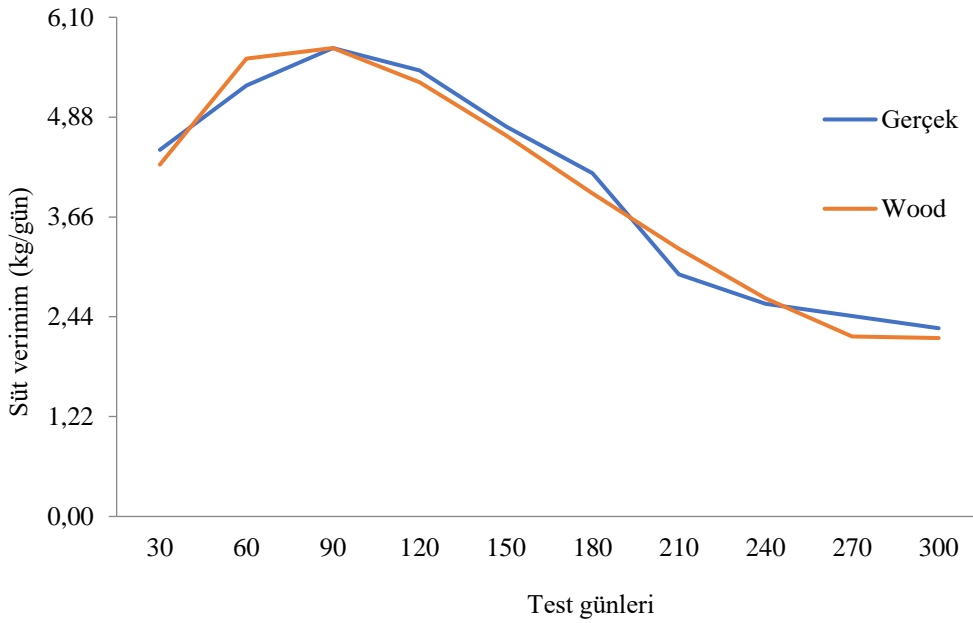
Araştırmada, 1. 2. ve 3. laktasyonlar için tahmin edilen süt verimleri ile gerçek süt verimleri kullanılarak elde edilen laktasyon eğrileri ilgili şekillerde (Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3) gösterilmiştir.



Şekil 1. Birinci laktasyonunda olan mandaların laktasyon eğrileri  
Figure 1. Lactation curves of buffalos in their first lactation



**Şekil 2.** İkinci laktasyonunda olan mandaların laktasyon eğrileri  
**Figure 2.** Lactation curves of buffaloes in their second lactation



**Şekil 3.** Üçüncü laktasyonunda olan mandaların laktasyon eğrileri  
**Figure 3.** Lactation curves of buffaloes in their third lactation

Bu çalışmada, b parametresi (yükselme hızını ifade eden) 0.521, 0.344 ve 0.444 olarak belirlenmiştir. Araştırma bulgusu, yerli mandalarda Kaygısız (1999) tarafından elde edilen değerlerden düşük, Mısır mandalarında (Aziz ve ark., 2006) tahmin edilen değerden yüksek bulunmuştur.

Anwar ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada b parametresi Nili Rawi ırkı mandalarda 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. laktasyonlar için sırası ile 0.311, 0.360, 0.297, 0.339, 0.360, 0.331, 0.343, 0.333 olarak tespit edilmiştir. İtalyan Akdeniz mandaları üzerinde yapılan bir

çalışmada (Coletta ve ark., 2007), b parametresi 0.255-0.368 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Araştırma bulgusu bu bildirişlerle uyumlu bulunmuştur.

Bu araştırmada, c parametresi 1., 2., 3. laktasyonlar için 0.0096, 0.0066 ve 0.0081 olduğu belirlenmiştir. Kaygısız (1999)'ın yerli mandalar, Aziz ve ark. (2006)'ın Mısır mandaları, Şahin ve ark. (2014) Anadolu mandaları için saptadığı değerlerin araştırma bulgusundan yüksek olduğu belirlenmiştir. Nili Rawi ırkı mandalarda c parametresi 0.038 olarak tespit edilmiştir (Anwar ve ark., 2009).

Araştırmada, belirtme katsayısı 1., 2., 3. laktasyonlar için sırası ile 0.966, 0.991 ve 0.992 olarak belirlenmiştir. Birinci laktasyon için belirlenen  $R^2$  değeri Aziz ve ark., (2006)'nın Mısır mandalarının 1. laktasyonları için belirlediği değerle uyumlu, 2. ve 3. laktasyonları için saptadıkları değerden yüksek bulunmuştur. Araştırma bulgusu yerli mandalar üzerinde yapılan bir araştırma (Kaygısız, 1999) bulgusu ile Anadolu mandalarında (Tekerli ve ark., 2001) yapılan bir çalışmanın sonucu saptanan değerlerden yüksek bulunmuştur.

Araştırmada, 1. 2. ve 3. laktasyonlar için persistensi değerlerinin 7.07, 6.65 ve 6.95 olduğu saptanmıştır. Bu sonuç, Tekerli ve ark., (2001) ve Şahin ve ark., (2015)'in tespit ettiği değerlerden düşük, yerli mandalar için Kaygısız (1999)'ın belirlediği değerle uyumlu bulunmuştur.

Araştırmada, 1. 2. ve 3. laktasyonlar için  $T_{max}$  değerleri sırası ile 54.27, 49.09 ve 54.81 olarak tespit edilmiştir. Bu araştırmada belirlenen  $T_{max}$  değerleri yerli mandalarda Kaygısız (1999)'ın, Anadolu mandalarında Şahin ve ark., (2015)'nin saptadığı değerlerden düşük, Anadolu mandalarında Tekerli ve ark., (2001)'in tespit ettiği değerlere yakın bulunmuştur. Bu çalışmada,  $Y_{max}$  değerleri 1. 2. ve 3. laktasyonlar için sırası ile 13.67, 9.64 ve 14.84 olarak belirlenmiştir. Yerli mandalar ve Anadolu mandaları için bazı araştırmalarda (Kaygısız, 1999; Tekerli ve ark., 2001; Şahin ve ark., 2015) belirlenen  $Y_{max}$  değerlerinin araştırma bulgusundan düşük olduğu tespit edilmiştir.

Verim özellikleri ile birlikte, eğri parametre ve şeklinin belirlenmesinin, araştırmada verileri değerlendirilen işletmelerde bakım ve besleme koşullarının iyileşmesine ve sonraki yıllarda işletmelerde uygulanabilecek seleksiyonun başarılı olmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## Teşekkür

Araştırmada yararlanılan verilerinin temin edilmesinde katkı sağlayan TAGEM (Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne) ile Tokat Damızlık Manda Yetiştiricileri Birliğine (Proje No: TAGEM/60MANDA2011- 01) teşekkür ediyorlar. Bu çalışma sözlü bildiri (özet) olarak 3<sup>rd</sup> International Livestock Science Congress'te sunulmuştur.

## Kaynaklar

- Anonim, 2024. Tarım ve Orman Bakanlığı Hayvancılık verileri. <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/belgeler/SagMenuVeriler/HAYGEM.pdf>. Erişim Tarihi: 19.03.2024.
- Anwar, M., Cain, PJ, Rowlinson P., Khan, M.S., Muhammad, A., Babar, E.M. 2009. Factors affecting the shape of the lactation curve in Nili-Ravi buffaloes in Pakistan. *Pakistan J Zool*, 9 (Suppl.): 201-207.

- Aziz, M.A., Shalaby, N.A., El-Shafie, O.M., Mahdy, A.T., Nishida, A. 2006. Comparison between the shapes of lactation curve of Egyptian buffalo milk yield estimated by the incomplete gamma function and a new model, *Livest Res Rural Develop*, 18 (5): <http://www.lrrd.org/lrrd18/5/aziz18059.htm>, Accessed: 19.02.2014.
- Banu, N.R. 2010. Genetic evaluation of the lactation curve in Karan Fries cattle. Ph. D. Thesis, National Dairy Research Institute, Karnal, 1-198.
- Barbosa, S.B.P., Pereira, R.G.A., Santoro, K.R., Batista, A.M.V., Ribeira Neto, A.C. 2007. Lactation curve of cross-bred buffalo under two production systems in the Amazonian region of Brazil. *Ital J Anim Sci*, 6 (Suppl. 2): 1075-1078.
- Coletta, A., Caso, C., Castrillo, M., Parlato, M., Zullo, A., Zicarelli, L. 2007. Fit of the Wood function to milk yield data collected by different recording systems in Mediterranean Italian buffalo. *Ital J Anim Sci*, 6 (Suppl. 1): 503- 505.
- Dimauro, C., Catillo, G., Bacciu, N., Macciotta, N.P.P. 2005. Fit of different linear models to the lactation curve of Italian water buffalo. *Italian Journal of Animal Science* 4 (suppl. 2), 22-24.
- Do, D., Bissonnette, N., Lacasse, P., Miglior, F., Sargolzaei, M., Zhao, X., & Ibeagha-Awemu, E. 2017. Genome-wide association analysis and pathways enrichment for lactation persistency in Canadian Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 100(3),1955-1970.
- Garau, V., Manis, C., Scano, P., Caboni, P., 2021. Compositional Characteristics of Mediterranean Buffalo Milk and Whey. *Dairy*, 2: 469-488.
- Ghavi Hossein-Zadeh, N. 2014. Comparison of non-linear models to describe the lactation curves of milk yield and composition in Iranian Holsteins. *The Journal of Agricultural Science* 152, 309-324.
- Kaygısız, A. 1999. Yerli mandaların laktasyon eğrisi özellikleri. *Tarım Bilimleri Dergi*, 5 (1): 1-8.
- Khedkar C.D., Kalyankar S.D. and Deosarkar S.S. (2016) Buffalo Milk. In: Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (eds.) *The Encyclopedia of Food and Health* (1): 522-528.
- Macciotta, N.P.P., Miglior, F., Cappio-Borlino, A., Schaeffer, L.R. 2008. Issues in modelling lactation curves with regression splines. *Journal of Dairy Science* 91 (E-suppl.1), 544. (Abstract).
- Prakash, G., Anilkumar, K., Jamuna, V. 2019. Comparison of five different lactation curve models for prediction of monthly test day milk yields and first lactation milk yield in crossbred cattle of Kerala, *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(4): 116-120.
- Soysal, M.İ. 2009. Manda ve ürünleri Üretimi, Tekirdağ, ISBN: 9944-5405-1-X.245s.
- Statistica: Statistica for Windows PC 5.0 1995. Stat Soft. Inc. 2325 East 13<sup>th</sup> Street, Tulsa, OK74104, USA, 1995.
- Steri, R., Dimauro, C., Canavesi, F., Nicolazzi, E.L., Macciotta, N.P.P. 2012. Analysis of lactation shapes in extended lactations. *Animal* 6 (10), 1572-1582.
- Şahin, A., Ulutaş, Z., Yıldırım, A., Aksoy, Y., Genç, S. 2015. Lactation curve and persistency of Anatolian buffaloes. *Italian Journal of Animal Science*, 14(26), 150-157.
- Şahin A., Ulutaş Z., Yıldırım A., Aksoy Y., Genç S. 2014. Anadolu Mandalarında Farklı Laktasyon Eğrisi Modellerinin Karşılaştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 20(6), 847-855.,
- Tekerli, M., Küçükkebağcı, M., Akalın, N.H., Koçak, S. 2001. Effects of environmental factors on some milk production traits, persistency and calving interval of Anatolian buffaloes. *Livest. Prod. Sci.* 68:275-281.
- Torshizi, M.E., Aslamenejad, A.A., Nassiri, M.R., Farhangfar, H. 2011. Comparison and evaluation of mathematical lactation curve functions of Iranian primiparous Holsteins, *South African J Anim Sci*, 41 (2): 104-115, 2011.





## Anadolu Arısı Muğla Ekotipi ve Kafkas Melezi Kolonilerde Üretilen Arı Sütlerinde 10-Hidroksi-2-Dekanoik Asit, Toplam Protein ve Majör Arı Sütü Proteinlerinin Belirlenmesi

Emine ASLAN UZGÖREN<sup>1</sup>, Aytül UÇAK KOÇ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 09000, Aydın, Türkiye

<sup>2</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 09100, Aydın, Türkiye

Emine ASLAN UZGÖREN, ORCID No: [0000-0002-7367-6883](https://orcid.org/0000-0002-7367-6883), Aytül UÇAK KOÇ, ORCID No: [0000-0001-5969-1609](https://orcid.org/0000-0001-5969-1609)

### MAKALE BİLGİSİ

### ÖZ

#### Araştırma Makalesi

*Çalışmanın bir kısmı kongrede sunulmuş ve tez çalışmasından özetlenmiştir.*

Geliş: 24.03.2024

Kabul: 26.04.2024

#### Anahtar Kelimeler

Bal arısı

10-HDA

Toplam protein

MASP

Sınırlandırma kafesi

#### \* Sorumlu Yazar

aucak@adu.edu.tr

Bu araştırma ile farklı genotipteki kolonilerde üretilen arı sütlerinde 10-Hidroksi Dekanoik Asit (10-HDA), toplam protein oranları ve majör arı sütü proteinlerinin molekül ağırlıkları belirlenmiştir. Çalışmada, Kafkas melezi (KM) ve Muğla Ekotipi (ME) kolonilerin ana arıları, arı sütü üretiminden iki gün önce ana arı sınırlandırma kafesine alınmış, aşılama günü koloniler düzenlenmiştir. Her koloniye 40'ar adet larva transferi yapılmış ve 72 saat sonra arı sütü hasat edilmiştir. Aşılama randımanı (AR), koloni başına arı sütü verimi (ASV), yüksek başına arı sütü verimi (YBASV), 10-HDA ve toplam protein oranları (TP) majör arı sütü proteinlerinin (MASP) molekül ağırlıkları belirlenmiştir. ME kolonilerinde ASV, YBASV, TP ve 10-HDA sırasıyla ortalama 8,4±0,87 g; 386,5±26,5 mg ve %13,4±0,62 %2,47±0,16 olarak; KM kolonilerinde ASV, YBASV, TP ve 10-HDA sırasıyla ortalama 8,5±0,92 g; 354,9±28,3 mg; % 12,8±0,66; %2,34±0,18 olarak saptanmıştır. Arı sütünün majör arı sütü proteinleri KM ve ME'de sırasıyla; MASP1, 46,8 kDa ve 47,5 kDa; MASP2, 68,2 kDa ve 68,8 kDa; MASP3, 83,2 kDa ve 83,9 kDa; MASP4 61,6 ve 62,2 kDa, MASP5, 107,2 kDa ve 105 kDa olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, ana arılı kolonilerde üretilen arı sütü üretiminde aşılama randımanı, koloni başına arı sütü verimleri, 10-HDA, toplam protein içerikleri ve MASP molekül ağırlıkları bakımından genotip grupları birbirine benzer bulunmuş, arı sütü hasat dönemlerinin TP oranları üzerine erkisi önemli bulunmuştur (P<0.05).

## Determination of 10-hydroxydec-2-enoic acid, Total Protein and Major Royal Jelly Proteins in Royal Jelly Produced in Anatolian Bee Muğla Ecotype and Caucasian Crossbreed Colonies

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Research Article

*A part of the study was presented at the congress and summarized from the thesis.*

Received : 24.03.2024

Accepted : 26.04.2024

With this research, 10-hydroxydec-2-enoic acid (10-HDA), total protein ratios and molecular weights of major royal jelly proteins were determined in royal jelly produced in colonies with different genotypes. In the study, queens of Caucasian crossbreed (KM) and Muğla Ecotype (ME) colonies were taken to the queen confinement cage two days before royal jelly production, and the colonies were arranged on the vaccination day. 40 larvae were transferred to each colony and royal

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

Aslan Uzgören, E., Uçak Koç, A., 2024. Anadolu Arısı Muğla Ekotipi ve Kafkas Melezi kolonilerde üretilen arı sütlerinde 10-hidroksi-2-dekanoik asit, toplam protein ve majör arı sütü proteinlerinin belirlenmesi, Journal of Animal Science and Products (JASP) 7 (1):19-29. DOI: [10.51970/jasp.1457614](https://doi.org/10.51970/jasp.1457614)

---

**Keywords**

Honey bee  
10-HDA  
Total protein  
MRJPs  
Confinement cage

---

**\* Corresponding Author**

aucak@adu.edu.tr

jelly was harvested after 72 hours. Grafting efficiency, royal jelly yield per colony (ASV), royal jelly yield queen cell (YBASV), 10-HDA and total protein ratios (TP) and molecular weights of major royal jelly proteins were determined. ASV, YBASV, TP and 10-HDA in ME colonies averaged 8.4±0.87 g, respectively; 386.5±26.5 mg and 13.4±0.62% as 2.47±0.16%; ASV, YBASV, TP and 10-HDA in KM colonies averaged 8.5±0.92 g, respectively; 354.9±28.3 mg; 12.8±0.66%; It was found to be 2.34±0.18%. The major royal jelly proteins of royal jelly are KM and ME, respectively; MASP1, 46.8 kDa and 47.5 kDa; MASP2, 68.2 kDa and 68.8 kDa; MASP3, 83.2 kDa and 83.9 kDa; MASP4 was determined as 61.6 and 62.2 kDa, MASP5 was determined as 107.2 kDa and 105 kDa. As a result, genotype groups were found to be similar to each other in terms of grafting efficiency, royal jelly yields per colony, 10-HDA, total protein contents and MASP molecular weights in royal jelly production produced in colonies with queen bees. The effect of royal jelly harvest periods on TP rates was found to be significant (P<0.05).

---

## Giriş

Amacı farklı olsa da, arıcılık hem gelişmiş hem de gelişmekte olan toplumların önemli tarımsal bir faaliyetidir. Arıcılık, gelişmiş ülkelerde öncelikle bitkisel üretimin bir girdisi olarak ele alınmaktadır (Karacaoğlu ve ark., 2020). Arıların polinasyona katkısının bir sonucu olarak, bitkisel üretimden elde edilen gelir, arı ürünlerinden elde edilen gelirden en az on kat daha fazladır. Dünya çapındaki çiçekli bitkilerin %70'i arılar tarafından tozlanmaktadır ve bu tozlaşmanın %80'inden fazlası bal arıları tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, böceklerle tozlaşan bitkilerin üremesinde arıların oynadığı rol çok önemlidir (McGregor, 1976). İnsan gıdası olarak kullanılan 82 bitki türünden 63'ünün bal arıları tarafından tozlandığı ifade edilmiştir (Delaplane ve Mayer, 2000).

Arıcılık, gelişmekte olan ülkelerde kırsal nüfusa iş, gelir ve sağlıklı beslenme sağlama aracı olarak kabul edilmektedir. Bunun nedeni, diğer tarımsal faaliyetlere göre daha az işgücü kullanılması, yatırım ve işletme maliyetlerinin düşük olması ve yurt içi kaynaklardan her türlü materyal ve ekipmanın sağlanabilmesidir. Arıcılıkta ilk akla gelen ürün baldır. Bununla birlikte, arı sütü (AS), polen, propolis, perga, arı zehri ve apilarnil üzerine yapılan araştırmalarla birlikte son zamanlarda bu ürünlere olan ilgi artmıştır. Ülkemiz, başta Ege ve Akdeniz Bölgeleri olmak üzere, ekolojisi ve koloni varlığı arı ürünleri üretimine son derece uygun olmasına karşın bal üretimi ile karşılaştırıldığında polen, arı sütü, propolis gibi diğer arı ürünlerinin üretimi yeter düzeyde değildir (Karacaoğlu ve ark., 2020). Türkiye, yılda ortalama 10 ton kadar arı sütü ithal etmekte ve yaklaşık olarak 500 kg arı sütü üretmektedir (Yavuz, 2021).

Çin'de ticari arı sütü üretimi belirli bölgede, erken ilkbaharda başlayıp kasım ayına dek sürdürülür. Bu nedenle arı sütü üretimi için erken ilkbaharda güçlü koloniler ve uygun ekoloji gerekir. Ülkemizde, arı sütü üretimi için Akdeniz ikliminin egemen olduğu İzmir, Aydın, Muğla ve Antalya İlleri en uygun yörelerdir. Ayrıca bölgede yetiştirilen, Anadolu Arısı'nın Ege Ekotipi (Muğla arısı), Kafkas ve Anadolu Arısı'nın diğer ekotiplerinden daha fazla yavru yetiştirdiği ve ilkbaharda daha hızlı gelişme gösterdiği bildirilmiştir (Güler ve Kaftanoğlu, 1999; Karacaoğlu ve Uçak, 2002; Gençer ve Karacaoğlu, 2003). Ege ekotipinin (Muğla arısı), Kafkas ırkı ve melezlerine kıyasla daha fazla miktarda arı sütü ürettiği yapılan birkaç çalışmada bildirilmiştir (Karacaoğlu ve ark., 2004; Erdoğan ve ark., 2017). Bu çalışmada ise, Anadolu Arısı Muğla Ekotipi ve Kafkas melezi kolonilerde üretilen arı sütlerinde 10-Hidroksi Dekanoik Asit (10-

HDA), toplam protein ve majör arı sütü proteinlerinin molekül ağırlıkları belirlenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Arı ve İpekböceği Araştırma ve Uygulama Birimi'ndeki arı kolonilerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Aydın koşullarında doğal çiftleşmiş Kafkas ana arılarından oluşturulmuş 5 adet Kafkas Melezi (KM) kolonisi ve 5 adet Muğla ekotipi (ME) kolonisi arı sütü üretiminde kullanılmıştır. Kolonilerin ana arıları larva transferinden 2 gün önce, 1 adet kabarmış boş bir çerçeve ve 1 adet ballı polenli çerçeve ile plastik sınırlandırma kafesine konulmuştur. Larva transferinin yapılacağı gün bu koloniler arı sütü üretimi için hazırlanmıştır. Kolonilerin hazırlanmasında kafes dışındaki tüm çerçeveler kontrol edilerek açık yavru ve yumurtalı olan tüm çerçeveler toplanmış, polenli ve ballı çerçeveler bırakılmıştır. Her bir kolonide yaklaşık olarak 1,8-2 kg arası işçi arı popülasyonuna sahip olmuştur. Haftada bir kolonilere kendi genotip grubundan çıkmak üzere olan kapalı yavrulu işçi arı takviyesi yapılmıştır. Larva transferi için balmumundan yapılmış ana arı yüksükleri kullanılmış, her koloniye 40'ar adet larva aktarılmış ve larva transferinden 72 saat sonra arı sütü hasatı yapılmıştır (Şekil 1). Her iki gruba (KM ve ME) toplam 2000 adet larva aktarılmıştır. Koloniler deneme süresince şeker şurubu ile beslenmiştir.



Şekil 1. Arı sütü üretim kovanından 72 saat sonra alınan yüksüklerin görünümü (Foto: 2. yazar)  
*Figure 1. Appearance of the queen cell taken from the royal jelly production hive after 72 hours (Photo: 2<sup>nd</sup> author)*

Arı sütü hasadında, kabul edilen larvalar sayılarak larva kabul oranı belirlenmiştir. Daha sonra ana arı yüksüklerinin boyları ısıtılmış bistüri yardımıyla kısaltılmış, ana arı larvaları forseps ile tek tek toplanmıştır (Şekil 2). Hemen ardından bir koloniye ait olan 2 çıta tartılarak not edilmiş ve ahşap kaşıkla rastgele yaklaşık 2 gr arı sütü örneği ependorf tüplerine toplanmıştır. Yüksüklerde kalan arı sütleri arı sütü vakum cihazıyla tamamen toplanmış, boş kalan yüksüklü çıtalar yeniden tartılarak, arı sütü verimi hesaplanmıştır. Daha sonra da toplam arı sütü miktarı kabul edilen yüksük sayısına bölünerek saptanmıştır. Hasat edilen arı sütü örnekleri analize kadar -20°C'de depolanmıştır.



Şekil 2. Yüksüklerin kesilmesi, larvaların toplanması ve AS örneklerinin toplanması (Foto: 2. Yazar)

*Figure 2. Cutting the queen cell, collecting the larvae and collecting royal jelly samples (Photo: 2<sup>nd</sup> Author)*

### **Kimyasal analiz**

Arı sütünde 10-HDA tayini Türk Standartları Enstitüsü'ne göre (TS 6666/Aralık 2000'e göre) HPLC yöntemiyle (Bloodworth ve ark., 1995; Garcia-Amoedo ve Almeida Muradian, 2003, 2007), toplam protein analizleri Bradford yöntemine göre yapılmıştır (Bradford, 1976). Başlıca arı sütü proteinlerinin (MASP) tanımlanması ve moleküler ağırlıklarının belirlenmesi, Laemmli'nin (1970) SDS-PAGE (sodyum dodesil sülfat-poliakrilamid jel elektroforezi) yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

### **İstatistiksel analiz**

Verilerin istatistiksel analizinde SAS ve Minitab paket programları kullanılmış olup alt grupların karşılaştırılması Duncan'a göre yapılmıştır ( $P < 0,05$ ).

### **Bulgular ve Tartışma**

Deneme kolonilerinin aşılama randımanları Tablo 1'de verilmiştir. Araştırmada varyans analizi sonuçlarına göre genotip, hasat dönemi ve genotip\*hasat dönemi etkileşiminin aşılama verimi üzerindeki etkileri istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0,05$ ).

Tablo 1. Genotiplerin hasat dönemlerine göre aşılama randımanları (%)

*Table 1. Grafting efficiencies of genotypes according to harvest periods (%)*

	Hasat Dönemleri						Genel
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
ME	62.0±8.9	48.1±10.0	51.0±8.98	42.5±8.98	68.1±10.0	63.8±10.0	55.9±3.8
KM	59.5±8.9	44.4±10.0	45.6±10.0	57.5±10.0	65.0±10.0	70.0±11.6	57.0±4.1
Gene	60.8±6.3	46.3±7.11	48.3±6.74	50.0±6.74	66.6±7.11	66.9±7.68	

Bu araştırma, tüm genotip gruplarında Aşılama randımanı (AR)'nın düşük olduğunu ve ortalama %70'e kadar olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada AR düşük olması olağandır çünkü AS üretimi ana arılı (kafeslenmiş) kolonilerde yapılmıştır. Ana arı iki çerçevede sınırlandırılrsa da, ana arının ve yavruların feromonları ana arı yetiştirme isteğini azaltmıştır. Arslan ve Hamgir (2010) ana arısız kolonilerde AR %59,44 ( $\pm 20,44$ ) ve ana arılı kolonilerde AR 44,55 ( $\pm 20,13$ ), Şahinler ve Kaftanoğlu (2005), ana arısız kolonilerde AR %88,2 ve ana arılı kolonilerde AR %72,1 Karacaoğlu ve ark. (2004) ise, ana arısız kolonilerde AR'nını %75 olarak bildirmişlerdir.

Bu çalışmada (Tablo 2), genotip (KM ve ME), hasat dönemi (1, 2, 3, 4, 5, 6) ve genotip\*hasat dönemi interaksiyonunun kolonilerin arı sütü verimi (ASV) üzerine etkileri istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0,05$ ).

Tablo 2. Genotiplerin hasat dönemlerine göre arı sütü verimleri (g)

Table 2. Royal jelly yields of genotypes according to harvest periods (g)

	Hasat Dönemleri						Genel
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
ME	12.4 $\pm$ 2.00	7.0 $\pm$ 2.23	10.6 $\pm$ 2.00	5.4 $\pm$ 2.00	8.0 $\pm$ 2.23	7.0 $\pm$ 2.23	8.4 $\pm$ 0.87
KM	8.8 $\pm$ 2.00	6.0 $\pm$ 2.23	12.0 $\pm$ 2.23	6.3 $\pm$ 2.23	9.8 $\pm$ 2.23	8.3 $\pm$ 2.58	8.5 $\pm$ 0.92
Genel	10.6 $\pm$ 1.41	6.5 $\pm$ 1.59	11.3 $\pm$ 1.51	5.8 $\pm$ 1.51	8.9 $\pm$ 1.59	7.7 $\pm$ 1.71	

ME kolonilerinden her hasatta elde edilen arı sütü miktarı koloni başına ortalama 8.4 $\pm$ 0.87 g iken KM kolonilerinde de 8.5 $\pm$ 0.92 g olarak saptanmıştır. Arı sütü ile ilgili yapılan benzer çalışmalarda, Kafkas ve Kafkas melez genotiplerin (Şahinler ve Kaftanoğlu, 2005; Karacaoğlu ve ark., 2004) koloni başına ASV'yi Anadolu Arısı Muğla Ekotiği ve Karniyol ırkıdan farklı ve önemli olduğu bildirilmiştir. Koloni başına ASV bir çalışmada 7.598 $\pm$ 0.271 g (Kutluca ve ark., 1998) bir başka çalışmada ise (Şahinler ve Kaftanoğlu, 2005), ana arılı kolonilerde ortalama 6.9 g ve ana arısız kolonilerde ise 9.8 g olarak saptanmıştır.

Üretim sezonunda koloni başına verim, AS üretimi yapan bir arıcılık işletmesinde verimliliğin ana göstergesidir. ASV, arı sütü salgılayan işçi arıların sayısına ve yaşına, transfer edilen larva sayısına ve yaşına, AS hasat aralığına (24, 48 ve 72 saat), AS üretimi yapılan koloninin genotipine, mevsime, nektar ve polen kaynaklarının zenginliğine bağlı olduğu bildirilmiştir (Kutluca ve ark., 1998; Karacaoğlu ve ark., 2004; Şahinler ve Kaftanoğlu, 2005; Uçak Koç ve ark., 2022; Uçak Koç ve ark., 2023).

Bu çalışmada, hasat döneminin (1, 2, 3, 4, 5 ve 6) ana arı yüksük başına arı sütü verimi (YBASV) üzerine etkileri önemli ( $P < 0,05$ ), genotip (KM ve ME) ve genotip\*hasat dönemi interaksiyonunun YBASV üzerine etkileri önemsizdir. KM kolonilerinde YBASV ortalama 354.9 $\pm$ 28.3 mg ve ME kolonilerinde YBASV ortalama 386.5 $\pm$ 26.5 mg olarak saptanmıştır (Tablo 3). Kolonilerde arı sütü üretiminin 9. gününde yani 3. hasatta YBASV ortalaması 505.8 $\pm$ 45.9 mg) ile 18. günde yani 6. dönem son hasatta YBASV (290.7 $\pm$ 52.3) farklı ve önemli ( $P < 0,05$ ) bulunmuştur.

Arı sütü ile ilgili yapılan çalışmalardan birinde, 30 adet larva transferi yapılan üretim kolonilerinde YBASV ortalama 217.9 mg, 45 adet larva transferi yapılan üretim kolonilerinde YBASV'yi ortalama 191.0 mg olarak bildirmişlerdir (Kutluca ve ark., 1998). Bir başka çalışmada Muğla'da YBASV'yi 324 mg, Kafkas melez kolonilerde 299 mg (Karacaoğlu ve ark., 2004), Erdoğan ve ark. (2017) ise, Muğla ve İtalyan melez kolonilerde sırasıyla YBASV'yi



ortalama 245.3 mg ve 187.8 mg olarak saptamışlardır. Bu konuda yapılan çalışmalarda, koloniye verilen yüksük sayısı (larva sayısı) arttıkça YBASV'nin azaldığı görülmektedir.

Tablo 3. Genotiplerin hasat dönemlerine göre yüksük başına arı sütü verimleri (mg)  
Table 3. Royal jelly yield (mg) per queen cell of genotypes according to harvest periods

	Hasat Dönemleri						Genel
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
ME	461.2±61.3	358.2±68.5	555.8±61.	380.4±61.3	284.3±68.5	279.3±68.	386.5±26.
KM	378.3±61.3	348.5±68.5	455.9±68.	269.7±68.5	375.0±68.5	302.0±79.	354.9±28.
Gen	419.8±43.3	353.3±48.4	505.8±45.	325.1±45.9	329.6±48.4	290.7±52.	

P<0.05 a,b (Farklı harfler farklı grupları gösterir)

P<0.05 a,b (Different letters indicate different groups)

Yaptığımız bu çalışmada, arı sütü üretiminde kullanılan her bir koloni 18 gün boyunca aralıksız olarak arı sütü üretmiştir. Bu süreçte kolonilerin ana arısı sınırlandırma kafesinde tutulduğu için 4-5 günde bir kafes içindeki çerçeveler alınarak uygun yaştaki larvalar aşılama kullanılmıştır. Ayrıca kolonilere kendi genotipinden 3-4 günde bir çıkmak üzere olan kapalı yavru takviyesi yapılmış olmasına karşın AS üreten kolonilerin 15 günden sonra larva beslemeye olan eğilimlerinin azaldığı görülmüştür.

Bu çalışmada genotip ve genotip\*hasat dönemi interaksiyonunun arı sütündeki toplam protein (TP) oranı üzerine etkileri önemsiz, hasat dönemlerinin TP oranı üzerine etkileri istatistiki olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur.

Tablo 4'de de görüldüğü gibi, ilk dört hasatta TP oranları ortalama %12-%13.8 aralığında seyrederken, beşinci hasatta %17 ve son hasatta ise aniden %9,8'e düşmüştür. Bu durum genotipler bakımından incelendiğinde benzer durum görülmüştür. Arı sütünde TP oranlarının hasat dönemleri arttıkça azalması beklenen bir durum iken aniden yükselmesi ve azalması tek bir nedenle açıklanabilir bir durum değildir.

Tablo 4. Genotiplerin hasat dönemlerine göre arı sütü toplam protein oranları (%)  
Table 4. Total protein ratios (%) of royal jelly according to the harvest periods of genotypes

	Hasat dönemleri						Genel
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
ME	13.5±1.42	11.9±1.59	13.8±1.42	13.8±1.42	17.4±1.59	9.8±1.59	13.4±0.6
KM	14.1±1.42	12.4±1.59	11.1±1.59	12.7±1.59	17.0±1.59	9.7±1.84	12.8±0.6
Gene	13.8±1.00 <sup>a</sup>	12.2±1.13 <sup>a</sup>	12.4±1.07 <sup>a</sup>	13.3±1.07 <sup>a</sup>	17.2±1.13	9.8±1.22	

P<0.05 a,b; (Farklı harfler farklı grupları gösterir)

P<0.05 a,b; (Different letters indicate different groups)

Bu çalışmada elde ettiğimiz TP oranları genel olarak literatür ile uyumludur (Liu ve ark., 2008; Zheng ve ark., 2011; Ramadan ve Al Ghamdi, 2012; Wytrychowski ve ark., 2013; Yavuz ve Gürel, 2017; Kamyab ve ark., 2020; Okuyan, 2020; Uçak Koç ve ark., 2022; 2023; Oskay ve Bayrak, 2022). TSE standartlarına göre, saf arı sütü en fazla %14.5 protein içermeli ibaresi geçse de, yapılan çeşitli çalışmalarda arı sütündeki protein oranının %9-18 arasında olduğu

bildirilmiştir (Schmitzova ve ark., 1998; Santos ve ark., 2005; Drapeau ve ark., 2006; Shinkhede ve Tembhare, 2009, Karacaoğlu ve ark., 2019).

Bu çalışmada arı sütünün majör yağ asiti olan 10 hidroksi dekanoyik asit (10-HDA) KM kolonilerinde üretilen arı sütünde 10 HDA %2.34±0.18 iken, ME kolonilerinden elde edilen arı sütünde 10 HDA % 2.47±0.16 olarak belirlenmiştir (Tablo 5). 10-HDA aralığı %2.01-2.75 arasında değişmiştir ve bazı çalışmalarla uyumlu bulunmuştur (Liu ve ark., 2008; Zheng ve ark., 2011; Yavuz ve Gürel, 2017; Uçak Koç ve ark., 2022; 2023).

Tablo 5. Genotiplerin hasat dönemlerine göre arı sütü 10-HDA oranları (%)

Table 5. 10-HDA Rates (%) of genotypes according to harvest periods

	Hasat Dönemleri						Genel
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
ME	2.49±0.16	2.66±0.18	2.20±0.16	2.43±0.16	2.41±0.18	2.64±0.21	2.47±0.16
KM	2.75±0.16	2.60±0.18	2.36±0.18	2.01±0.18	2.13±0.18	2.22±0.21	2.34±0.18
Genel	2.62±0.16	2.63±0.18	2.28±0.18	2.22±0.18	2.27±0.16	2.43±0.19	

Arı sütü üretim kolonilerinde yapılan farklı uygulamaların AS içeriğine etkisi ile ilgili araştırmalar sınırlı sayıdadır. Bu çalışmalarda da transfer edilen larvanın yaşı ve sayısı, hasat aralığı gibi faktörlerin arı sütü içeriğini etkilediği saptanmıştır (Liu ve ark., 2008; Zheng ve ark., 2011; Kösoğlu ve ark., 2013; Karacaoğlu ve ark., 2019). E vit ve koenzim Q10 ile ek besleme yapılmasının arı sütü içeriğine etkisi olmadığı bildirilmiştir (Okuyan, 2020). Bir başka çalışmada, şeker şurubu ile beslenen kolonilerin ürettiği arı sütünün 10-HDA oranını %2.5 şeker şurubu + polen ikamesi ile beslenen kolonilerin arı sütünün 10-HDA oranını ise %4 olarak bildirmişlerdir (Oskay ve Bayrak, 2022). Arı sütündeki 10-HDA içeriğinin farklı iklim bölgelerinde önemli ölçüde değiştiğini, sıcak ve kurak bölgelerde üretilen arı sütündeki 10-HDA miktarlarının daha yüksek olduğu (%2.44) bildirilmiştir (Kamyab ve ark., 2020). Yine bir çalışmada, 10-HDA oranının hasat aralığına göre önemli ölçüde değiştiğini (Karacaoğlu ve ark., 2019), 10-HDA içeriğine larvaların yaşının ve hasat zamanının etkisi olduğu belirlenmiştir (Liu ve ark., 2008). Balkanska (2018), fırıncılık mayası ile beslenen kolonilerin ürettiği arı sütü 10-HDA oranını (%2.13 ± 0.27), kontrol grubuna göre (%1.89 ± 0.22) daha yüksek bulmuştur.

Bu çalışmada ME ve KM kolonilerinden elde edilen AS'lerde MASP1 için molekül ağırlığı sırasıyla 47.5 ve 46.8 kDa olarak belirlenmiş, bazı çalışmalarda 55-57 kDa arasında olduğunu bildirmişlerdir (Malecova ve ark., 2003; Peixoto ve ark., 2009; Sakla ve El-shafeiy, 2022). Bu çalışmada ME ve KM kolonilerinden elde edilen AS'lerde MASP2 için molekül ağırlığı sırasıyla 68.8 ve 68.2 kDa olarak belirlenirken, Imjongjirak ve ark. (2005) ve Schmitzova ve ark. (1998) ise MASP2'nin moleküler ağırlığını 72 kDa olarak belirlemişlerdir. Yine Santos ve ark., (2005) Avrupa bal arılarında MASP2'nin moleküler ağırlığının 50.6 ile 59.9 kDa arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ME ve KM için MASP3 sırasıyla 83.9 ve 83.2 kDa olarak belirlenirken Santos ve ark., (2005)'nin MASP3 için tespit ettiği değer aralığında (80.6 Da-87.0 kDa) bulunmuştur. Yine bu çalışmada MASP5 için tespit edilen molekül ağırlığı ME ve KM kolonilerinden elde edilen AS'lerde molekül ağırlığı sırasıyla 105 ve 107,2 kDa olarak belirlenirken 80,9 kDa, Santos ve ark.(2005)'nin belirlediği değere benzerdir.

MASP molekül ağırlıkları ile ilgili yapılan çalışmalarda da önemli ölçüde farklılık vardır. Arı sütü üretiminde uygulanan teknikler ve diğer çevresel ve genetik değişkenler, protein

miktarında değişiklikler olduğunu göstermiştir (Imjongjirak ve ark., 2005; Tamura ve ark., 2009). MASP ailesi üzerine ilk çalışmalar 90'lı yıllarda başlamıştır. Teknolojik gelişmeler nedeniyle son yıllarda bu konuda daha fazla çalışma yapılırsa da, aile hakkında yeterince bilgi yoktur. MASP ailesi hakkında keşfedilecek yeni bilgilerin ortaya çıkması için bu konuda daha çok sayıda farklı bilim dalının katılımı gerekecektir.

Bu araştırmada, ana arılı kolonilerde arı sütü üretilmiştir. Ticari arı sütü üretiminde başlatıcı ve bitirici koloniler tipik olarak kullanılır. Başlatıcı bitirici kolonilerin hazırlanması ve düzenlenmesi, iyi bir koloni yönetimi ve bilgi gerektirir. Bu çalışmadaki kafes modeli, küçük işletmeler için uygundur. Arı sütü üretimi yapmak isteyen küçük işletmeler, arılıktaki genç ana arı kolonilerine kafes uygulaması ile arı sütü üretebilirler. Bu uygulamada ana arı iki çerçeve ile bir kafese yerleştirildiği için, özellikle arı sütü üretiminde çok sayıda bir günlük larva ihtiyacı da pratik bir şekilde karşılanacaktır.

## Sonuç

Bal arısı, insanlar ve bitkiler için en tanınmış ve önemli böceklerden biri olup, arıcılık ve tozlaşma için hayati öneme sahiptir. AS, insan sağlığını destekleyen ve bal arısı gelişimi ve üremesi için hayati önem taşıyan gıdalarda ve kozmetiklerde sıklıkla kullanılan doğal ürünlerdir. Virüs salgınları nedeniyle bağışıklık sisteminin güçlü tutulması ve doğal ve fonksiyonel gıdalara olan ilginin artması son zamanlarda arı ürünlerini de gündeme getirmiştir.

Bu araştırmada, ana arısı sınırlandırılmış Kafkas melezi ve Muğla genotipi kolonilere (5'er koloni) 40'ar tane 1 günlük larva transferi yapılmıştır. Genel olarak aşılama randımanı %55-57, koloni başına arı sütü verimi 6-12 g arasında değişmiştir. Genotipler bakımından koloniler benzerlik göstermiş, arı sütü üretiminde hasat dönemlerine göre toplam protein oranları önemli oranda değişmiştir. Arı sütündeki 10-HDA bakımından hasat dönemleri ve genotipler birbirine benzer ve majör arı sütü proteinlerinin molekül ağırlıkları genotipler bakımından benzerdir.

Ülkemizde arı sütü üretimi çok sınırlı miktarlardadır. Çünkü arı sütü üretimi bilgi-beceri, disiplin, ekip, organizasyon ve yoğun emek isteyen bir uğraştır. Bu nedenle AS üretimi yapan üretici sayısı azdır. Bu çalışmada kullanılan arı sütü üretim biçimi (ana arının 2 çerçevede sınırlandırılması) ile arıcular küçük miktarlarda da olsa arı sütü üretebilirler ve tecrübe edinip kendilerine güvenleri geldiğinde ticari boyuta geçebilirler. Çünkü bu çalışmada uygulanan yöntem başlatıcı-bitirici kolonilere göre daha az beceri isteyen, transfer edilecek uygun yaşta larvaya ulaşımın daha kolay olduğu ve arı sütü üretim kolonilerinin ana arılı oldukları için çalışmanın daha rahat olduğu bir uygulamadır. Bu yöntemle ana arısını yenilemeye gerek kalmadan 15 gün boyunca arı sütü üretmek mümkündür. Ayrıca Aydın ilinin de içinde yer aldığı Ege Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ile birlikte diğer bölgelere göre arı sütü üretimini uzun süre (5-7 ay) yapmak, ayrıca bölgenin sıcak ve kurak olmasından dolayı da arı sütünün kalitesi bakımından da önemlidir. Yapılan bir çalışmada, sıcak ve kurak iklime sahip olan bölgelerde nemli bölgelere göre üretilen arı sütlerinin 10-HDA, protein ve B grubu vitamin içeriklerinin daha zengin olduğu belirtilmiştir (Kamyab ve ark., 2020).

Arı sütünün bağışıklık proteinleri olarak da adlandırılan majör arı sütü proteinleri ve majör yağ asidi 10-HDA arı sütüne fonksiyonel özellik kazandıran bileşiklerdir. Günümüzde, standarda göre arı sütünün tazeliğinin ve gerçekliğinin göstergesi 10-HDA'dır. Yapılan



çalışmalarda arı sütünde, en bol bulunan ve üzerinde en çok çalışılan MASP1'in bu kriterler arasında yer alacağı öngörülmektedir. MASP ailesi ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlıdır. Gelecekte, sağlanan teknolojik yaklaşımlarla birlikte yapılacak araştırmalarla arı sütünün MASP ailesi hakkında yeni bilgiler keşfedilecektir.

## Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli maddi desteği sağlayan Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: ZRF-20023) teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Arslan, S., Hamgir, B., 2010. Ana arı üretiminde farklı koloni popülasyonuna sahip analı ve anasız başlatma kolonileri ile üretim mevsiminin ana arı kalitesi ve yetiştiricilik parametreleri üzerine etkileri. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University, (2): 81-88.
- Balkanska, R., 2018. Determination of trans-10-hydroxy-2-decenoic acid in royal jelly by high performance liquid chromatography after different bee feeding. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(4), 3738-3743.
- Bloodworth, B.C., Harn, C.S., Hock, C.T., Boon, Y.O., 1995. Liquid chromatographic determination of trans-10-hydroxy -2-decenoic acid content of commercial products containing royal jelly. Journal of AOAC International 78 (4): 1019-1023.
- Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72:248-254.
- Delaplane, K. S., Mayer, D. F., 2000. Crop pollination by bees. CABI publishing.
- Drapeau, M.D., Albert, S., Kucharski, R., Prusko, C., Maleszka, R., 2006. Evolution of the Yellow/Major Royal Jelly Protein family and the emergence of social behavior in honey bees. Genome Research, 16(11), 1385-1394.
- Erdoğan, A., Uçak Koç, A., Karacaoğlu, M., 2017. Anadolu Arısı Ege Ekotipi (*Apis mellifera anatoliaca*) ve İtalyan (*Apis mellifera ligustica*) X Ege Melezi Bal Arılarının ve Farklı Yüksük Sayılarının Arı Sütü Verimleri Üzerine Etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 21 (1): 91-98.
- Garcia-Amoedo, L.H., Almeida-Muradian, L.B., 2003. Determination of trans 10-hydroxy-2-decenoic acid (10- HDA) in Brazilian royal jelly. Ciencia y tecnología de alimentos 23, Supl.: 62–65.
- Garcia-Amoedo, L.H., Almeida-Muradian, L.B., 2007. Physicochemical composition of pure and adulterated royal jelly. Química Nova 30(2): 257-259
- Gençer, H. V., Karacaoğlu, M., 2003. Kafkas ırkı (*Apis mellifera caucasica*) ve Kafkas Irkı ile Anadolu Arısı-Ege Ekotipi (*Apis mellifera anatoliaca*)'nin Karşılıklı Melezlerinin Ege Bölgesi Koşullarında Yavru Yetiştirme Etkinlikleri ve Bal Verimleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 13(1): 61-65.

- Güler A., Kaftanoğlu O., 1999. Türkiye'deki önemli balarısı (*Apis mellifera* L.) ırk ve ekotiplerinin göçer arıcılık koşullarında performanslarının karşılaştırılması. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 23, 577-581.
- Imjongjirak, C., Klinbunga, S., Sittipraneed, S., 2005. Cloning, expression and genomic organization of genes encoding major royal jelly protein 1 and 2 of the honey bee (*Apis cerana*). *BMB Reports*, 38(1), 49-57.
- Kamyab, S., Gharachorloo, M., Honarvar, M., Ghavami, M., 2020. Quantitative Analysis of Bioactive Compounds Present In Iranian Royal Jelly. *Journal of Apicultural Research*, 59 (1) 42–52.
- Karacaoğlu, M., Uçak, A., 2002. Güney Ege koşullarında farklı dönemlerde yetiştirilen ana arılar ile oluşturulan kolonilerin gelişimi. III. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 14-16.
- Karacaoğlu, M., Kösoğlu, M., Uçak Koç, A., 2004. Farklı yöntemlerin Ege ekotipi (*A. m. anatoliaca*) ve Kafkas (*A. m. caucasica*) x Ege melezi bal arılarının arı sütü verimleri üzerine etkileri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1): 29-33.
- Karacaoğlu, M., Uçak Koç, A., Bakır, B.Z., Metin, K., Keser, B., Birincioğlu, B., 2019. The effect of harvest time and number of queen cell on 10-HDA and total protein content in royal jelly. 11. International Animal Science Conference, Cappadocia, Turkey, 20-22 October 2019; p:380-384.
- Karacaoğlu, M., Gençer, H. V., Uçak Koç, A., Kahya, Y., 2020. Arıcılık sektöründe mevcut durum kısıtlar ve fırsatlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2, 159.
- Kösoğlu, M., Yücel, B., Gökbulut, C., Konak, R. Bircan, C., 2013. The effect of harvesting time on some biochemical and trace element compositions of royal jelly. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 233-237.
- Kutluca, S., Genç, F. Dodoloğlu, A., 1998. Besleyici kolonilere verilen ana arı yüksüklerinin sayısı ile hasat aralığının kolonilerin arısütü verimine etkisi. *Tr J of Veterinary and Animal Sciences*, 22: 363-369.
- Laemmli, U.K., 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.
- Liu, J.R., Yang, Y.C., Shi, L.S., Peng, C.C., 2008. Antioxidant Properties of Royal Jelly Associated with Larval Age and Time of Harvest. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 11447–11452.
- Malecova, B., Ramser, J., O'Brien, J. K., Janitz, M., Judova, J., Lehrach, H., Simuth, J., 2003. Honeybee (*Apis mellifera* L.) mrjp gene family: computational analysis of putative promoters and genomic structure of mrjp1, the gene coding for the most abundant protein of larval food. *Gene*, 303, 165-175.
- McGregor, S. E., 1976. Insect pollination of cultivated crop plants (No. 496). Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.
- Okuyan, S. 2020. E vitamini ve ko-enzim q10'un arı sütünün bazı kimyasal ve üretim parametreleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Oskay, D., Bayrak, G., 2022. Investigation of yield and some quality features of royal jelly harvested from honeybee colonies fed with food substitutes. *Hayvansal Üretim*, 63(2), 98-104.

- Peixoto, L. G., Calabria, L. K., Garcia, L., Capparelli, F. E., Goulart, L. R., de Sousa, M. V., Espindola, F. S., 2009. Identification of major royal jelly proteins in the brain of the honeybee *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology*, 55(8), 671-677.
- Ramadan, M.F., Al-Ghamdi, A., 2012. Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 39-52.
- Santos, K. S., dos Santos, L. D., Mendes, M. A., de Souza, B. M., Malaspina, O., Palma, M. S., 2005. Profiling the proteome complement of the secretion from hypopharyngeal gland of Africanized nurse-honeybees (*Apis mellifera* L.). *Insect Biochemistry And Molecular Biology*, 35(1), 85-91.
- Sakla, R., El-Shafeiy, S., 2022. Evaluation of royal jelly quality and queens production by using natural food supplements in honeybee colonies. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 100(4), 458-466.
- Schmitzova, J., Klaudiny, J., Albert, S., Schroder, W., Schreckengost, W., Hanes, J., 1998. A family of major royal jelly proteins of the honeybee *Apis mellifera* royal jelly. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 389: 1087-1093.
- Shinkhede, M.M., Tembhare, D.B., 2009. Royal Jelly Protein and Lipid Composition in *Apis cerana indica* F. *International Journal of Industrial Entomology*, 18(2), 139-142.
- Şahinler, N., Kaftanoğlu, O., 2005. The effects of season and honeybee (*Apis mellifera* L.) genotype on acceptance rates and royal jelly production. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29: 499-503.
- Tamura, S., Amano, S., Kono, T., Kondoh, J., Yamaguchi, K., Kobayashi, S ... Moriyama, T., 2009. Molecular characteristics and physiological functions of major royal jelly protein 1 oligomer. *Proteomics*, 9(24), 5534-5543.
- Uçak Koç, A., Karacaoğlu, M., Bakır, Z.B., Kızılkaya, K., 2022. Determination of total protein, trans-10-Hydroxy-2-Decenoic Acid (10-HDA) and major royal jelly proteins in royal jelly produced at different harvest times in queenless and queenright colonies. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(1), 109-117.
- Uçak Koç, A., Karacaoğlu, M., Uygun, M., Bakır, Z.B. Keser, B., 2023. Effect of harvesting time and the number of queen cell cups on royal jelly composition. *Journal of Apicultural Research*, 62(3), 478-484.
- Wytrychowski, M., Chenavas, S., Daniele, G., Casabianca, H., Batteau, M., Guibert, S. Brion, B., 2013. Physicochemical characterisation of French royal jelly: Comparison with commercial royal jellies and royal jellies produced through artificial bee-feeding. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29(2), 126-133.
- Yavuz, İ., 2021. Apiterapi Karışımlarında Kullanılan Arı Sütünde 10-HDA'nın Termal Degradasyonunun Belirlenmesi ve Arı Sütünün Fonksiyonel Gıda Üretiminde Kullanımı. Doktora Tezi, Akdeniz Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Yavuz, İ., Gürel, F., 2017. Chemical properties of the royal jellies in Turkish markets (Türkiye'de satışa sunulan arı sütlerinin kimyasal özellikleri). *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(3): 281-285.
- Zheng, H.Q., Hu, F.L. Dietemann, V., 2011. Changes in composition of royal jelly harvested at different times: consequences for quality standards. *Apidologie*, 42: 39-47.



## Neonikotinoid İsektisitlerin *Bombus (Bombus terrestris L.)* Arısı Bireylerinde Hafıza ve Öğrenme Davranışına Etkisi

İsmail Yaşhan BULUŞ<sup>\*1</sup>, Selcan TİMÜROĞLU<sup>2</sup>, Ayhan GÖSTERİT<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 32260, Isparta-Türkiye

İsmail Yaşhan BULUŞ, ORCID No: [0000-0003-4418-588X](https://orcid.org/0000-0003-4418-588X), Selcan TİMÜROĞLU, ORCID No: [0000-0002-7258-4143](https://orcid.org/0000-0002-7258-4143), Ayhan GÖSTERİT, ORCID No: [0000-0001-9686-7992](https://orcid.org/0000-0001-9686-7992)

### MAKALE BİLGİSİ

### ÖZ

#### Araştırma Makalesi

Geliş: 01.03.2024  
Kabul: 29.04.2024

#### Anahtar Kelimeler

*Bombus terrestris*  
Bombus arısı  
Acetamiprid  
Öğrenme ve hafıza

#### \* Sorumlu Yazar

y.bulus@alparslan.edu.tr

Gerek polinasyon amacıyla tarımsal üretimde kullanıldığında gerekse doğal yaşam alanlarında çeşitli insektisitlere farklı şekil ve düzeyde maruz kalan arılar beslenme reflekslerini, yön bulma becerilerini kaybedebilir veyahatta ölebilirler. İsektisitlerden neonikotinoid grubunda yer alan Acetamiprid etken maddeli insektisitler tıpkı diğer neonikotinoidler gibi arıların yön bulma, öğrenme ve hafıza becerilerini olumsuz etkilemektedir. *Bombus terrestris* koloni bireyleri (ana, işçi ve erkek arı) koloni yaşam döngüsünün belirli dönemlerinde besin toplama veya çiftleşme gibi farklı amaçlar için koloniden ayrılmakta ve insektisitlere maruz kalabilmektedir. Bu çalışmada, *B. terrestris* koloni bireylerinden oluşan 5 grup (Grup 1: Çiftleşmemiş genç ana arı grubu, Grup 2: Çiftleşmiş, diyapoz dönemini tamamlamış, ancak yumurtlamamış ana arı grubu, Grup 3: Çiftleşmiş, diyapoz dönemini tamamlamış ve yumurtlamış ana arı grubu, Grup 4: İşçi arı grubu, Grup 5: Erkek arı grubu) Acetamiprid etken maddeli insektisit (Hekplan®, HEKTAŞ) tavsiye edilen dozunun 5 farklı oranına (0 (kontrol), 1/1000, 1/100, 1/10, 1/1) maruz bırakılmıştır. İsektisite maruz kalan arıların öğrenme ve hafıza davranışları klasik koşullandırma yöntemi ile belirlenmiştir. Her maruziyet uygulaması için 20 adet olmak üzere toplam 500 adet (5 grup x 5 doz x 20 arı) ergin birey kullanılmıştır. Sonuçlara göre klasik koşullandırma yöntemi uygulanan 3 ana arı grubundaki bireylerin işçi ve erkek arı gruplarındaki bireylere göre hem daha geç öğrenmeye başladığı hem de daha az sayıda bireyin dil çıkarma davranışı sergilediği belirlenmiştir. Hafıza çalışmalarındaki ölçümler öğrenme çalışmasından sonra 1., 2., 6. ve 12. saatlerde yapılmıştır. İsektisitten en çok etkilenen grupların ana arı grupları olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, Acetamiprid etken maddeli neonikotinoid insektisit bombus arısı bireylerinin öğrenme ve hafıza yeteneklerini farklı düzeylerde etkilediğini ortaya koymuştur.

## Effect of Neonicotinoid Insecticides on Memory and Learning Behavior in Bumblebee (*Bombus terrestris L.*) Individuals

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

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

Buluş, İ.Y., Timuroğlu, S., Gösterit, A., 2024. Neonikotinoid insektisitlerin *Bombus (Bombus terrestris L.)* Arısı bireylerinde hafıza ve öğrenme davranışına etkisi, *Journal of Animal Science and Products (JASP)* 7 (1):30-41.

DOI: [10.51970/jasp.1444967](https://doi.org/10.51970/jasp.1444967)

---

**Research Article**

Received : 01.03.2024

Accepted : 29.04.2024

---

**Keywords**

*Bombus terrestris*

Bumblebee

Acetamiprid

Learning and memory

---

**\* Corresponding Author**

y.bulus@alparslan.edu.tr

Bees that are exposed to various insecticides in different ways and levels, both when used in agricultural production for pollination purposes and in their natural habitats, may lose their feeding reflexes and navigation skills, and may even die. Acetamiprid, an active ingredient in insecticides belonging to the neonicotinoid group, negatively affects the navigation abilities of bees, thus also affecting their learning and memory abilities adversely like other neonicotinoids. *Bombus terrestris* colony individuals (queen, worker and males) leave the colony for different purposes such as collecting food or mating at certain periods of the colony life cycle and may be exposed to insecticides. In this study, five main groups of colony individuals were designed (Group 1: Unmated young queens, Group 2: mated, diapaused but non-egg-laying queens, Group 3: mated, diapaused and egg-laying queens, Group 4: workers, and Group 5: males). Bees were exposed to 5 different rates (0 (control), 1/1000, 1/100, 1/10, 1/1) of the recommended dose of the Acetamiprid-based insecticide (Hekplan®, HEKTAŞ). Learning and memory behaviors of bees exposed to insecticides were determined by the classical conditioning method. A total of 500 adult individuals (5 groups x 5 doses x 20 bees for each exposure application) were used. As a result of the study, it was determined that the three main queens groups subjected to classical conditioning started learning later and had a lower number of individuals sticking out their tongues compared to the worker and male bee groups. The measurements of the bees in the memory tests were conducted at 1st, 2nd, 6th, and 12th hours after the learning session. It was found that the queen groups were the most affected by the insecticide. The results indicate that the Acetamiprid-based insecticide affects the learning and memory abilities of the bumblebee individuals at different levels.

---

## Giriş

Tarım zararlıları ile mücadele kapsamında uygulanan insektisitler başta arılar olmak üzere hedef organizma olmayan faydalı böceklerin zarar görmesine ve biyolojik dengenin bozulmasına yol açarken bitkisel üretimdeki verimi de olumsuz etkilemektedir (Tolon, 1999). Örtü altı bitkisel üretimde hastalık ve zararlılarla mücadelede yoğun olarak kullanılan farklı etki mekanizmalarına sahip pestisitler de tozlaşmada önemli rol oynayan bombus arılarına farklı şekil ve düzeyde etki etmektedir (Zhao, 2022). Önemli insektisit gruplarından olan neonicotinoidler, gerek translaminar etki mekanizmasına sahip olmaları gerekse de zararlı üzerindeki hızlı etkileri nedeniyle günümüzde hem açık alan hem de örtü altı üretimde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, neonicotinoidler insektisitler içinde en büyük pazar payına sahip grubu oluşturmaktadır (Jeschke ve ark., 2011; Casida ve Durkin, 2013). Memelilerde düşük toksisiteye yol açmaları ve çok çeşitli böcek türlerine karşı yüksek etkinlik göstermeleri neonicotinoidlerin pazar payının büyüklüğünün altında yatan önemli faktörlerdir (Jeschke ve Nauen 2008; Simon-Delso ve ark., 2015). Neonicotinoidler, nitro içeren bileşikler (Imidacloprid, Clothianidin, Thiamethoxam, Dinotefuran, Nitenpyram) ve siyano içeren bileşikler (Acetamiprid ve Thiacloprid) olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Bu sistemik insektisitler bitkinin tüm dokularına yayılarak bitkiyle beslenen böcekler için toksik etki oluştururlar. Arılar, bitkilerdeki polen ve nektar yoluyla bu kimyasallara maruz kalırlar (Desneux ve ark., 2007; Sánchez-Bayo ve ark., 2016). Bu insektisitler ayrıca tohumların kaplanmasında da kullanılmakta olup tohumlara uygulanan neonicotinoidler bitkinin kökleri

tarafından alınarak iletim demetleri sayesinde çiçeklere kadar ulaştırılır (Laurent ve Rathahao, 2003; Elbert ve ark., 2008; Jeschke ve ark., 2011). Neonikotinoidler, arıların nikotinik asetilkolin reseptörlerini etkiler ve nöronal kolinerjik sinyal iletiminde olumsuzluklara yol açarlar (Elbert ve ark., 2008; Fischer ve ark., 2014). Nöronlarında kolinerjik sinyal iletiminin bozulması arıların hedef aramasını, yiyecek aramasını ve bireysel hareket kabiliyetini olumsuz etkileyebilir ve hatta bazı durumlarda ölüme yol açabilir (Belzunces ve ark., 2012; Gill ve Raine, 2014; Moffat ve ark., 2016; Stanley ve ark., 2016). Pestisitlere maruz kalma durumu bireyi, koloni oluşumunu ve kolonin büyüme ve gelişme faktörlerini olumsuz etkileyebilir (Whitehorn ve ark., 2012; Di Prisco ve ark., 2013; Woodcock ve ark., 2017). Bunlara ilave olarak, pestisit maruziyetinin yuva yeri ve yiyecek arama ve koloni işlevi üzerinde de olumsuz etkileri olabilir. Bu durum kolonilerin gelişimini ve tozlaştırma başarısını olumsuz etkileyebilir (Chensheng ve ark., 2014; Pisa ve ark., 2015; Stanley ve ark., 2016; Wang ve ark., 2019).

*Bombus* arıları yiyecek arama maksadıyla yaptıkları tarlacılık faaliyeti esnasında vücutlarında bulunan birçok duyu organları sayesinde görsel ve kokusal yeteneklerini kullanırlar. Öyle ki, bir işçi arı nektar ve polen toplamak üzere günde yüzlerce çiçeği ziyaret edebilir. Bu yetenekler sayesinde arılara ziyafet sunan çiçeklerin konumları öğrenilir (Leonard ve Masek, 2014). *Bombus* arılarının öğrenme hızı ile tarlacılık performansı arasında pozitif korelasyon olduğu bildirilmiştir (Raine ve Chittka, 2008). Pestisit maruziyeti *bombus* arılarında öğrenme yeteneğini azaltarak tarlacılık performansı ve koloni gelişimini olumsuz etkilemektedir (Klein ve ark. 2017). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda başta neonikotinoidler olmak üzere pestisitlerin arıların öğrenme ve hafıza performanslarını olumsuz etkilediği belirlenmiştir (Samuelson ve ark. 2016; Siviter ve ark., 2018 ve 2021; Muth ve ark., 2019; DesJardins ve ark., 2021).

Doğada serbestçe dolaşan canlılarda öğrenme, genellikle yiyecek arama süreciyle ilişkilendirilen bir yetenektir (Croy ve Hughes, 1990; Giraldeau ve ark., 1994). Bu yetenek, bireysel ve sosyal öğrenme olarak iki şekilde gerçekleşir (Galef, 2013). Bireysel öğrenme, bireylerin kendi aktiviteleri ve deneme-yanılma yoluyla elde ettikleri deneyimlere dayanarak tekrarlamalarının uygun olup olmadığına karar vermelerini içermektedir. Yaygın olarak görülen sosyal öğrenme ise, bireylerin başka bir bireyle etkileşime girmesi veya gözlem yapması sonucunda bilgi ve deneyim aktarımıyla gerçekleşir (Kendal ve ark., 2018). Bu öğrenme yöntemlerinin yanı sıra, omurgalı ve omurgasız canlılar, Pavlov'un (1927) uyguladığı ve klasik koşullandırma olarak adlandırılan çeşitli yöntemlerle öğrenmeye tabi tutulabilirler (Pavlov, 1927; Bitterman ve ark., 1983). Klasik koşullandırma, başlangıçta bir canlının tepki vermeyen nötr bir uyarıcıyı, doğuştan gelen ve genellikle refleksif bir tepkiyi tetikleyen biyolojik olarak önemli bir uyarıcıyla ilişkilendirmeyi öğrendiği bir koşullandırma şeklidir. Bu ilişki sayesinde, başlangıçta nötr olan uyarıcı, koşullu bir tepkiyi tetikleyebilir hale gelir (Giurfa ve Sandoz, 2012). Koşullandırma çalışmaları genellikle omurgalı hayvanlar üzerinde yoğunlaşırken, arılar gibi omurgasız hayvanlarda yapılan çalışma sayısı nispeten daha azdır. Arıların klasik koşullandırma çalışmaları için uygun olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Takeda, 1961; Bitterman ve ark., 1983; Scheiner ve ark., 2003). Arılarda öğrenme ve hafıza, dil uzatma davranışı olarak da bilinen "Proboscis Extension Response" (PER) ile ölçülebilmektedir.

Tüm bu bilgiler dikkate alındığında, araştırmada kullanılan ve neonikotinoid grubundan bir insektisit olan Acetamipridin *bombus* arıları gibi hedef olmayan organizmalara zarar verme

potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmektedir. Bunun nedeni bu insektisidin bitkinin yapısına kadar ulaşan sistemik bir etkiye sahip olmasıdır. Ek olarak, bir sonraki bitkinin üretimi sırasında toprakta kalıntılar oluşturarak toksik etkilere neden olabilir. Bombus ana arılarının toprak altındaki diyapoz dönemlerinde ve/veya diyapoz döneminden sonra yuva kurmak için tarlacılık faaliyeti sırasında Acetamipride maruz kalma ihtimali söz konusudur. Kolonilerde üretilen işçi arıların tarlacılık faaliyetleri sırasında, erkek arıların ise çiftleşme uçuşları esnasında insektisitlere maruz kalma olasılığı oldukça yüksektir. Farklı insektisitlerin koloni bireyleri üzerine etkilerinin bilinmesi gerek doğal popülasyonların korunması için alınacak önlemlerin geliştirilmesi, gerekse polinatör olarak kullanılan ticari kolonilerin tozlaşmadaki etkinliğinin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Bu araştırma; Acetamiprid etken maddeli neonikotinoid insektisite maruz kalan *Bombus terrestris* ana, erkek ve işçi arılarının öğrenme ve hafıza performanslarının araştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü bünyesinde yer alan Arıcılık Araştırma ve Uygulama Laboratuvarlarında yürütülmüştür. Çalışmada kimyasal materyal olarak Acetamiprid etken maddeli insektisit (Hekplan®, HEKTAŞ) kullanılmıştır. Araştırmanın arı materyalini oluşturan *Bombus terrestris* ana, erkek ve işçi arılarını elde etmek için kullanılan koloniler bu arıları kitlesel üreten bir firmadan temin edilmiştir. Araştırma sıcaklığı 27-28 °C ve oransal nemi % 50-60'a ayarlanan bombus arısı yetiştirme odalarında gerçekleştirilmiştir.

### Yöntem

Araştırmada kullanılmak üzere kullanılan *B. terrestris* kolonileri çalışma grupları oluşturulana kadar polen ve 50 briks şeker şurubu ile ad-libitum beslenmiştir (Gürel ve ark., 2011). Gruplardaki ergin arılar Acetamiprid etken maddeli insektisit (Hekplan®, HEKTAŞ) tavsiye edilen dozunu (30 gram /100 litre su) farklı oranlarda (0 (kontrol), 1/1000, 1/100, 1/10, 1/1) içeren farklı şeker şurupları ile beslenmiştir. Çalışma kapsamında aşağıda verilen 5 gruptaki bireyler 5 farklı şeker şurubuna maruz bırakılmış olup, her maruziyet uygulaması için 20 adet olmak üzere araştırmada toplam 500 adet ergin birey kullanılmıştır.

Grup 1: Çiftleşmemiş genç ana arı grubu

Grup 2: Çiftleşmiş, diyapoz dönemini tamamlamış, ancak yumurtlamamış ana arı grubu

Grup 3: Çiftleşmiş, diyapoz dönemini tamamlamış ve yumurtlamış ana arı grubu

Grup 4: İşçi arı grubu

Grup 5: Erkek arı grubu

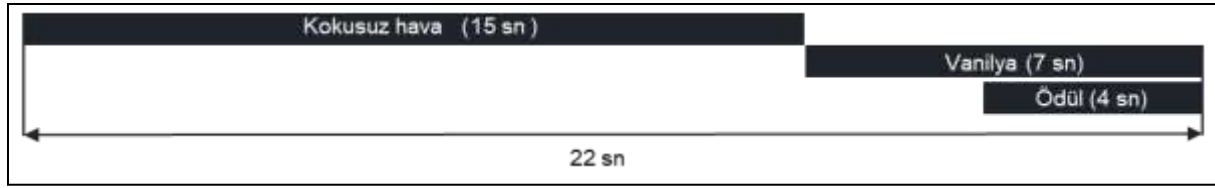
Kolonilerde üretilen tüm ana ve erkek arılar her gün toplanmış ve cinsi olgunluk yaşlarına kadar ilaçsız polen ve şeker şurubu ile ad-libitum olarak beslenmişlerdir. Bu ana arıların bir kısmı kullanılarak çiftleşmemiş genç ana arı grubu (Grup 1) oluşturulmuştur. Geriye kalan ana arılar çiftleşme olgunluğuna geldiklerinde erkek arılar ile çiftleştirilmiş ve diyapoz dönemlerini geçirmek üzere bireysel tüpler içinde, +2,5 °C sıcaklık ve % 75 oransal nem içeren

soğuk hava kabininde 45 gün bekletilmişlerdir (Beekman ve van Stratum, 2000; Gösterit ve Gürel, 2009). Diyapoz süreci sonunda soğuk hava kabininden çıkarılan ana arıların bir bölümü çiftleşmiş, diyapoz dönemini tamamlamış, ancak yumurtlamamış ana arı grubu (Grup 2) için kullanılmıştır. Geriye kalan ana arılar bireysel olarak yumurtlatma kutularına transfer edilerek yumurtlamaları sağlanmış ve yumurtlayan ana arılar ile çiftleşmiş ve yumurtlamış ana arı grubu (Grup 3) oluşturulmuştur. Araştırmada işçi arı grubunda (Grup 4) kolonilerden elde edilen 8–12 günlük yaştaki işçi arılar, erkek arı grubunda (Grup 5) ise yine kolonilerde üretilen ve çiftleştirme amacıyla kullanılmayan erkek arılardan materyal olarak faydalanılmıştır.

Acetamiprid etken maddeli inektisit tavsii edilen maksimum uygulama dozunun farklı oranlarına maruz kalan ergin *B. terrestris* bireylerinin öğrenme ve hafıza becerileri test edilmiştir. Maruziyet işlemi için arılar standart bombus arısı yetiştirme koşullarında yer alacakları gruba göre Acetamiprid içeren 50 brikslik şeker şurubu ile 24 saat boyunca ad-libitum beslenmiştir. Maruziyet sonrasında bir süreliğine soğuk hava kabininde (3 °C) bekletilerek hareketsiz hale gelmeleri sağlanan arılar daha sonra antenleri, ön ayakları ve ağız parçaları rahatça hareket edecek şekilde özel olarak tasarlanmış arı sabitleme aparatlarına yerleştirilmiştir. Bu aşamada açlık yaşanmaması için arılara kulak temizleme çöplerine emdirilmiş normal şeker şurupları ile besleme yapılarak açlıktan kaynaklanabilecek davranış değişimleri engellenmiştir. Çalışmada arıların öğrenme ve hafıza testleri için vanilya kokusu kullanılmıştır. Bu aşamalardan sonra arıların çalışmanın yapıldığı ortama alışmaları ve sakinleşmeleri için bir süre beklenmiştir.

Çalışmada dil uzatma davranışı ile ilgili testler Bitterman ve ark. (1983) tarafından bildirilen protokolün modifiye haliyle gerçekleştirilmiştir (Tan ve ark., 2015). Bu kapsamda, vanilya kokusuna klasik koşullandırma yöntemi ile koşullandırılmış her bir birey çalışma düzeneğinin önüne konulmuştur. Düzeneğin önüne konulan sabitlenmiş her bir bireye önce 15 saniye boyunca kokusuz hava üflenerek arının etkilenebileceği diğer kokular arının etrafından uzaklaştırılmıştır. Bu işlemi takiben (16. saniye ile 22. saniye arasında) vanilya kokulu hava üflenmiştir. Bu esnada normal şeker şurubu emdirilmiş kulak temizleme çöpleri 19 ve 22. saniyeler arasındaki sürede arıların antenlerine dokundurulmuştur. Bu işlem sonunda dilini çıkaran arıların ödül beslemesi olarak şeker şurubunu yalması sağlanmıştır (Şekil 1). Bu uygulama 10 dakika arayla 5 kez tekrar edilerek arıların öğrenmesi pekiştirilmiş ve her bir tekrarda öğrenen arıların (dil uzatan) sayıları kaydedilmiştir. Öğrenme uygulamaları tamamlandıktan sonra öğrenen arıların hafızalarının test edildiği aşamaya geçilmiştir. Hafıza testi uygulamaları, arılara vanilya kokusunun öğretilme işlemleri bittikten sonraki 1., 2., 6. ve 12. saatlerde yapılmış ve vanilya kokusuna tepki veren arı sayıları kaydedilmiştir. Hafıza testi aşamasında öğrenme testi aşamasındaki uygulamaya benzer işlemler yapılmıştır. Ancak öğrenme testinde vanilya kokusu üflendikten sonra ödül beslenmesi yapılırken, hafıza testinde öğretilmiş vanilya kokusu üflendikten sonra dil uzatan arılara ödül beslenmesi yapılmamış ve dil uzatan arının öğretilen kokuyu hatırladığı kabul edilerek sayıları kaydedilmiştir. Veriler SPSS istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Dil çıkarma davranışları göz önüne alınarak Kaplan-Meier yaşam analizi uygulanmıştır. Her grubun öğrenme ve hafıza süre ortalamaları arasındaki farkların belirlenmesinde Log-Rank yöntemi kullanılmıştır.





Şekil 1. PER uygulama prosesi  
Figure 1. Procedure of PER applications

## Bulgular

Araştırmada bireylerin koşullanması yani öğrenmesi için gerekli tekrar sayıları ile ilgili bulgular Tablo 1’de verilmiştir. Gruplar ilaca maruz bırakılmayan kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, bombus arılarında ana arıların öğrenmesi için gerekli tekrar sayısı ile erkek ve işçi arıların öğrenmesi için gerekli tekrar sayısı arasında görülen farkın istatistiki olarak önemli olduğu, dolayısıyla sabitlenmiş ana arıların öğrenme yeteneğinin işçi ve erkek arılara göre daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır ( $P < 0.05$ ). Diğer taraftan her grup kendi içinde değerlendirildiğinde Acetamiprid dozunun artmasının bombus arısı bireylerinde öğrenme yeteneğini azalttığı görülmektedir. Doz uygulamaları arasındaki bu farklılığın işçi arı, erkek arı ve çiftleşmemiş ana arı gruplarında istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P < 0.05$ ).

Tablo 1. Bireylerin koşullandırılması için gerekli tekrar sayıları (Ortalama  $\pm$  S.H.; N= 20)  
Table 1. The number of repetitions required for the conditioning (Average  $\pm$  S.E.; N= 20)

Gruplar	Doz uygulamaları	Tekrar sayısı
Grup 1 (Çiftleşmemiş genç ana arı)	Kontrol	5.25 $\pm$ 0.290 bc
	1/1000	5.55 $\pm$ 0.260 abc
	1/100	5.70 $\pm$ 0.175 abc
	1/10	5.85 $\pm$ 0.107 ab
	1/1	5.90 $\pm$ 0.097 a
Grup 2 (Çiftleşmiş, diyapoz dönemini tamamlamış, ancak yumurtlamamış ana arı)	Kontrol	5.20 $\pm$ 0.288 c
	1/1000	5.45 $\pm$ 0.260 bc
	1/100	5.50 $\pm$ 0.260 abc
	1/10	5.65 $\pm$ 0.177 abc
	1/1	5.75 $\pm$ 0.139 abc
Grup 3 (Çiftleşmiş, diyapoz dönemini tamamlamış ve yumurtlamış ana arı)	Kontrol	5.45 $\pm$ 0.260 abc
	1/1000	5.60 $\pm$ 0.259 abc
	1/100	5.70 $\pm$ 0.175 abc
	1/10	5.85 $\pm$ 0.107 ab
	1/1	5.90 $\pm$ 0.097 a
Grup 4 (İşçi arı)	Kontrol	2.40 $\pm$ 0.363 e
	1/1000	2.70 $\pm$ 0.340 e
	1/100	3.90 $\pm$ 0.353 d
	1/10	3.90 $\pm$ 0.373 d
	1/1	4.50 $\pm$ 0.320 cd
Grup 5 (Erkek arı)	Kontrol	2.50 $\pm$ 0.343 e
	1/1000	2.70 $\pm$ 0.340 e
	1/100	3.90 $\pm$ 0.353 d
	1/10	3.90 $\pm$ 0.373 d
	1/1	4.50 $\pm$ 0.320 cd

Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir; a, b, c, d, e:  $P < 0.05$

Acetamiprid etken maddeli insektisit tavsye edilen maksimum uygulama dozunun farklı oranlarına maruz kalan *B. terrestris* bireylerinin koşullandırıldıkları vanilya kokusunu hatırlama sürelerine ilişkin veriler Tablo 2’de verilmiştir. Araştırmada bulunan çalışma grupları her biri kendi içerisinde değerlendirildiğinde, kontrol grupları her bir uygulama saatinde hatırlayan birey sayısının en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Acetamiprid etken maddeli insektisit en yüksek doz olan tavsye edilen maksimum uygulama dozunda ise her bir uygulama saatinde hatırlayan birey sayısının en az olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2. Uygulamadan sonra farklı zamanlarda vanilya kokusunu hatırlayan birey sayısı (adet)  
*Table 2. The number of individuals which recall the vanilla scent at different times after application*

Gruplar	Doz uygulamaları	Uygulamadan sonra geçen süre (saat)			
		1. saat	2. saat	6. saat	12. saat
Grup 1 (Çiftleşmemiş genç ana arı)	Kontrol	7	7	6	5
	1/1000	6	5	3	3
	1/100	4	4	2	1
	1/10	2	2	1	0
	1/1	2	1	0	0
Grup 2 (Çiftleşmiş, diyapoz dönemini tamamlamış, ancak yumurtlamamış ana arı)	Kontrol	7	6	5	5
	1/1000	4	4	2	1
	1/100	3	2	2	1
	1/10	2	2	1	0
	1/1	1	1	0	0
Grup 3 (Çiftleşmiş, diyapoz dönemini tamamlamış ve yumurtlamış ana arı)	Kontrol	4	4	3	3
	1/1000	3	3	2	2
	1/100	3	2	2	0
	1/10	2	1	1	0
	1/1	1	1	0	0
Grup 4 (İşçi arı)	Kontrol	17	17	14	12
	1/1000	19	15	15	10
	1/100	13	12	10	10
	1/10	11	9	7	6
	1/1	8	7	6	6
Grup 5 (Erkek arı)	Kontrol	18	17	14	12
	1/1000	19	16	15	10
	1/100	15	12	9	9
	1/10	12	10	8	6
	1/1	9	7	6	5

## Tartışma ve Sonuç

Çalışmadan elde edilen verilere göre, çalışma gruplarında bulunan 15 adet (3 ana grup x 5 altgrup) ana arı grubunun öğrenme konusunda çalışmanın diğer (erkek arı ve işçi arı) gruplarına göre daha isteksiz olduğu belirlenmiştir. Öğrenme konusunda isteksiz olduğu görülen ana arı gruplarındaki bireylerin hatırlama performanslarında da benzer durum gözlemlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bir başka sonuç ise, çalışmada kullanılan insektisit tavsye edilen dozunun 1/100, 1/10, 1/1 dozlarına maruz kalan tüm bireylerde şeker şurubuna karşı isteksizlik olduğu gözlemlenmiştir. Bal arılarında olduğu gibi çalışmada kullanılan bireylerin şeker şurubuna olan ilgisinin azalmasında neonikotinoidlerin etkili olduğu

düşünülmektedir (Démare ve ark., 2016; Mengoni Goñalons ve Farina, 2018). Ancak, Lamsa ve ark. (2018) ve Muth ve Leonard (2019) çalışmalarında, bir başka neonikotinoid olan imidaclopridin bombus arılarının öğrenmesinde etkili olmadığını ancak beslenme ve tarlacılık performanslarında azalmaya neden olduğunu bildirilmişlerdir.

Literatüre sunulmuş önceki çalışmalar incelendiğinde, bombus arılarının bal arılarına göre daha yavaş öğrendiği çeşitli yazarlar tarafından bildirilmiştir (Bitterman et al. 1983; Lalo ve ark., 1999; Lalo ve Pham-Delègue 2004; Riveros ve Gronenberg, 2009). Ancak, Ichikawa ve Sasaki (2003) tarafından yapılan bir çalışmada genç bombus arılarının, genç bal arılarından daha hızlı öğrendiğini bildirmiş ve bu hızlı öğrenmenin nedenlerini ekolojik, sosyal ve nörobiyolojik farklılıklar ile ilişkilendirmiştir. Ayrıca, *Bombus terrestris* türünde işçi arıların erken yaşta tarlacılık faaliyetine katılmaları da öğrenme hızında etken olarak değerlendirilmektedir (Gill ve Raine, 2014). Buna ilaveten, arıların vücut büyüklüğünün öğrenme performansları ile ilişkili olup olmadığı yönünde fikir ayrılıkları da mevcuttur (Worden ve ark., 2005; Raine ve Chittka 2008; Riveros ve Gronenberg, 2009).

Bu çalışmada ana arı gruplarında bulunan ana arıların öğrenme ve hafıza performanslarının işçi ve erkek arılara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ana arıların performanslarının düşük olmasının nedeninin sabitlenmekten oluşan stres faktörü olduğu düşünülmektedir. Bu düşüncüyü destekleyen ve literatüre sunulmuş farklı bombus türlerine ait ana arılarda yapılmış çalışmalarda, ana arılar sabitlenmek yerine serbestçe uçuş yapabilecekleri düzenekler içerisine yerleştirilmiştir (Evans ve Raine, 2014; Muth, 2021). Serbest uçuş yöntemini uygulayan Muth (2021), *B. vosnesenskii* türünün ana arılarının işçi arılardan daha iyi performans gösterdiğini, *B. impatiens* arısının çiftleşmemiş ana arılarının yine aynı türün işçi arılarından daha iyi performans gösterdiğini bildirmiştir. Evans ve Raine (2014), gelişen *B. terrestris* kolonilerinde öğrenme ve toplayıcılık davranışındaki değişiklikleri inceledikleri çalışmalarında ana arıların işçi arılara göre tarlacılık konusunda daha temkinli ve öğrenmede daha hızlı olduklarını bildirmiştir.

Çalışma bombus arısı kolonilerinde bulunan ve yuvanın dışına çıkma durumu söz konusu olan tüm bireyler ve bu bireylerin durumu göz önüne alınarak yapılmıştır. Gerek bireysel gerekse de sosyal yaşam döngüsüne sahip model böcek türlerinde yapılacak bu tarz çalışmaların, tozlayıcıların insektisitlere maruz kalması durumunda ne gibi durumların yaşanabileceğine dair önceden fikir sahibi olunmasına katkı sunacağı düşünülmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2209-A kapsamında desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Beekman, M., van Stratum, P., 2000. Does the diapause experience of bumblebee queens *Bombus terrestris* affect colony characteristics?. *Ecological Entomology*. 25(1): 1-6.
- Belzunces, L.P., Tchamitchian, S., Brunet, J.L., 2012. Neural effects of insecticides in the honey bee. *Apidologie*. 43(3): 348-370.

- Bitterman, M.E., Menzel, R., Fietz, A., Schäfer, S., 1983. Classical conditioning of proboscis extension in honeybees (*Apis mellifera*). *Journal of Comparative Psychology*. 97(2): 107-119.
- Casida, J.E., Durkin, K.A., 2013. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*. 58(1): 99-117.
- Chensheng, L.U., Warchol, K.M., Callahan, R.A., 2014. Sub-lethal exposure to neonicotinoids impaired honey bees winterization before proceeding to colony collapse disorder. *Bulletin of Insectology*. 67(1): 125-130.
- Croy, M.I., Hughes, R.N., 1990. The Combined Effects of Learning and Hunger in the Feeding Behaviour of the Fifteen-Spined Stickleback (*Spinachia Spinachia L.*). Hughes, R.N. (Eds) *Behavioural Mechanisms of Food Selection* (pp. 215–234). Berlin, Germany: Springer.
- Demares, F.J., Crous, K.L., Pirk, C.W., Nicolson, S.W., Human, H., 2016. Sucrose sensitivity of honey bees is differently affected by dietary protein and a neonicotinoid pesticide. *PLoS One*. 11(6): e0156584.
- DesJardins, N.S., Fisher, A., Ozturk, C., Fewell, J.H., De Grandi-Hoffman, G., Harrison, J. F., Smith, B.H., 2021. A common fungicide, Pristine®, impairs olfactory associative learning performance in honey bees (*Apis mellifera*). *Environmental Pollution*. 288: 117720
- Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.M., 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*. 52(1): 81-106.
- Di Prisco, G., Cavaliere, V., Annoscia, D., Varricchio, P., Caprio, E., Nazzi, F., Gargiulo, G., Pennacchio, F. 2013. Neonicotinoid clothianidin adversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 110(46): 18466-18471.
- Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W., Nauen, R., 2008. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*. 64(11): 1099-1105.
- Evans, L.J., Raine, N.E., 2014. Changes in learning and foraging behaviour within developing bumble bee (*Bombus terrestris*) colonies. *PLoS One*. 9(3): e90556.
- Fischer, J., Müller, T., Spatz, A.K., Greggers, U., Gruenewald, B., Menzel, R., 2014. Neonicotinoids interfere with specific components of navigation in honeybees. *PLoS One*. 9(3): e91364.
- Galef Jr, B. G., 2013. Imitation in Animals: History, Definition, And Interpretation of Data from The Psychological Laboratory. in *Social learning* (pp. 15-40). Psychology Press.
- Gill, R.J., Raine, N.E., 2014. Chronic impairment of bumblebee natural foraging behaviour induced by sublethal pesticide exposure. *Functional Ecology*. 28(6): 1459-1471.
- Giraldeau, L.-A., Caraco, T. Valone, T.J., 1994. Social foraging: Individual learning and cultural transmission of innovations. *Behavioral Ecology*. 1: 35-43.
- Giurfa, M., Sandoz, J.C., 2012. Invertebrate learning and memory: fifty years of olfactory conditioning of the proboscis extension response in honeybees. *Learning & Memory*. 19(2): 54-66.

- Gösterit, A., Gürel, F., 2009. Effect of different diapause regimes on survival and colony development in the bumble bee, *Bombus terrestris*. *Journal of Apicultural Research*. 48: 279-283.
- Gürel, F., Gösterit, A., Karşlı, B.A., 2011. Sera koşullarının *Bombus terrestris* L. kolonilerinin tozlaşma performansına etkileri. *Derim*. 28(1): 47-55.
- Ichikawa, N., Sasaki, M., 2003. Importance of social stimuli for the development of learning capability in honeybees. *Applied Entomology and Zoology*. 38(2): 203-209.
- Jeschke, P., Nauen, R., 2008. Neonicotinoids—from zero to hero in insecticide chemistry. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*. 64(11): 1084-1098
- Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M., Elbert, A., 2011. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59(7): 2897-2908.
- Kendal, R.L., Boogert, N.J., Rendell, L., Laland, K.N., Webster, M., Jones, P.L., 2018. Social learning strategies: Bridge-building between fields. *Trends in Cognitive Sciences*. 22(7): 651-665.
- Klein, S., Cabirol, A., Devaud, J.M., Barron, A.B., Lihoreau, M., 2017. Why bees are so vulnerable to environmental stressors. *Trends in Ecology & Evolution*. 32(4): 268-278.
- Laloi, D., Pham-Delègue, M.H., 2004. Bumble bees show asymmetrical discrimination between two odors in a classical conditioning procedure. *Journal of Insect Behavior*. 17: 385-396.
- Laloi, D., Sandoz, J.C., Picard-Nizou, A.L., Marchesi, A., Pouvreau, A., Taséi, J.N., Poppy, G., Pham-delègue, M.H., 1999. Olfactory conditioning of the proboscis extension in bumble bees. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 90(2): 123-129.
- Lamsa, J., Kuusela, E., Tuomi, J., Juntunen, S., Watts, P.C., 2018. Low dose of neonicotinoid insecticide reduces foraging motivation of bumblebees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 285(1883): 20180506.
- Laurent, F.M., Rathahao, E., 2003. Distribution of [14C] imidacloprid in sunflowers (*Helianthus annuus* L.) following seed treatment, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27): 8005-8010.
- Leonard, A.S., Masek, P., 2014. Multisensory integration of colors and scents: insights from bees and flowers. *Journal of Comparative Physiology A*. 200: 463-474.
- Mengoni Goñalons, C., Farina, W.M., 2018. Impaired associative learning after chronic exposure to pesticides in young adult honey bees. *Journal of Experimental Biology*. 221(7): jeb176644.
- Moffat, C., Buckland, S.T., Samson, A.J., McArthur, R., Chamosa Pino, V., Bollan, K. A., Huang J.T.–J., Connolly, C.N., 2016. Neonicotinoids target distinct nicotinic acetylcholine receptors and neurons, leading to differential risks to bumblebees. *Scientific Reports*. 6(1): 1-10.
- Muth, F., Francis, J.S., Leonard, A.S., 2019. Modality-specific impairment of learning by a neonicotinoid pesticide. *Biology Letters*. 15(7): 20190359.
- Muth, F., Leonard, A.S., 2019. A neonicotinoid pesticide impairs foraging, but not learning, in free-flying bumblebees. *Scientific Reports*. 9(1): 1-13.
- Muth, F. 2021. Intra-specific differences in cognition: bumblebee queens learn better than workers. *Biology Letters*. 17(8): 20210280.

- Pavlov, I. P. 1927. *Conditioned Reflexes: An Investigation of the Physiological Activity of the Cerebral Cortex*. Translated and edited by Anrep, GV, Oxford University Press
- Pisa, L.W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bonmatin, J.M., Downs, C.A., Goulson, D., Wiemers, M., 2015. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environmental Science and Pollution Research*. 22: 68-102.
- Raine, N.E., Chittka, L., 2008. The correlation of learning speed and natural foraging success in bumble-bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1636): 803-808.
- Riveros, A.J., Gronenberg, W., 2009. Olfactory learning and memory in the bumblebee *Bombus occidentalis*. *Naturwissenschaften*. 96: 851-856.
- Samuelson, E.E.W., Chen-Wishart, Z.P., Gill, R.J., Leadbeater, E., 2016. Effect of acute pesticide exposure on bee spatial working memory using an analogue of the radialarm maze. *Scientific Reports*. 6(1): 38957.
- Sánchez-Bayo, F., Goulson, D., Pennacchio, F., Nazzi, F., Goka, K., Desneux, N., 2016. Are bee diseases linked to pesticides?—A brief review. *Environment International*. 89: 7-11.
- Scheiner, R., Barnert, M., Erber, J., 2003. Variation in water and sucrose responsiveness during the foraging season affects proboscis extension learning in honey bees. *Apidologie*. 34(1): 67-72.
- Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bonmatin, J.M., Chagnon, M., Downs, C., ..., Wiemers, M., 2015. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research*. 22: 5-34.
- Siviter, H., Koricheva, J., Brown, M.J.F., Leadbeater, E., 2018. Quantifying the impact of pesticides on learning and memory in bees. *Journal of Applied Ecology*. 55: 2812–2821.
- Siviter, H., Johnson, A.K., Muth, F., 2021. Bumblebees exposed to a neonicotinoid pesticide make suboptimal foraging decisions. *Environmental Entomology*. 50(6): 1299-1303.
- Stanley, D.A., Russell, A.L., Morrison, S. J., Rogers, C., Raine, N. E., 2016. Investigating the impacts of field-realistic exposure to a neonicotinoid pesticide on bumblebee foraging, homing ability and colony growth. *Journal of Applied Ecology*, 53(5): 1440-1449.
- Takeda, K., 1961. Classical conditioned response in the honey bee. *Journal of Insect Physiology*, 6(3): 168-179.
- Tan, K., Wang, C., Dong, S., Li, X., Nieh, J.C. 2017. The pesticide flupyradifurone impairs olfactory learning in Asian honey bees (*Apis cerana*) exposed as larvae or as adults. *Scientific Reports*. 7(1): 1-9.
- Tolon, B. 1999. Yaban arılarında sosyal yaşam. *Hayvansal Üretim*. 39(1): 120-127.
- Wang, L., Meeus, I., Rombouts, C., van Meulebroek, L., Vanhaecke, L., Smagghe, G., 2019. Metabolomics-based biomarker discovery for bee health monitoring: A proof of concept study concerning nutritional stress in *Bombus terrestris*. *Scientific Reports*. 9(1): 1-11.
- Whitehorn, P. R., O'Connor, S., Wackers, F. L., Goulson, D., 2012. Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science*. 336(6079): 351-352.
- Woodcock, B. A., Bullock, J. M., Shore, R. F., Heard, M. S., Pereira, M. G., Redhead, J., ..., Pywell, R. F., 2017. Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science*, 356(6345): 1393-1395.

Worden, B.D., Skemp, A.K., Papaj, D.R., 2005. Learning in two contexts: the effects of interference and body size in bumblebees. *Journal of Experimental Biology*. 208(11): 2045-2053.

Zhao, H., Li, G., Cui, X., Wang, H., Liu, Z., Yang, Y., Xu, B., 2022. Review on effects of some insecticides on honey bee health. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 105219.



## Cashew (*Anacardium Occidentale* L.) Products and Byproducts: Nutrient Constituents and Nutritional Benefits in Livestock Diets

Taiwo OJEDIRAN, Olufela AKANDE\*, Adewale EMIOLA

Ladoke Akintola University of Technology, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Biotechnology, Ogbomosho, Nigeria

Taiwo OJEDIRAN, ORCID No: [0000-0003-1355-200X](https://orcid.org/0000-0003-1355-200X), Olufela AKANDE, ORCID No: [0009-0001-5414-1541](https://orcid.org/0009-0001-5414-1541), Adewale EMIOLA, ORCID No: [0000-0003-4767-6449](https://orcid.org/0000-0003-4767-6449)

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Review

Received: 29.08.2023

Accepted: 20.11.2023

#### Keywords

Cashew

Poultry bird

Ruminants

Alternative feed ingredients

Nutritive value

#### \* Corresponding Author

akandeolufelachristianah@gmail.com

Inadequate availability, price hikes, and rivalry between food and feed means there is an incessant request for unconventional feedstuffs for livestock. As a result, other sustainable feed material needs to be explored. Cashew (*Anacardium occidentale* L.) is a tropical tree known for its apple and nut. Cashew apple, cashew kernel waste meal, and cashew nut shell liquid residue have the potential as a valuable ingredient in livestock feeds and have gained increasing attention. They are becoming more and more valuable ingredients in livestock diets, owing to their availability. Systematic utilization has been shown to drive down feed costs, enhance animal nutrition and productivity making them suitable for incorporation into animal diets. However, available research output on the use of cashew apple, cashew kernel waste meal, and cashew nut shell liquid residue in livestock feed is lacking in consistency among quantified nutritive benefits. This review encompasses a comprehensive analysis of the nutrient composition of cashew products, byproducts, and their potential uses as alternative ingredients in livestock diets.

## Kaju (*Anacardium Occidentale* L.) Ürünleri ve Yan Ürünleri: Hayvancılık Diyetlerinde Besin Bileşenleri ve Besinsel Faydaları

### MAKALE BİLGİSİ

### ÖZ

#### Derleme

Geliş: 29.08.2023

Kabul: 20.11.2023

#### Anahtar Kelimeler

Kaju

Kanatlı hayvan

Ruminantlar

Alternatif yem maddeleri

Besin değeri

Yetersiz bulunabilirlik, fiyat artışları ve gıda ile yem arasındaki rekabet, besi hayvanlarına yönelik alışılmadık yem maddelerine yönelik sürekli bir talebin olduğu anlamına geliyor. Sonuç olarak, diğer sürdürülebilir yem materyallerinin araştırılması gerekmektedir. Kaju (*Anacardium occidentale* L.), elması ve ceviziyle tanınan tropik bir ağaçtır. Kaju elması, kaju çekirdeği atık küspesi ve kaju fıstığı kabuğu sıvı kalıntısı, hayvan yemlerinde değerli bir bileşen olma potansiyeline sahiptir ve giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bulunabilirlikleri nedeniyle hayvan beslenmesinde giderek daha değerli bileşenler haline geliyorlar. Sistematik kullanımın yem maliyetlerini düşürdüğü, hayvan beslenmesini ve üretkenliğini arttırdığı ve onları hayvan diyetlerine dahil edilmeye uygun hale getirdiği gösterilmiştir. Bununla birlikte, kaju elması, kaju çekirdeği atık küspesi ve kaju fıstığı kabuğu sıvı kalıntısının hayvan yemlerinde kullanımına ilişkin mevcut araştırma çıktıları, niceliksel besleyici

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

Ojediran, T., Akande, O., Emiola, A., 2024. Cashew (*Anacardium Occidentale* L.) products and byproducts: Nutrient constituents and nutritional benefits in livestock diets, Journal of Animal Science and Products (JASP) 7 (1): 42-62.

DOI: [10.51970/jasp.1350311](https://doi.org/10.51970/jasp.1350311)



---

\* **Sorumlu Yazar**

akandeolufelachristianah@gmail.com

faydalar arasında tutarlılık açısından eksiktir. Bu inceleme, kaju ürünlerinin besin kompozisyonu, yan ürünleri ve bunların hayvancılık beslenmesinde alternatif bileşenler olarak potansiyel kullanımlarının kapsamlı bir analizini kapsamaktadır.

---

## **Introduction**

The cost of livestock feed is one of the factors that have led to the elevated cost of production (Oyewole et al., 2013). According to Oladunjoye et al. (2004), the high price of maize grains makes it challenging for farmers to afford the feedstuff. In addition, the demand for maize grains by both man and animals for cereals, pulses, and oil seeds is primarily responsible for the increasing price of livestock feed (Oladunjoye et al., 2004). The research on substitute feed ingredients is the key to solving this problem (Edame et al., 2011). However, such substitutes ought to be more affordable and nutritious as orthodox feedstuff if not more than conventional protein and energy sources (Oladunjoye et al. 2004). Drought-resistant crops or tree products have to be explored as substitute feedstuffs (Amata, 2014). Since feed costs make up between for 60-70% of the overall cost of production, significant efforts are being made to identify potential substitutes (Mitchell, 2008). Crop wastes and residues, as well as agro-industrial byproducts such as maize offal (Nnenna et al., 2006), cassava peel meal (Ojediran et al., 2022a; Salami and Odunsi, 2003), palm kernel cake (Ojediran et al., 2022b), biscuit waste dough (Ojediran et al., 2019; Ojediran, et al., 2020), and rice offal (Makinde et al., 2014), had been explored. According to Fanimio et al. (2007), there is considerable untapped potential for livestock feedstuffs in many developing countries, cashew byproducts are one among them.

Cashew (*Anacardium occidentale*) is the third most produced edible nut in the world and is a major cash crop (Kolliesuah et al., 2020). The edible portion is divided into two parts: the cashew nut (the kernel and the true fruit), and the cashew apple, an enlarged peduncle, also called a false fruit usually brightly colored. The cashew tree is now widely grown for its kernel, fruit, nut shell liquid, and other products.

## **Global Cashew Production**

The expansion of the cultivated area, which increased from 1,963,000 ha in 1992 to more than 5,300,000 ha in 2011 is more responsible for the recent increase in cashew production than the almost double increase of productivity per hectare from 475 to 805 kg/ha over the same reference period. According to Bavier (2014), the Ivory Coast was the top nut exporter from Africa in 2014 as a result of the country's rapid increase in cashew production. The cashew nut sector is experiencing discontent due to fluctuating world market prices, poor labor conditions, and insufficient wages for local harvesting (Lamble, 2013; Wilson, 2015). In 2020, 4.1 million tons of cashew nuts were produced in 38 countries around the world, mostly in developing areas (FAOSTAT, 2021a).

In 2021, the global population produced 3.7 million tonnes of cashew nuts (as the kernel), with Ivory Coast and India accounting for 43% of the total output, and 1.36 million tonnes of cashew apples, with Brazil accounting for 82% of the production (FAOSTAT, 2021b).

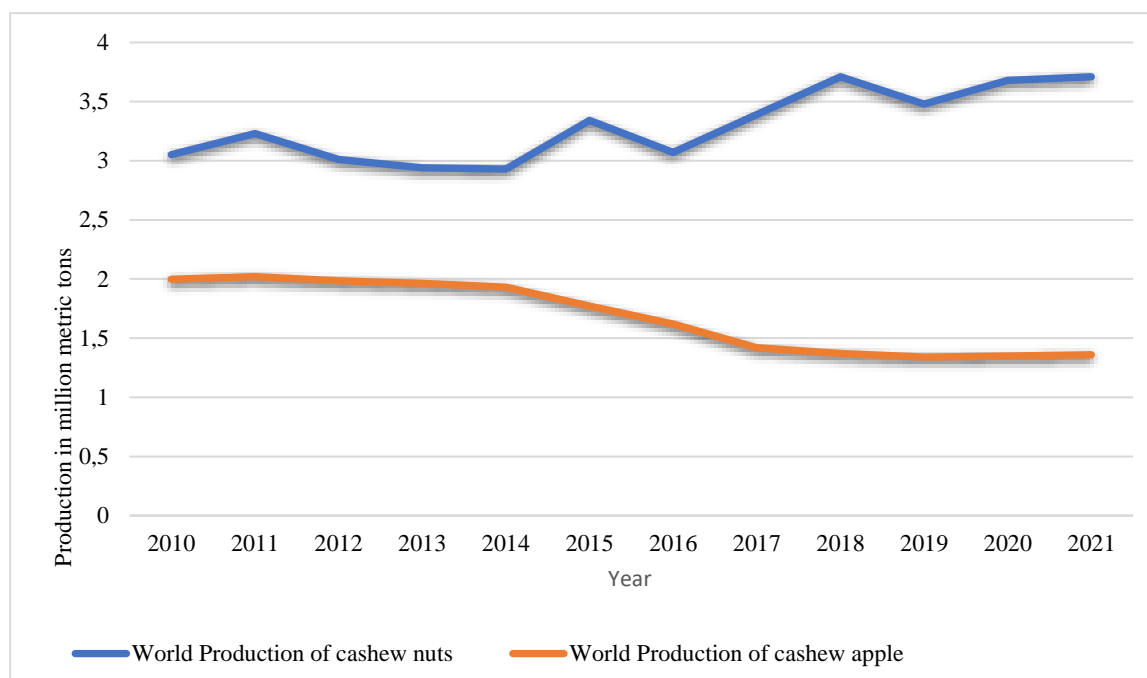


Figure 1. Production of cashew nuts and cashew apples worldwide from 2010 to 2021 (in million metric tons) (FAOSTAT, 2023)

Şekil 1. 2010'dan 2021'e kadar dünya çapında kaju fıstığı ve kaju elması üretimi (milyon metrik ton olarak) (FAOSTAT, 2023)

Vietnam, India, Cote d'Ivoire, Brazil, Nigeria, Indonesia, Philippines, United Republic of Tanzania, Benin, and Guinea-Bissau were the top 10 producers of cashew nuts from 2017 to 2021. Brazil, Mali, Madagascar, and Guyana were the top 4 countries for cashew apple production from 2010 to 2021 (FAOSTAT, 2021b).

## The Cashew Fruit

A medium-sized tropical tree known as the cashew is cultivated primarily for its fruit: cashew nuts, and cashew apple (sometimes called a pseudocarp). A delicious, sweet flavor can be found in the large, pulpy, and juicy section of the cashew apple. Ahaotu and Ihekoronye (2018) assert that cashew is a rich source of vitamins, minerals, and other nutrients. It can be grown in a range of soil types and can tolerate a variety of rainfall patterns (Odunsi, 2002).

The lower, heart-shaped, or conical section of the cashew apple is where the nut is jointed. The kidney- or c-shaped cashew nut (seed) hangs at the bottom of the apple. The curved fruit, which resembles a huge thick bean but is not a genuine nut, can grow to a length of more than 2.5 cm (1 inch). By the third or fourth year, the tree begins to produce fruit, and by the seventh year, it has reached its full yield (Morton, 1987)

After three years, cashew trees usually start to generate fruit, and after seven or eight years, they can start to yield their full potential. The cashew tree's economic life span is 20 to 25 years, after which time yields start to decline. The kernel, which is covered by a thicker outer shell and a thin skin (testa), is the section of the nut that is often referred to as cashew. The thin skin has an acidic oil called cashew nut shell liquid (CNSL), a vital byproduct of the manufacture of cashew nuts with several applications. According to Sogunle (2005), the

pericarp of the nut is made up of two shells separated by a resinous layer that contains an acid fluid that has a corrosive effect on the skin and produces blisters if the shells are broken manually. Cashew is the third most-produced edible nut in the world (Kolliesuah et al., 2020). According to Adejo et al. (2011), a mature cashew tree produces 7-11kg of nuts on average annually.

### ***Cashew products***

According to Olife et al. (2013), the main cashew products include dried cashew nuts, ready-to-eat cashew kernels, cashew nut shell liquid (CNSL), cashew juice, cashew apple jam, cashew apple candy, and cashew apple wine. The fat-soluble vitamins A, D, and K, as well as minerals like calcium (Ca), phosphorus (P), and iron (Fe), are all contained in the nuts of the ripe cashew apple and are vital for the body's healthy growth (Akanni and Adams, 2011). The mature cashew apple is also tasty and high in vitamin C and sugar.

### ***Cashew byproducts***

Different authors have reported the use of cashew byproducts in livestock diets. Cashew apple juice and liquor residue, the waste following juice extracted from cashew apples can be used as a source of feed for poultry, pigs, goats, and cattle (Kinh et al, 1997, Fanimio et al., 2003, Okpanachi et al., 2016b, Joseph et al., 2020). Discarded cashew kernel meal which is usually wasted as damaged or burned kernels that do not meet export requirement standards can be used for animal feeds (Odunsi, 2002, Usman et al., 2016, Ojediran et al., 2022c) and cashew nut shell cake, the de-oiled cashew shell which is a byproduct of cashew nut shell liquid production. These byproducts can be used as feedstuff for poultry, pig, and ruminants.

### ***Cashew apple juice and liquor residue***

Cashew apples are frequently described as the false fruit of the cashew tree. It is a tropical 'fruit', which is discarded as manure after picking the nut attached to it. Although the majority of cultivation is focused on producing the most valuable, the cashew apple is utilized locally in beverages, jams, and jellies. The true fruit of the cashew tree, the cashew nut, is carried by a protruding stalk known botanically as the cashew apple. The mature cashew apple is usually discarded during the cashew nut harvest because it quickly starts to ferment and decompose after falling from the tree. However, several food products, such as pectin, juices, alcoholic beverages, vinegar, syrups, and jams, can be made from cashew apples. Antioxidants and vitamin C levels are also elevated (Oliveira et al., 2020). In addition to these products, research has shown that juice residue has the potential to serve as a source of carotenoids for natural food colorants or dietary supplements (Abreu et al., 2013). The fibrous residues left behind from the manufacturing process of cashew apple juice can also be further refined to produce animal feed (Gomes et al., 2018). A small amount of cashew apples are eaten directly in orchards in cashew-growing regions or converted into artisanal food products for local consumption; nonetheless, commercial utilization of the cashew apple is still very rare in the majority of cashew-growing nations.

Cashew apples have been consumed by animals in regions where it has been grown for a very long period of time since free-range animals like chickens, pigs, goats, sheep, and cattle have always fed voluntarily during the harvest season. Compared to orange juice, cashew apples have vitamin C levels that are up to six times higher, as well as other phytochemicals

(carotenoids, flavonoids, anacardic acid, and tannins), vitamins, minerals, and dietary fibers, according to Das and Arora (2017). The nutrient composition demonstrates the potential to be created as a functional food, generating economic value and minimizing waste (Prakoso & Mubarok 2021).

According to Akyereko et al. (2022), the cashew apple makes up around 90% of the weight of the cashew fruit, which results in the production of about 36.9 million tons of cashew apples. This false fruit is hardly ever used and is typically seen as a waste product (Tamiello-Rosa et al. 2019). Only 1.36 million tons, or 3.5% of the available product, are being utilized in commercial production (FAOSTAT, 2021b). As seen in Brazil (Pinho et al. 2011), the peduncle is primarily used for juice and beverage preparation.

Brazil reportedly uses cashew apples at a rate of 15% (Luciano et al., 2011). The bulk of cashew apples harvested in Brazil are converted into cashew apple juice, which is both extensively utilized locally and abroad. Additionally, cashew apples can be processed into candy and cajuna, a clarified juice, or marketed as fresh fruit. A small portion of cashew apples are utilized in India to make juices, sweets, jams, pickles, and chutneys. In Goa, cashew apples are also used to make the alcoholic beverage 'feni' (Attri, 2009; Lowor et al., 2016; Prasertsri & Leelayuwat, 2017).

The majority of cashew apple residue is generated in the processing sector (Akanro et al., 2022). This waste can be used as a source of feed for poultry and dairy farms (Okpanachi et al., 2016b). Following juice extraction, the cellulose-rich processing unit waste can be converted into high-nutrient cattle and poultry feed in either a wet or dry format. Cashew apples can be an excellent potential feed for chickens or cattle due to their high dry matter (22.5%), protein content (13.7%), and low crude protein (11.8) content (Damasceno et al., 2008).

Cashew apple residue has been described by different authors with different names. Joseph et al., (2020) described it as cashew pulp waste, cashew pulp meal by Okpanachi et al., (2016a). Fanimó et al., (2003) and Kinh et al. (1997) described it as cashew apple waste.

### ***Cashew kernel waste***

The major commercial product of the cashew tree is the raw cashew nut, however, the yield of the cashew apple is eight to ten times greater. Nuts are transported unprocessed or after being treated. The kernel of raw cashew nuts must be removed through several processing procedures. The outer shells of raw cashew nuts undergo thermal treatment in the first phase to make them brittle. Steaming, roasting, and soaking raw cashew nuts in a hot oil bath are the three basic techniques (Mohod et al., 2011). Cashew nuts are shelled in the second process, which involves separating the kernels from the outer shells. This procedure may be carried out manually, mechanically, or automatically. The kernel must then be dried before the testa can be peeled off. The byproducts of the cashew processing industries, the testa and cashew shell, can undergo additional processing to produce a variety of products. They can also be combined with other nuts. The byproduct cashew nut shell liquid (CNSL), which has industrial and medicinal uses, is produced during the processing of the raw nuts. The skin of the nut may be collected and utilized to tan hides because it contains a lot of tannins. Cashew kernels have to be carefully removed from their toxic shells to avoid being contaminated by the toxic compound encased in the mesocarp. The kernels are then removed from the nut and roasted to eliminate any leftover toxins (Orwa et al., 2009).

The nut is processed for its edible kernel. According to Rico et al. (2015), the cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut ranks third in the global production of edible nuts traded internationally. In the industrial setting, between 30 and 35 % of cashew kernel meal is usually wasted as damaged or burned kernels at some point in the processing because the grade does not meet export or local requirement standards (Akande & Gbadamosi, 2018). According to Ahaotu and Ihekoronye (2008), using cashew nuts as animal feed will reduce the problem of pollution. According to reports (Odunsi, 2002; Ojewola et al., 2004; Akande et al., 2015), cashew nuts, primarily the rejects, have been used as animal feed.

Cashew nuts can be used in a various forms of spreads, sauces, bars, and beverages as a salty or sweet snack, an ingredient in desserts and savory dishes, or by undergoing additional processing to create cashew butter. Cashew kernels can also be used to make cashew oil.

The kernels are an excellent source of fats, carbohydrates, protein, vitamins, and minerals, making them a nutritious food. The final procedure in processing cashew nuts for confectionary involves either manually or mechanically removing the red testa. These skins can be utilized as feed and may contain bits of broken kernels (Donkoh et al., 2012). 40% of cashew kernels are used in confectionary while 60% are consumed as snacks. When cashew nuts are processed, a liquid known as CNSL is released that has both industrial and medical applications (Azam-Ali and Judge, 2001).

Different authors called it different names, Ojewola et al. (2004) and Fernandes et al. (2016) called it cashew nut meal, Ojediran et al. (2022c) called it cashew reject kernel meal, Odunsi (2002) called it reject cashew kernel meal and Usman et al. (2016) called it cashew nut waste. Agbede et al. (2006) called it defatted cashew nut meal (DCNM) and full-fat cashew nut meal (FCNM).

### ***Cashew nut shell cake***

The mesocarp of the cashew contains cashew nut shell liquid (CNSL), often known as cashew oil. Anacardic acid, a salicylic acid analog, and severe skin irritant, constitutes about 70% of CNSL, together with cardol (18%) and cardanol (5%). CNSL, a viscous liquid comprises 20–25% of the weight of raw cashew nuts. According to Telascrêa et al. (2014), Numerous advantageous aspects of CNSL-based polymers include low fading characteristics, water repellency, wear and electrical resistance, solubility in conventional organic solvents, compatibility with a variety of different polymers, and antimicrobial properties. As a result, they are an appropriate raw material for a variety of industrial, chemical, and pharmaceutical applications.

For the automotive industry, CNSL is primarily used in the production of clutch facings and brake linings (Lubi and Tchachil, 2000). Additionally, CNSL is employed in the paint and coatings market, where it could replace raw materials derived from petroleum (Balgude and Sabnis, 2014). Additionally, Sanjeeva et al. (2014) have shown that CNSL has the potential to be used as a biofuel or as an addition to biofuel. Additionally, CNSL is used in a variety of procedures for making plastic, rubber, and adhesives. According to research (Vani et al., 2018), CNSL has the potential to be included in non-toxic insecticides.

CNSL can be extracted from the cashew shell using a variety of techniques. The two most used techniques are extraction in a heated oil bath prior to shelling and mechanical extraction using screw expellers. Tyman et al. (1989) and Das et al. (2004) suggest solvent

extraction as well as extraction using pyrolysis as additional methods. The method of extraction determines the chemical composition of CNSL, which could produce CNSL that contains a significant amount of either anarcadic oil or cardanol. The top three CNSL manufacturers are Brazil, India, and Vietnam. Cashew nut shell cake is the de-oiled cashew shell which is a byproduct gotten in the manufacturing process of CNSL. It can be used as a base ingredient for a variety of products. To make briquettes that may be used to burn industrial boilers, shell cake, for instance, can be carbonized and combined with a binder (Sawadogo et al., 2018). Additionally, shell cake can be converted into vermiculite, another substance utilized in hydroponics and hydroculture (United Nations, 2021).

### ***Other cashew products***

Cashew tree timber provides excellent furniture, fishing boats, firewood, produce charcoal. Maheswari et al. (2008) reported that adult goats can be fed cashew tree leaves. Cashew gum, sometimes referred to as *Anacardium* gum, is an exudate that forms on the cashew tree's bark. Among the many industrial uses for cashew gum, which is a complex polysaccharide, are in the food, drug industries (Kumar et al., 2012), and beverage industries (Porto and Cristianini, 2014) as encapsulating, clarifying, and emulsifying agent and pharmaceutical excipient in medicine delivery systems (Ribeiro et al., 2016). Cashew wine is produced in numerous nations throughout Asia and Latin America. It has a pale-yellow color with a 6-12% alcohol content.

## **Nutrient Composition of Cashew Byproducts**

### ***Cashew apple***

Cashew apples contain a variety of nutrients, including sugar, tannins, amino acids, tannin, crude fiber and ascorbic acid (vitamin C). Ascorbic acid, a highly rich source of vitamin C, is abundant in cashew apples and is about six times as abundant in them as it is in citrus fruits (40 mg/100 g). The cashew apple also has soluble sugars, the majority of the soluble sugars are reducing sugars, in addition to vitamin C. The crude fiber content of cashew apples, measured in terms of dry weight, ranges from 15-18%. The phenols, flavonols and tannin found in cashew apples may act as organic antioxidants and play a significant part in the destruction of free radicals. The cashew apple is an excellent source of fiber and vitamin C. Consuming cashew apples may aid in minimizing constipation and Vitamin C deficiency (Bhat, 2008).

### ***Proximate and chemical composition of cashew apple waste***

Table 1 shows the proximate and chemical composition of cashew apple waste.

The variances noticed in the proximate and chemical composition can be the result of various methods of processing used, storage methods, and plant cultivars (Bhamare et al., 2016).

Table 1. Proximate and chemical composition of cashew apple waste

*Tablo 1. Kaju elması atıklarının proksimate ve kimyasal bileşimi*

Proximate Fraction (%)	A	B	C	D
Organic Matter	92.65	-	-	
Crude Protein	19.60	2.1	6.45-11.40	12.60
Ether Extract	2.56	0.68	3.35-11.04	5.14
Crude Fiber	14.64	1.56	8.50-14.2	9.17
Total Ash	7.35	0.64	3.51-6.15	5.88
Acid Insoluble Ash	6.67	-	1.26-1.42	
Nitrogen Free Extract	55.85	-	-	67.21
Calcium	0.29	-	0.12	
Phosphorus	0.43	-	0.38	
Metabolizable Energy (kcal/kg)	47.65	-	-	
Dry matter	-	18.4	18.40-22.50	88.40

A - Bhamare *et al.* (2016), B - Swain *et al.* 2007, C - Swain *et al.* 2014. D – Yisa, 2019***Discarded cashew kernel waste***

The proteins found in cashew nuts are equivalent to those found in other nuts like almonds and contain all nine essential amino acids. A lot of acidic amino acids can be found in cashew kernel proteins. Unsaturated fatty acids are prevalent in the fat found in cashew nuts. Oleic acid, followed by linoleic acid, makes up the bulk of the fatty acids in cashew kernel fat. The most predominant saturated fatty acid is stearic acid. Cashew nuts also include numerous amounts of inorganic elements, such as sodium, potassium, calcium, magnesium, phosphorus, iron, copper, zinc, manganese, selenium, and chlorine, in addition to proteins, lipids, and carbohydrates (Bhat, 2008; Gonçalves *et al.*, 2023) The potassium and phosphorus content in cashew kernels is high. For the maintenance of the human kidney, potassium is recognized to be crucial. The selenium found in cashew kernels may offer protection against cancers of the lungs, liver, skin, brain, and gastrointestinal tract. Cashew kernels contain considerable amounts of vitamin E, an antioxidant that occurs naturally, as well as a small quantity of water-soluble B vitamins such thiamine, riboflavin, niacin, biotin, folic acid, vitamin B6, B12, and pantothenic acid (Bhat, 2008).

***Proximate and chemical composition of cashew kernel***

Proximate composition, mineral composition, fatty acid composition and vitamin content were described by several authors as shown in Table 2-5 respectively.

According to Usman *et al.* (2016) and Ojewola *et al.* (2004), variations in processing proximate composition may result from different processing techniques, environmental factors, storage durations, and crop types. There may be some undefatted rejects in the cashew kernel waste that may have raised the level of the ether extract (Usman *et al.*, 2016). The value of protein ranging from 15.25 – 38.12% across different studies shows that cashew kernel waste can be comparable to other protein-rich food like cowpeas, peanuts, melon, pumpkin, melon, and soybeans. The high amount of crude fiber observed by Swain *et al.* (2014) could be attributed to a large proportion of shells (Lebas *et al.*, 2012).

A study by Ogunwolu *et al.* (2010) shows that the moisture content was 0.85, crude protein was 20.56, fat was 4.80, ash was 3.00, nitrogen-free extract was 75.20, the fat was

reduced in comparison to the findings of Ojediran et al. (2022c). This is because solvent extraction allows for near-complete oil extraction (Tranchino et al., 1983), and extraction was done to determine whether cashew nuts were suitable for producing protein isolate and concentrate.

The value of protein ranging from 15.25 – 38.12% across different studies shows that cashew kernel waste can be comparable to other protein-rich food like cowpeas, peanuts, melon, pumpkin, melon, and soybeans.

The different techniques employed, the variations in soil composition in each region, and the varying climatic conditions in each study area could all contribute to the variations in chemical and proximate composition of cashew that were identified (Giorgi et al., 2010; Cheng et al., 2014; Ahmed et al., 2014). Cashew kernels provide a high nutritional value that is rich in beneficial sterols, fiber, vitamins, and minerals (Wight et al., 2012; Gupta and Prakash, 2014; Ras et al., 2014; Agnew-Blais et al., 2015; Rico et al., 2015). They also include an abundance of healthy fats. When compared to other nuts like almonds, chestnut, walnut, and hazelnut, cashew kernels contain higher levels of iron (Fe) and zinc (Zn), according to a research by Gonçalves et al. (2023). It was also reported by Gonçalves et al. (2023) that cashew among other nuts are abundant sources of B vitamins.

Table 2. Proximate composition of cashew kernel waste

*Tablo 2. Kaju çekirdeği atıklarının proksimat bileşimi*

Proximate Fraction (%)	A	B	C	D	E	F	G
Moisture	8.57	0.85	8.90	-	5.00	9.52	9.05
Crude Protein	38.12	20.56	22.10	5.00	18.53	15.25	27.59
Fat	16.10	4.80	40.23	11.70	46.95	46.88	31.84
Ash	5.21	3.00	3.73	1.39	2.44	4.58	3.35
Crude fiber	0.72	-	0.90	27.3	3.45	3.43	3.24
Nitrogen free extract	-	75.20	24.04	-	23.63	20.34	24.92

A- Ojewola et al. (2004), B – Ogunwolu et al. (2010), C- Aremu and Akinwunmi (2014), Swain et al. (2014), E- Usman et al. 2016, F- Ojediran et al., (2022c), G- Ojediran et al. (2022d).

Table 3. Mineral Composition of cashew kernel

*Tablo 3. Kaju çekirdeğinin Mineral Bileşimi*

Minerals (%)	A	B	C
Calcium	0.4	0.037	0.037
Phosphorus	0.88	-	-
Potassium	0.57	0.66	0.66
Sodium	0.005	0.012	0.012
Magnesium	0.28	0.292	0.292
Manganese	0.002	-	-
Zinc	0.004	-	0.00096-0.0058
Copper	0.002	-	0.00056
Iron	0.008	-	0.0038-0.0067

A – Nandi (1998), B – Segura et al. (2006), C- Gonçalves et al. (2023).



Table 4. Fatty Acids Composition of Cashew Kernel Meal  
 Tablo 4. Kaju Çekirdeği Küspesinin Yağ Asitleri Kompozisyonu

Fatty Acids (%)	A	B	C	D
Palmitic acid	0.89	6.93	8.93	3.92
Stearic acid	11.24	8.42	9.49	3.22
Oleic acid	73.3	67.62	59.59	23.52
Linoleic acid	7.67	16.99	20.20	7.78

A – Nandi, (1998), B- Soares *et al.* (2013), C- Uslu and Özcan, (2019), D- Gonçaves *et al.* (2023).

Table 5. Vitamin Content of Cashew Kernel Meal  
 Tablo 5. Kaju Çekirdeği Ununun Vitamin İçeriği

Vitamin Content (mg/100g)	A	B	C
Thiamine	0.56	0.042	0.42
Niacin	3.68	0.34	1.06-1.10
Riboflavin	0.58	0.12	0.06-0.10
Tocopherol	210	1.92	0.0-0.9

A – Nandi, (1998), B – Griffin and Dean (2017), C- Gonçaves *et al.* (2023)

#### ***Nutritive value of cashew byproducts on poultry birds***

According to Swain *et al.* (2007), feeding cashew apple waste in place of maize at all levels had no impact on the characteristics of the carcass or the weights of the organs. Economic analysis showed that substituting cashew apple waste for 20% of the maize lowered the cost of the diet by Rs. 0.6/kg. The group of birds fed a control diet, however, had the highest net profit. The results of the current investigation support the hypothesis that broiler chickens' low growth performance and reduced profit margin were caused by the inclusion of cashew apple waste in their feed.

Song and Seng (2008) found no adverse effect in an eight-week trial providing a one-week-old Khaki Campell ducks diet containing up to 15% dehydrated cashew apples.

According to Bhamare *et al.* (2016), cashew apple waste is an excellent source of protein and energy and can be added to chicken diets at a rate of 5%. At greater participation levels (10–20%), it significantly slowed growth. The inclusion of cashew pulp meal by Oyewole *et al.* (2017) in the diet of starter broilers negatively affected the performance of the broilers in terms of the feed conversion ratio and weight gain. It however led to a gradual decrease in cost of feed and there was reduced feed cost at 20% and it was discovered that at 20%, the health of the birds was not affected.

Yisa and Longe (2020) substituted 10% of maize in broiler chicken with dried cashew pulp and discovered no loss of performance as measured by the growth rate, feed conversion, and carcass weight. A substitution rate of 20% was recommended in terms of the advantages for climate change and biodiversity of replacing imports of ingredients.

According to a study by Agbede *et al.* (2006), defatted cashew nut meal (DCNM) could be added to the diets of broiler chicks up to 22.52% without negatively affecting performance indices. The chicks fed diets based on DCNM also had higher feed conversion ratios than those fed the control diet, indicating that the experimental birds used their diets more efficiently than

the control. It is conceivable that the oxidative deterioration of diets and chicken meat from DCNM-based diets could influence both the storability of such diets and the meat produced from them. As consequently, such meat may not be recommended for eating by people at risk for hypertension because a high dietary fat intake has been linked to cardiovascular problems (Onibi, 2006). Additionally, the increased degree of DCNM incorporation decreased the cost/kg weight gain of the birds. According to the study, substituting DCNM for SBM in broiler chick diets would result in a 7–28% cost decrease for farmers. Therefore, it is suggested that DCNM be added to broiler diets up to 28.15 % in areas where cashew nuts are abundant since this will help to lower the price of finished feed and boost the farmers' profit margin.

Another study by Yusuf and Aliyu-Paiko (2020) revealed that the broiler chickens' growth performance and feed consumption were not affected by the inclusion of up to 4% cashew nut meal in starter feed. According to Ojewola et al. (2004), the price of feed per bird and per kilogram decreased when soybean meal protein was used as a substitute for cashew nut meal protein in broiler feed. According to Freitas et al. (2006), adding up to 25% of cashew nut meal to broiler feeds is economically feasible for different phases of rearing without compromising performance or carcass qualities. Another study by Ojediran et al. (2022c) found that undefatted cashew rejects kernel meal can replace up to 50% of full-fat soybean meal in the diet of broiler chicks in terms of feed conversion ratio and serum metabolites.

According to a study by Ojediran et al. (2022c,d), feeding laying Isa Brown hens a diet high in defatted cashew nut meal and full-fat cashew nut meal increased weight gain and feed conversion ratio while also lowering the cost of feed per kilogram of weight gain significantly. According to Karikari et al. (2023), CNM can be included in pullet diets up to 7.5% and laying hen and cockerel diets up to 12.5% without having any negative effects on performance, reproductive, and semen quality parameters.

By using both dry cashew nut meal and full-fat cashew nut meal, Akande et al. (2015) found that the growth performance and egg quality of laying birds were not in any way compromised. Additionally, the cost per unit of cashew nut was much lower than that of groundnut. Cashew nut meal has a significant potential to fill the need for extra protein sources, helping the country save millions of dollars in hard-earned foreign currency per year on importing groundnuts from all over the world. It was shown that DCNM meal enhanced the growth performance of laying hens at a low cost and could be used in the diet of laying birds to completely replace 22% groundnut cake, however, FCNM should be used with caution in laying birds due to its greater at level content.

### ***Nutritive value of cashew byproduct on other monogastric animals***

Oddoye et al. (2009) fed growing pigs in Ghana varying amounts of cashew nut meal in their diets and found that up to 20% did not adversely affect the pigs' performance. A study by Ojediran et al. (2021) discovered that weaned pigs could consume up to 15% of cashew reject kernel meal inclusion level in terms of growth and economic benefits and blood performance.

According to a study by Akpotu et al. (2020), giving Wistar rats a diet containing cashew kernel oil had an adverse effect on the animals' health.

### ***Nutritive value of cashew byproduct on ruminant animals***

The ability of dairy calves to produce milk remained unaffected when cashew apples

were used in India as a 50% replacement for GNC (Sundaram, 1986). In Vietnam, 90% of the cashew apple waste that was ensiled was acceptable for use as cow fodder, and cashew apple waste can be ensiled alone to achieve the same results, according to Kinh et al. (1997).

According to Okpanachi et al. (2016b), feeding dry cashew pulp meal to West African dwarf goats in Nigeria at a rate of up to 30% did not have an adverse effect on performance metrics. When the inclusion level of sun-dried cashew pulp increased from 0-30% feed cost per kg, total feed cost, and total variable cost of production significantly decreased.

The addition of 24% cashew nut meal to the concentrate portion of dairy cows' diets by Pimentel et al. (2017) maintained milk production, decreased milk fat content, and increased milk's nutraceutical value by decreasing the concentration of short-chain fatty acids and increasing the concentration of long-chain fatty acids. This makes using cashew nuts an excellent substitute for producing milk with more health benefits for humans. Medeiros (2005) and Oliveira et al. (2014) reported that cashew nut meal had no negative effect on sperm quality when it was included at 13-18% of dry matter in a concentrate feed to supplement hay in breeding rams.

According to Branco et al. (2014), CNSL raised the proportion of *Succinivibrio* while decreasing or tending to decrease the amounts of *Butyrivibrio*, *Barnesiella*, and *Odoribacter*. Dairy cows' rumen methane emission was not affected by CNSL, which has cardanol and cardol as its major active constituents but no anacardic acids. However, when expressed as a percentage of dry matter intake, it tended to fall by 8%. The product did not influence the digestibility of the other dietary components but tended to boost total tract NDF digestibility. The amount of nitrogen excreted in the urine and feces, the type of bacteria present in feces, and the antioxidative state of milk and plasma were not affected by CNSL.

### ***Nutritive value of cashew byproduct on rabbits***

Fanimo et al. (2003) fed dry cashew apples to rabbits in place of groundnut and maize up to 30% of the time and concluded that cashew apples were cheaper but had lower digestibility.

Usman et al. (2016) discovered that rabbits fed diets containing up to 75% cashew nut waste as a substitute for maize performed better than those fed diets containing other dietary treatments when evaluated in terms of growth performance, economic profitability, and nutrient digestibility. As a result, it is determined that rabbits can tolerate up to a 75% inclusion level of cashew nut meal (CNM) as a substitute for maize without any negative effects on their performance or digestibility. Utilizing CNM led to lower costs and cheaper diets.

Gomes et al. (2020) discovered that 20% CNM improved production output and economic viability without reducing the nutritional effectiveness of the diet.

### **Conclusion**

Cashew byproducts are valuable sources of nutrients that can be effectively used in livestock feeds. Cashew apple, cashew kernel waste meal, and cashew nut shell liquid residue are desirable options for enhancing animal nutrition because of their high energy and protein contents as well as their inclusion of vital minerals. Cashew utilization has been proven to improve the growth performance, digestibility of nutrients, and general health of animals.

Overall, incorporating cashews into animal feeds has enormous potential to enhance animal nutrition as well as promote the sustainable production of livestock. Livestock farmers can boost the general nutrition, productivity, and sustainability of their animal production systems by utilizing the nutritional profile and beneficial effects of cashew byproducts. Therefore, as a promising method of boosting animal nutrition and welfare, the addition of cashew byproducts to livestock feeds could be promoted.

## References

- Abreu, F. P., Dornier, M., Dionisio, A. P., Carail, M., Caris-Veyrat, C., Dhuique-Mayer, C. 2013. Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from a byproduct of juice processing: A focus on carotenoids. *Food Chemistry*, 138(1), 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.028>
- Adejo, P., Otitolaye, J., Onuche, U. 2011. Analysis of Marketing Channel and Pricing System of Cashewnuts in the North Central of Nigeria. *Journal of Agricultural Science*, 3(3). <https://doi.org/10.5539/jas.v3n3p246>
- Agbede, J., Ogunsipe, M. H. Aletor, V. 2006. Growth indices and cost implications of broiler chicks fed graded levels of cashew nut waste meal in place of soybean meal. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:59032748>
- Agnew-Blais, J. C., Wassertheil-Smoller, S., Kang, J. H., Hogan, P. E., Coker, L. H., Snetselaar, L. G., Smoller, J. W. 2015. Folate, Vitamin B-6, and Vitamin B-12 Intake and Mild Cognitive Impairment and Probable Dementia in the Women’s Health Initiative Memory Study. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(2), 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2014.07.006>
- Ahaotu, E. O., Ihekoronye, B. 2019. Environmental, ecological and anti-nutritional factors for cashew utilization in rabbit production—A review. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 6(1), 8-22.
- Ahmed, S. O., Abdalla, A. W. H., Inoue, T., Ping, A., Babiker, E. E. 2014. Nutritional quality of grains of sorghum cultivar grown under different levels of micronutrient fertilization. *Food Chemistry*, 159, 374–380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.033>.
- Akande, T. O., Akinwumi, A. O., Abegunde, T. O. 2015. Cashew rejects meal in diets of laying chickens: nutritional and economic suitability. *Journal of Animal Science and Technology*, 57(1). <https://doi.org/10.1186/s40781-015-0051-7>
- Akande, T. O., Gbadamosi, F. A. 2018. Feeding value of defatted cashew kernel as an alternative protein source in broiler diets. *Nigerian Journal of Animal Production*, 45(5), 39–45. <https://doi.org/10.51791/njap.v45i5.486>
- Akanni K. A., Adams A. A. 2011. Assessment of pricing efficiency and levels of concentration in cashew nuts market in South Western Nigeria. *Journal of Agricultural Science and Technology*. (1), 353-359.
- Akanro, R., Kede, G. R., Attanasso, M. O., Dossou, J. 2022. Economic Analysis of Cashew Apple Value Chain within the Collines Department of Benin. *OALib*, 09(10), 1–11. <https://doi.org/10.4236/oalib.1109402>

- Akpotu, J., Oniye, S. J., Abdullahi, S., Magaji, B. 2022. Haematological and hepato-renal effect of cashew nut oil on male Wistar rats. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*, 30(1), 55–61. <https://doi.org/10.4314/njbas.v30i1.8>
- Akyereko, Y. G., Wireko-Manu, F. D., Alemawor, F., Adzanyo, M. 2022. Cashew apples in Ghana: Stakeholders' knowledge, perception, and utilization. *International Journal of Food Science* 2022:2749234. <https://doi.org/10.1155/2022/2749234>
- Amata, I. A. 2014. "The use of non-conventional feed resources (NCFR) for livestock feeding in the tropics: a review." *Journal of Global Biosciences* 3(2): 604-613.
- Aremu, M. O., Akinwumi, O. D. 2014. Extraction, Compositional, and Physicochemical Characteristics of Cashew (*Anacardium occidentale*) Nuts Reject Oil. *Asian Journal of Applied Science and Engineering*, 3(7), 33. <https://doi.org/10.15590/ajase/2014/v3i7/53573>
- Attri, B. L. 2009. Effect of initial sugar concentration on the physicochemical characteristics and sensory qualities of cashew apple wine. *Journal of Natural Production Radiance*; 8(4): 374–9.
- Azam-Ali, S. H., Judge, E. C. 2001. Small-scale cashew nut processing. Coventry (UK): ITDG Schumacher Centre for Technology and Development Bourton on Dunsmore, 1-70.
- Balgude, D., Sabnis, A. S. 2014. CNSL: an environment-friendly alternative for the modern coating industry. *Journal of Coatings Technology and Research*, 11(2), 169–183. <https://doi.org/10.1007/s11998-013-9521-3>
- Bavier, J. 2014. War-scarred Ivory Coast aims to conquer the world of cashews. *Reuters*. <https://www.reuters.com/article/us-ivorycoast-cashews-insight-idUSKBN0H0Y620141029> Date of access: 09.06.2023.
- Bhamare, K., Varadan, D., Murugan, S., Chavan, S. Student, M. 2016. Nutritive Evaluation Of Cashew Apple Waste In Broilers. *International Journal of Nature and Science*. 7. 629-632.
- Bhat, M. G. 2008. Nutritive Value of Cashew. In: National Research Centre For Cashew. Karnataka-India. pp 1-12
- Branco, A., Giallongo, F., Frederick, T., Weeks, H., Oh, J., Hristov, A. 2014. Effect of technical cashew nut shell liquid on rumen methane emission and lactation performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 4030–4040. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9015>
- Cheng, G., He, Y. N., Yue, T. X., Wang, J., Zhang, Z. W. 2014. Effects of Climatic Conditions and Soil Properties on Cabernet Sauvignon Berry Growth and Anthocyanin Profiles. *Molecules*, 19(9), 13683–13703. <https://doi.org/10.3390/molecules190913683>
- ComCashew. 2019. Opportunities and challenges in cashew processing in Africa. *Cashew Processing Guides* No. 2.
- Damasceno, L. F., Fernandes, F. A. N., Magalhães, M. M. A., Brito, E. S. 2008. Evaluation and optimization of nonenzymatic browning of “cajuina” during thermal treatment. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 25(2), 313–320. <https://doi.org/10.1590/s0104-66322008000200010>.
- Das, P., Sreelatha, T., Ganesh, A. 2004. Bio oil from pyrolysis of cashew nut shell-characterization and related properties. *Biomass and Bioenergy*, 27(3), 265–275. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.12.001>

- Das, I., Arora, A. 2017. Post-harvest processing technology for cashew apple – A review. *Journal of Food Engineering*, 194, 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.09.011>
- Donkoh, A., Attoh-Kotoku, V., Osei Kwame, R., Gascar, R. 2012. Evaluation of Nutritional Quality of Dried Cashew Nut Testa Using Laboratory Rat as a Model for Pigs. *The Scientific World Journal*, 2012, 1–5. <https://doi.org/10.1100/2012/984249>
- Edame, G. E., Ekpenyong, A. B., Fonta, W. M., Duru, E. J. C. 2011. Climate change, Food Security and Agricultural Productivity in Africa: Issues and Policy Directions. *International Journal of Humanities and Social Science*, 1(21): 205-223
- Fanimo, A. O., Adebayo, A. J., Oduguwa, O. O. Biobaku, W. O. 2007. Feeding value of cashew nut testa for broiler chicken. *Nigerian Journal of Animal Production*, 34: 83-93. <https://doi.org/10.51791/njap.v34i1.2436>
- Fanimo, A. O., Oduguwa, O. O., Alade, A. A., Ogunnaike, T. O., Adesehinwa, A. K. (2003). Growth performance, nutrient digestibility, and carcass characteristic of growing rabbits fed cashew apple waste. *Livestock Research for Rural Development*, 15(8), 1-8.
- FAOSTAT. (2021a). Cashew nuts, in shell. Accessed August 13, 2022. <https://www.fao.org/faostat/en/#search/cashew%20nut%20in%20shell>
- FAOSTAT. (2021b). Cashew apple. Accessed August 13, 2022. <https://www.fao.org/faostat/en/#search/cashew%20apple>.
- FAOSTAT 2023. Cashew production: Pick lists from world regions/production quantity. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> Date of Access: 29.06.2023.
- Fernandes, D. R., Freitas, E. R., Watanabe, P. H., Filgueira, T. M. B., Cruz, C. E. B., do Nascimento, G. A. J., Aguiar, G. C., Nascimento, E. R. M. 2016. Cashew nut meal in the feeding of meat quails. *Tropical Animal Health and Production*, 48(4), 711–717. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1008-7>
- Freitas, E. R., Fuentes, M. D. F. F., Santos Júnior, A. D., Guerreiro, M. E. F., Espíndola, G. B. 2006. Cashew nut meal in broiler diets. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 1001-1006.
- Giorgi, A., Madeo, M., Speranza, G., Cocucci, M. 2010. Influence of environmental factors on the composition of phenolic antioxidants of *Achillea collina* Becker ex Rchb. *Natural Product Research*, 24(16), 1546–1559. <https://doi.org/10.1080/14786419.2010.490656>
- Gomes, T. R., Freitas, E. R., Watanabe, P. H., Guerreiro, M. E. F., Sousa, A. D. R., Ferreira, A. C. S. 2018. Dehydrated cashew apple meal in the feeding of growing rabbits. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(2), 757. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p757>
- Gomes, T. R., Freitas, E. R., Watanabe, P. H., Sousa, A. D. R., Ferreira, A. C. S., Tavares, L. M. D. S. 2020. Cashew nut meal (*Anacardium occidentale* L.) in the feeding of growing rabbits. *Ciência Animal Brasileira*, 21. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-61927>
- Gonçalves, B., Pinto, T., Aires, A., Morais, M. C., Bacelar, E., Anjos, R., Ferreira-Cardoso, J., Oliveira, I., Vilela, A., Cosme, F. 2023. Composition of Nuts and Their Potential Health Benefits—An Overview. *Foods*, 12(5), 942. <https://doi.org/10.3390/foods12050942>
- Griffin, L. E., Dean, L. L. 2017. Nutrient Composition of Raw, Dry-Roasted, and Skin-On Cashew Nuts. *Journal of Food Research*, 6(6), 13. <https://doi.org/10.5539/jfr.v6n6p13>
- Gupta, C., Prakash, D. 2014. Phytonutrients as therapeutic agents. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 11(3). <https://doi.org/10.1515/jcim-2013-0021>

- Joseph, M. A., Oyewole, B. O., Okpanachi, U. 2020. Utilization and Economics of Cashew Pulp Waste as Animal Feed Stuff: A Review. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 8(1).
- Karikari, A., Anim-Jnr, A., Sarfo, G., Hamidu, J., Osei, S. 2023. Effects of partial replacement of maize with cashew kernel meal on the growth and reproductive performance of layer pullets and semen characteristics of cockerels. *Ghanaian Journal of Animal Science*, 13(2), 8 - 19.
- Kinh, L.V., Do, V. V., Phuong D. D. 1997. Chemical composition of cashew apple waste ensiled with poultry litter. *Livestock Research for Rural Development*, 9(1). <http://www.lrrd.org/lrrd9/1/kinh91.htm>
- Kolliesuah, N., Saysay, J., Zinnah, M., Freeman, A., Chinenye, D. 2020. Trend analysis of production, consumption, and export of cashew crop in West Africa. *African Crop Science Journal*, 28(1), 187–202. <https://doi.org/10.4314/acsj.v28i1.14s>
- Kumar, A., Moin, A. R. S. Ahmed, A. G., Shivakumar, H. 2012. Cashew Gum A Versatile Hydrophilic Polymer: A Review. *Current Drug Therapy*, 7(1), 2–12. <https://doi.org/10.2174/157488512800389146>
- Lamble, L. (2013). Cashew nut workers suffer “appalling” conditions as global slump dents profits. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/global-development/2013/nov/02/cashew-nut-workers-pay-conditions-profits>. Date of Access: 12.06.2022.
- Lebas, F., Bannelier, C., Adoukonou, J., Djago, A. Y., 2012. Chemical composition of some raw materials available for rabbit feeding in Benin. *Proceeding 10th World Rabbit Congress*, 3-6 September, Sharm El-Sheikh, Egypt, 581-584
- Lowor, S., Yabani, D., Winifred, K., Agyente-Badu, C. 2016. Production of Wine and Vinegar from Cashew (*Anacardium occidentale*) “Apple.” *British Biotechnology Journal*, 12(3), 1–11. <https://doi.org/10.9734/bbj/2016/23366>
- Lubi, M. C., Thachil, E. T. 2000. Cashew nut shell liquid (CNSL) - a versatile monomer for polymer synthesis. *Designed Monomers and Polymers*, 3(2), 123–153. <https://doi.org/10.1163/156855500300142834>
- Luciano, R. C., de Fátima Araújo, L., Aguiar, E. M., Pinheiro, L. E. do Nascimento, D. S. 2011. Revisão sobre a potencialidade do pedúnculo do caju na alimentação animal. *Revista Tecnologia and Ciência Agropecuária*. 53–59.
- Maheswari, D. U., Elanchezhian, N., Reddy, D. V. 2008. Nutritive Value of Cashew (*Anacardium occidentale*) Tree Leaves for Goat. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 25(3), 248-251.
- Makinde, O. J., Enyigwe, P., Babajide, S., Atsumbe, J., Ibe, E., Samuel, I. 2014. Growth Performance and Carcass Characteristics of Finisher Broilers Fed Rice Offal Based Diets Supplemented with Exogenous Enzyme. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 144–149. <https://doi.org/10.15580/gjas.2014.4.041814191>
- Medeiros, M. N. 2005. Effects of inclusion of cashew nut meal in the diet of sheep on their dry matter intake and reproduction performances. *Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, Fortaleza, Brazil*. *Veterinary VHL Research Portal*, 7315.



- Mitchell, D. 2008 "A note on rising food prices." World Bank policy research working paper 4682.  
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/229961468140943023/pdf/WP4682.pdf>
- Mohod, A., Jain, S., Powar, A. 2010. Pollution Sources and Standards of Cashew Nut Processing. American Journal of Environmental Sciences, 6(4), 324–328.  
<https://doi.org/10.3844/ajessp.2010.324.328>
- Morton, J. F. 1987. Cashew apple, *Anacardium occidentale* L. Fruits of warm climates. Center for New Crops and Plant Products, Department of Horticulture and Landscape Architecture. ( pp. 239–240). Purdue University, W. Lafayette, IN.
- Nandi, B. K. 1998. Cashew nut nutritional aspects - Integrated Production Practices of Cashew in Asia  
[https://www.fao.org/3/ac451e/ac451e0b.htm#:~:text=2.5%20Fatty%20Acid%20Composition,%25\)%20\(Ohler%2C%201979\)](https://www.fao.org/3/ac451e/ac451e0b.htm#:~:text=2.5%20Fatty%20Acid%20Composition,%25)%20(Ohler%2C%201979).). Date of Access: 21.07.2023.
- Nnenna, O. P., Emeka, N. P., Okpoko, C. L. 2006. Performance of Broiler Chicks (*Gallus domesticus*) Fed Maize Offal-Based Diets Supplemented with Roxazyme G Enzyme. International Journal of Poultry Science, 5(7), 607–610.  
<https://doi.org/10.3923/ijps.2006.607.610>
- Oddoye, E. O. K., Takrama, J. F., Anchirina, V., Agyente-Badu, K. 2009. Effects on the performance of growing pigs fed diets containing different levels of dried cashew pulp. Tropical Animal Health and Production, 41(7), 1577–1581.  
<https://doi.org/10.1007/s11250-009-9349-0>
- Odunsi, A. A. 2002. Effect of feeding rejects cashew Kernel meal on pre and early-laying performance of pullet. Archivos De Zootecnia, 51, 423-429.
- Ogunwolu, S., Henshaw, F., Mock, H., Matros, A. 2010. Production of protein concentrate and isolate from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 10(5).  
<https://doi.org/10.4314/ajfand.v10i5.56334>
- Ojediran, T. K., Bamigboye, D. O., Olonade, G. O., Ajayi, A. F., Emiola, I. A. 2019. Growth response, cost-benefit, carcass characteristics, and organoleptic properties of pigs fed biscuit dough as a replacement for maize. Acta Fytotechnica Et Zootechnica, 22(2), 58–63. <https://doi.org/10.15414/afz.2019.22.02.58-63>.
- Ojediran, T., Fawamide, T., Babajide, N., Ajayi, A., Shittu, M. D., Emiola, I. 2020. Hematological parameters, organ weight, and villi morphometrics of weaner pigs fed biscuit dough. Polish Journal of Natural Sciences, 35(2).
- Ojediran, T., Oyebamiji, O., Areo, E., Emiola, I. 2021. Growth parameters, economic analysis, and blood characteristics of weaned pigs fed cashew reject kernel meal. Polish Journal of Natural Sciences, 36(2), 131-145.
- Ojediran, T. K., Areo, O. O., Salawu, H., Durojaiye, V., Emiola, A. 2022a. Growth Indices, Production Economics And Organoleptic Assessment Of Weaned Pigs Fed Fermented High-Quality Cassava Peel® Meal In Place Of Maize. Malaysian Animal Husbandry Journal, 2(2), 67–70. <https://doi.org/10.26480/mahj.02.2022.67.70>.
- Ojediran, T., Ganiyu, B., Muhammed, A., Emiola, A. 2022b. Egg production, economic indices, and external and internal egg quality parameters of laying Japanese quails



- (*Coturnix japonica*) fed palm (*Elaeis guineensis*) kernel cake. *Animal Science And Genetics*, 18(2), 1–11. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.8489>.
- Ojediran, T., Olagoke, O., Emiola, A. 2022c. Effect of replacing full-fat soybean meal with undefatted cashew reject kernel meal on the growth response, blood parameters, organ weight, and abdominal fat weight of broiler chicks. *Animal Science And Genetics*, 18(4), 33–45. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1380>.
- Ojediran, T. K., Olagoke, O. C., Emiola, I. A. 2022d. Potential Of Defatted Cashew Kernel Meal As A Viable Replacement For Groundnut Cake In Broiler Chicken Diet. *Innovations In Cashew*, 64.
- Ojewola, G. S., Okoye, F. C., Agbakuru, I. 2004. Replacement Value of Cashew-nut Meal for Soyabean Meal in Finishing Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science*, 3(8), 513–516. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.513.516>
- Okpanachi, U., Ayoade, J. A., Tuleun, C. D. 2016a. Composition and Anti-Nutritional Factors (Phyto-Nutrients) Present in both Red and Yellow Varieties of Sun-Dried Cashew Pulp. *American Journal of Food Science and Health*. 2(4), 45-48.
- Okpanachi, U., Oyewole, B., Egbu, C., Ganiyu, O. Y. 2016b. Effects of feeding sun-dried yellow cashew pulp based diets on performance, dry matter and nutrient digestibility of West African Dwarf Goats. *Animal Veterinary Sciences*. <https://doi.org/10.11648/j.av.s.20160404301.12>
- Oladunjoye, I. O., Ologhobo, A. O., Emiola, I. A., Amao, O. A. 2004. Growth performance, carcass analysis, and weights of broiler fed varying levels of bread fruit (*Artocarpus albilis*) meal-based diets. *Tropical Journal of Animal Science* 15: 61-63.
- Olife, I. C., Jolaoso, M. A., Onwualu, A. P. 2013. Cashew processing for economic development in Nigeria. *Agricultural Journal*, 8(1), 45-50.
- Oliveira, R. V., Tilburg, M. F., Santos, R. Q., Moreno, F. B., Monteiro-Moreira, A. C. O., Moura, A. 2014. Effects of cashew nut meal on ram sperm proteins. *Acta Vet. Bras.*, 8 (2): 246-247.
- Oliveira, N. N., Mothé, C. G., Mothé, M. G., de Oliveira, L. G. 2020. Cashew nut and cashew apple: scientific and technological monitoring worldwide review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(1), 12–21. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04051-7>.
- Onibi, G. 2006. Dietary oil quality and vitamin E supplementation I: an assessment of performance characteristics of broiler chickens. *Bowen Journal of Agriculture*, 3(1). <https://doi.org/10.4314/bja.v3i1.41910>
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., Anthony, S. 2009. *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0*. World Agroforestry Centre, Kenya.
- Oyewole, B. O., Olarenwaju, G., Dafwang, I. I. 2013. Performance of Broilers Fed Premix Prepared from Locally Sourced Materials, *Standard Research Journal of Agricultural Sciences*, 1(2), 17-20.
- Oyewole, B. O., Rotimi, E. A., Anthony, F. O. Adewumi, J. (2017). Performance and Blood Parameters of Starter Broilers Fed Diets Containing Cashew Pulp Meal, *FUDMA Journal of Agriculture and Agricultural Technology*, 2, 87-92.
- Pimentel, P. G., Reis, R. B., Neiva, J. N. M., Coelho, S. G., Pinto, A. P. 2017. Yield and composition of milk from dairy cows fed diets containing cashew nuts. *Revista Ciência Agronômica*, 48(4). <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170081>

- Pinho, L. X., Afonso, M. R. A., Carioca, J. O. B., Costa, J. M. C., Ramos, A. M. 2011. The use of cashew apple residue as a source of fiber in low-fat hamburgers. *Food Science and Technology* 31:941–945. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000400018>.
- Porto, B. C., Cristianini, M. 2014. Evaluation of cashew tree gum (*Anacardium occidentale* L.) emulsifying properties. *LWT - Food Science and Technology*, 59(2), 1325–1331. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.033>
- Prakoso, R., Mubarak, A. Z. 2021. Optimization of process temperature and time of vacuum drying for production of cashew apple (*Anacardium Occidentale* L.) powder using response surface methodology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 733:012069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012069>.
- Prasertsri, P., Leelayuwat, N. 2017. Cashew Apple Juice: Contents and Effects on Health. *Nutrition and Food Science International Journal*, 4(1). <https://doi.org/10.19080/nfsij.2017.04.555629>
- Ras, R. T., Geleijnse, J. M., Trautwein, E. A. 2014. LDL-cholesterol-lowering effect of plant sterols and stanols across different dose ranges: a meta-analysis of randomised controlled studies. *British Journal of Nutrition*, 112(2), 214–219. <https://doi.org/10.1017/s0007114514000750>
- Ribeiro, A. J., de Souza, F. R. L., Bezerra, J. M., Oliveira, C., Nadvorny, D., de La Roca Soares, M. F., Nunes, L. C., Silva-Filho, E. C., Veiga, F., Soares Sobrinho, J. L. 2016. Gums' based delivery systems: Review on cashew gum and its derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 147, 188–200. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.02.042>
- Rico, R., Bulló, M., Salas-Salvadó, J. 2015. Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernels from different origin. *Food Science and Nutrition*, 4(2), 329–338. <https://doi.org/10.1002/fsn3.294>
- Salami, R. I., and Odunsi, A. A. 2003. Evaluation of Processed Cassava Peel Meals as Substitutes for Maize in the Diets of Layers. *International Journal of Poultry Science*, 2(2), 112–116. <https://doi.org/10.3923/ijps.2003.112.116>
- Sanjeeva, S. K., Pinto, M. P., Narayanan, M. M., Kini, G. M., Nair, C. B., SubbaRao, P., Pullela, P. K., Ramamoorthy, S., Barrow, C. J. 2014. Distilled technical cashew nut shell liquid (DT-CNSL) as an effective biofuel and additive to stabilize triglyceride biofuels in diesel. *Renewable Energy*, 71, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.05.024>
- Sawadogo, M., Tchini Tanoh, S., Sidibé, S., Kpai, N., Tankoano, I. 2018. Cleaner production in Burkina Faso: Case study of fuel briquettes made from cashew industry waste. *Journal of Cleaner Production*, 195, 1047–1056. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.261>
- Segura, R., Javierre, C., Lizarraga, M. A., Ros, E. 2006. Other relevant components of nuts: phytosterols, folate and minerals. *British Journal of Nutrition*, 96(S2), S36–S44. <https://doi.org/10.1017/bjn20061862>
- Soares, D. J., Vasconcelos, P. H. M. D., Camelo, A. L. M., Longhinotti, E., Sousa, P. H. M. D., Figueiredo, R. W. D. 2013. Prevalent fatty acids in cashew nuts obtained from conventional and organic cultivation in different stages of processing. *Food Science and Technology*, 33(2), 265–270. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612013005000050>
- Sogunle, O. M., Fanimó, A. O., Biobaku, W. O., Bamgbose, A. M. 2005. The feeding value of full-fat cashew nut (*Anacardium occidentale* Linn) rejects and low cereal diets for

- broiler chicken. Nigerian Journal of Animal Production, 32(1), 46-53. <https://doi.org/10.51791/njap.v32i1.926>
- Song, M., Seng, M. 2008. Nutritve value of cashew apple for growing duck. [www.tropentag.de/2008/abstracts/posters/483](http://www.tropentag.de/2008/abstracts/posters/483)
- Sundaram, R. N. S. 1986. Utilization of cashew apple waste in dairy cattle feed. Indian Journal of Animal Nutrition, 3(2):124-127
- Swain, B. 2007. Effect of feeding cashew apple waste replacing maize on the performance of broilers. Indian Journal of Poultry Science. 42. 208-210.
- Swain, B. K., Naik, P. K., and Singh, N. P. (2014). Unconventional feed resources for efficient poultry production. Indian Council of Agricultural Research
- Tamiello-Rosa, C. S., Cantu-Jungles, T. M., Iacomini, M., Cordeiro, L. M. C. 2019. Pectins from cashew apple fruit (*Anacardium occidentale*): Extraction and chemical characterization. Carbohydrate Research 483:107752. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2019.107752>.
- Telascrêa, M., Leão, A. L., Ferreira, M. Z., Pupo, H. F. F., Cherian, B. M., Narine, S. 2014. Use of a Cashew Nut Shell Liquid Resin as a Potential Replacement for Phenolic Resins in the Preparation of Panels – A Review. Molecular Crystals and Liquid Crystals, 604(1), 222–232. <https://doi.org/10.1080/15421406.2014.968509>
- Tranchino, L., Costantino, R., and Sodini, G. 1983. Food grade oilseed protein processing: sunflower and rapeseed. Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition, 32(3–4), 305–334. <https://doi.org/10.1007/bf01091192>
- Tyman, J. H. P., Johnson, R. A., Muir, M., and Rokhgar, R. 1989. The extraction of natural cashew nut-shell liquid from the cashew nut (*Anacardium occidentale*). Journal of the American Oil Chemists' Society, 66(4), 553–557. <https://doi.org/10.1007/bf02885447>
- United Nations. 2021. Commodities at a glance: special issues on cashew nuts (2nd ed.). United Nations Conference on Trade and Development.
- Uslu, N., Özcan, M. M. 2019. Effect of microwave heating on phenolic compounds and fatty acid composition of cashew (*Anacardium occidentale*) nut and oil. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18(3), 344–347. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.10.001>
- Usman, A. A., Oyewole, B. O., Aribido, S. O. 2016. Performance and digestibility of growing rabbits fed cashew nut waste-based diets. Journal of Science and Technology, 6(2), 35-39.
- Vani, J. M., Monreal, M. T. F. D., Auharek, S. A., Cunha-Laura, A. L., de Arruda, E. J., Lima, A. R., da Silva, C. M., Antonioli-Silva, A. C. M. B., de Lima, D. P., Beatriz, A., Oliveira, R. J. 2018. The mixture of cashew nut shell liquid and castor oil results in an efficient larvicide against *Aedes aegypti* that does not alter embryo-fetal development, reproductive performance or DNA integrity. PLOS ONE, 13(3), e0193509. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193509>
- Wight, R. D., Tull, C. A., Deel, M. W., Stroope, B. L., Eubanks, A. G., Chavis, J. A., Drew, P. D., and Hensley, L. L. 2012. Resveratrol effects on astrocyte function: Relevance to neurodegenerative diseases. Biochemical and Biophysical Research Communications, 426(1), 112–115. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2012.08.045>

- Wilson, B. 2015. "Blood cashews': the toxic truth about your favourite nut". The Telegraph. <https://www.telegraph.co.uk/foodanddrink/foodanddrinknews/11577928/Blood-cashews-the-toxic-truth-about-your-favourite-nut.html>. Date of Access: 06.09.2022.
- Yisa, I. K. 2019. Utilisation of Cashew (*Anacardium Occidentale L.*) Apple Pomace as a source of energy by broiler chicken (Doctoral dissertation).University of Ibadan, Department of Animal Science, pp 121-146.
- Yisa, I. K., Longe, O. G. 2020. Growth response and carcass characteristics of broiler chickens fed dried cashew (*Anacardium occidentale L.*) apple pulp in replacement for maize. *Breast*, 21(21.2), 20-8.
- Yusuf, H., Aliyu-Paiko, M. 2020. Evaluation of cashew nut meal as phytobiotics in diet of broiler chickens and effects on feed efficiency, growth performance, blood metabolic and antioxidant profiles. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 5(1), 108-114.



## Çiftlik Hayvanlarında Seleksiyon İzlerinin Tanımlanmasında Kullanılan Kavram ve Yaklaşımlar

Mustafa KARABAŞ<sup>1</sup>, Onur YILMAZ<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 09000, Aydın, Türkiye

Mustafa KARABAŞ, ORCID No: [0000-0003-0429-0220](https://orcid.org/0000-0003-0429-0220), Onur YILMAZ, ORCID No: [0000-0002-5658-8558](https://orcid.org/0000-0002-5658-8558)

### MAKALE BİLGİSİ

### ÖZ

#### Derleme

*Çalışma yüksek lisans semineri olarak sunulmuştur.*

Geliş: 13.11.2023  
Kabul: 28.12.2023

#### Anahtar Kelimeler

Evcilleştirme  
Pozitif seleksiyon  
Seçici sürüklenme  
Evrim

#### \* Sorumlu Yazar

oyilmaz@adu.edu.tr

İnsanlar ve yabani hayvan popülasyonları arasındaki etkileşimler çeşitli evcilleştirme süreçlerine yol açmıştır. Bu etkileşimler, insanlarla aynı çevreye uyum sağlama yeteneği yüksek olan yabani hayvan türlerinde evrim mekanizmalarının işleyişini değiştirmiştir. Bu evcilleştirme süreçleri, yabani hayvan türlerinde morfolojik, davranışsal ve üretim özellikleri odaklı bazı genotipik ve fenotipik değişikliklere neden olarak günümüzde çiftlik hayvanı ırklarının oluşumunu sağlamıştır. Bu süreçler boyunca genom üzerinde seleksiyona maruz kalmış bölgelerin tespit edilmesi, ilgili özelliklerle ilişkili genlerin tanımlanmasında faydalı olabilmektedir. Son yıllarda moleküler genetik teknikler ve biyoinformatik alanındaki gelişmeler, bu süreçlerin çiftlik hayvanları genomunda neden olduğu kalıtsal genetik değişikliklerin bıraktığı seleksiyon izlerini tespit edebilme imkanı sağlamıştır. Sunulan bu derlemede, çiftlik hayvanlarında seleksiyon izleri ve seleksiyon izlerinin tespit edilmesinde kullanılan yöntemler tartışılmıştır.

## Concepts and Approaches Used in identifying Selection Signatures in Farm Animals

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Review

*The study was presented as a graduate seminar.*

Received : 13.11.2023  
Accepted : 28.12.2023

#### Keywords

Domestication  
Positive selection  
Selective sweep  
Evolution

#### \* Corresponding Author

oyilmaz@adu.edu.tr

Interactions between humans and wild animal populations have led to various processes of domestication. These interactions have altered the functioning of evolutionary mechanisms in wild animal species that are highly adaptable to the same environment as humans. These domestication processes caused genotypic and phenotypic changes, specifically in the morphological, behavioral, and production characteristics of wild animal species. These changes ultimately led to the development of the farm animal breeds that we see today. Identifying regions on the genome that have undergone selection during these processes can be useful for identifying genes associated with relevant traits. In recent years, advancements in molecular genetic techniques and bioinformatics have provided the opportunity to identify the selection signatures left by heritable genetic changes caused by these processes in the genomes of farm animals. In this review, selection signatures in farm animals, the methods used to detect these signatures, and the problems encountered are discussed in detail.

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

Karabaş, M., Yılmaz, O., 2024. Çiftlik hayvanlarında seleksiyon izlerinin tanımlanmasında kullanılan kavram ve yaklaşımlar, Journal of Animal Science and Products (JASP) 7 (1):63-82. DOI: [10.51970/jasp.1390270](https://doi.org/10.51970/jasp.1390270)

## Giriş

İnsan ile yabani hayvan populasyonları arasında ortak çevrenin oluşması türler arasındaki etkileşimin artmasıyla sonuçlanmıştır (Larson ve Fuller, 2014). Bu etkileşimler sonucunda insanlar, yabani hayvan türleri üzerindeki evrim mekanizmalarının işleyişini değiştirmiş ve farklı evcilleştirme süreçlerinin ortaya çıkmasına katkı sağlamıştır (Yamamoto ve ark., 2013). Bu süreçler, kısmen kontrol edilebilir doğal seleksiyon, kontrol edilebilir yapay seleksiyon, bilinçli veya bilinçsiz akrabalı yetiştirme, insan yönetimindeki sürülerin doğal ortamları dışına çıkarılmasıyla oluşan şansa bağlı genetik sürüklenme ve adaptasyon olarak sınıflandırılabilir (Mignon-Grasteau ve ark., 2005; Zeder, 2012; Saravanan ve ark., 2020). Bu süreçler özellikle insanlar ile bir arada yaşayabilen yabani hayvan türlerinde fenotipik, genotipik ve davranış özelliklerinin değişimine katkı sağlayarak günümüz çiftlik hayvanı ırklarının oluşumuna yol açmıştır (Diamond, 2002; Lye ve Purugganan, 2019; Frantz ve ark., 2020).

Bu evrimsel süreçler yalnızca canlılarda şansa bağlı meydana gelen mutasyonların oluşturduğu kalıtsal genetik farklılıkların varlığında etkili olabilmektedir (Whitehead ve Crawford, 2006). Bu mutasyonlardan faydalı mutasyonlar canlıların adaptasyon yeteneğini artırırken zararlı mutasyonlar olumsuz etkilere sahip olabilmektedir (Denamur ve Matic, 2006; Kosiol ve Anisimova, 2019). Ortaya çıktıkları canlıların adaptasyon yeteneği üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı varsayılan mutasyonlar ise tarafsız mutasyonlar olarak adlandırılmaktadır. Ancak son yıllarda bazı çalışmalar, tarafsız olarak kabul edilen eş anlamlı mutasyonların da adaptasyon üzerine etkili olabileceğini bildirmektedir (Parnley ve Hurst, 2007; Kristofich ve ark., 2018; Lebeuf-Taylor ve ark., 2019).

Faydalı mutasyonlar populasyonlarda bir sonraki generasyona aktarılma şansını yakaladıkları için populasyon içerisinde hızla sabitleme eğilimindedir (Cui ve Yuan, 2018). Bu mutasyonlar populasyonda sabitleme süreci boyunca genom üzerindeki bağlantılı tarafsız mutasyonları da beraberinde sürüklemektedir. Otostop etkisi olarak adlandırılan bu durum, faydalı mutasyonun seçici sürüklenme ile populasyonlarda sabitlemesine ve etrafındaki genetik varyasyonunun azalmasına neden olmaktadır. Azalan bu genetik varyasyon ve seçici sürüklemenin etkisi ile genom üzerinde seleksiyon izi olarak tanımlanan genomik ayak izleri meydana gelmektedir (Kaplan ve ark., 1989; Stephan, 2019). Populasyondan ayıklanma eğiliminde olan olumsuz etkilere sahip zararlı mutasyonlar ile herhangi bir etkiye sahip olmayan tarafsız mutasyonlar faydalı mutasyonlardaki sabitlemenin tersine populasyondan ayıklandıklarında bile seleksiyon izlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Comeron, 2014; Marsden ve ark., 2016). Gerek sabitleme gerekse ayıklanma süreçlerinde ortaya çıkan bu genomik izler, moleküler genetik teknikler ve biyoinformatik alanındaki gelişmeler sayesinde gerek çiftlik hayvanlarının gerekse yabani hayvanların evrimsel süreçlerinde meydana gelen doğal ve yapay seleksiyon süreçlerinin yönü ve işleyişi hakkında önemli bilgiler ortaya konmaktadır (Charlesworth ve Charlesworth, 2018; Gurgul ve ark., 2018; Almeida ve ark., 2019; Moradian ve ark., 2020).

Bu bağlamda günümüzde, yapay seleksiyonun gerçekleştiği çiftlik hayvanlarında üretim özelliklerine, doğal seleksiyonun süreçlerinin işlediği yaban hayvanlarında ise hastalık direnci ve adaptasyon yeteneklerine ilişkin genomik izlerin tanımlanması mümkün hale gelmiştir (Kim ve ark., 2013; Cheruiyot ve ark., 2018). Ancak yoğun melezleme gerçekleştirilen

veya göç almış populasyonlarda yeni gen havuzunun oluşması nedeniyle ortaya çıkan bölgeler seçici sürükleme gibi değerlendirilerek seleksiyon izi olarak tanımlanabilmekte ve yanıtıcı seleksiyon izlerinin tanımlanmasına neden olabilmektedir (Oleksyk ve ark., 2010). Bu nedenle doğru ve isabetli seleksiyon izlerinin belirlenebilmesi için üzerinde çalışılan populasyonun evrim tarihinin bilinmesine gerek duyulmaktadır.

Sunulan bu derlemede, çiftlik hayvanlarında seleksiyon izleri ve bu izlerin tespit edilmesinde kullanılan yöntemler ve karşılaşılan sorunlar detaylı olarak ele alınmıştır.

## **Seleksiyon**

Seleksiyon, evrimsel biyolojide, belirli genetik varyantların bir populasyon içinde daha fazla üreme veya hayatta kalma avantajına sahip olduğu bir süreçtir. Bu süreç, organizmaların genetik özelliklerin nesilden nesile aktarılmasına ve populasyon içinde genetik kompozisyonunun zaman içinde değişmesine neden olmaktadır. Seleksiyon doğal ve yapay olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleşebilmektedir.

### ***Doğal seleksiyon***

Doğal seleksiyon, bir populasyonda yalnızca bireyler arası kalıtsal genetik farklılıkların varlığında etkili olabilmektedir (Griffith ve ark., 1999). Bu farklılıklar, gametogenez sürecinde üreme hücrelerinde rasgele oluşan mutasyonların bir sonraki nesile aktarılmasıyla oluşmaktadır (Mendivil ve Ferrier, 2012; Foulkes ve Real, 2013; Jung ve ark., 2019; Uspenskaya ve ark., 2019). Yavrulara kalıtılan mutasyonlar bazı durumlarda sadece iki veya üç nesil gibi kısıtlı bir süreç için aktarılabilirken bazı mutasyonlar nesiller boyunca aktarılarak doğal seleksiyona maruz kalan populasyonlarda sabitlenmektedir. Böylelikle bu mutasyonlar bireyler ile populasyonlar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde kullanılan belirleyici mutasyonlar olarak nitelendirilmektedirler (Scally, 2016). Bu tür mutasyonlar, faydalı, tarafsız ve zararlı mutasyonlar olarak sınıflandırılmıştır. Bu mutasyonların ortaya çıkardıkları kalıtsal farklılıkların, doğal seleksiyonun işleyişi ve yönü üzerinde değişikliklere neden olduğu belirtilmiş ve bu değişikliklere göre doğal seleksiyon süreci pozitif, dengeleyici ve arka plan (negatif) seleksiyonu olarak üç ana başlıkta incelenmiştir (Bamshad ve Wooding, 2003). Pozitif seleksiyon sürecinde faydalı mutasyonlar bireylerin adaptasyon kabiliyetini artırdığı gibi populasyonda bu mutasyonların frekansı da hızlı bir şekilde artmaktadır (Desai ve Fisher, 2007). Dengeleyici seleksiyon populasyondaki çeşitliliğin korunmasında önemlidir ve genel olarak heterozigotların homozigotlara kıyasla daha yüksek uyum kabiliyetine sahip olduğu üstün baskınlık ve nadir oluşan mutasyonların korunmasını sağlayan negatif frekansa bağlı seleksiyon olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir (Mérot ve ark., 2020). Üstün baskınlık durumunda heterozigot bireylerin homozigot bireylerden daha avantajlı olduğu varsayılmakta ve heterozigot avantajı olarak da adlandırılmaktadır (Pruvost ve ark., 2011; Hedrick, 2015). Dengeleyici seleksiyon modellerinde bir mutasyonun faydalı veya zararlı olması çevresel şartlara göre değişmektedir. Arka plan seleksiyonu sürecinde zararlı mutasyonlar meydana geldikleri canlıların yaşama gücü ve adaptasyon kabiliyeti üzerinde olumsuz etkilere neden oldukları için populasyondan ayıklanma eğilimindedir. Genom üzerinde zararlı mutasyonların devre dışı bırakıldığı bölgede genetik varyasyon azalmakta ve bu durum genomik ayak izlerinin oluşmasına katkı sağlamaktadır (Cutter ve Payseur, 2013).

### ***Yapay seleksiyon***



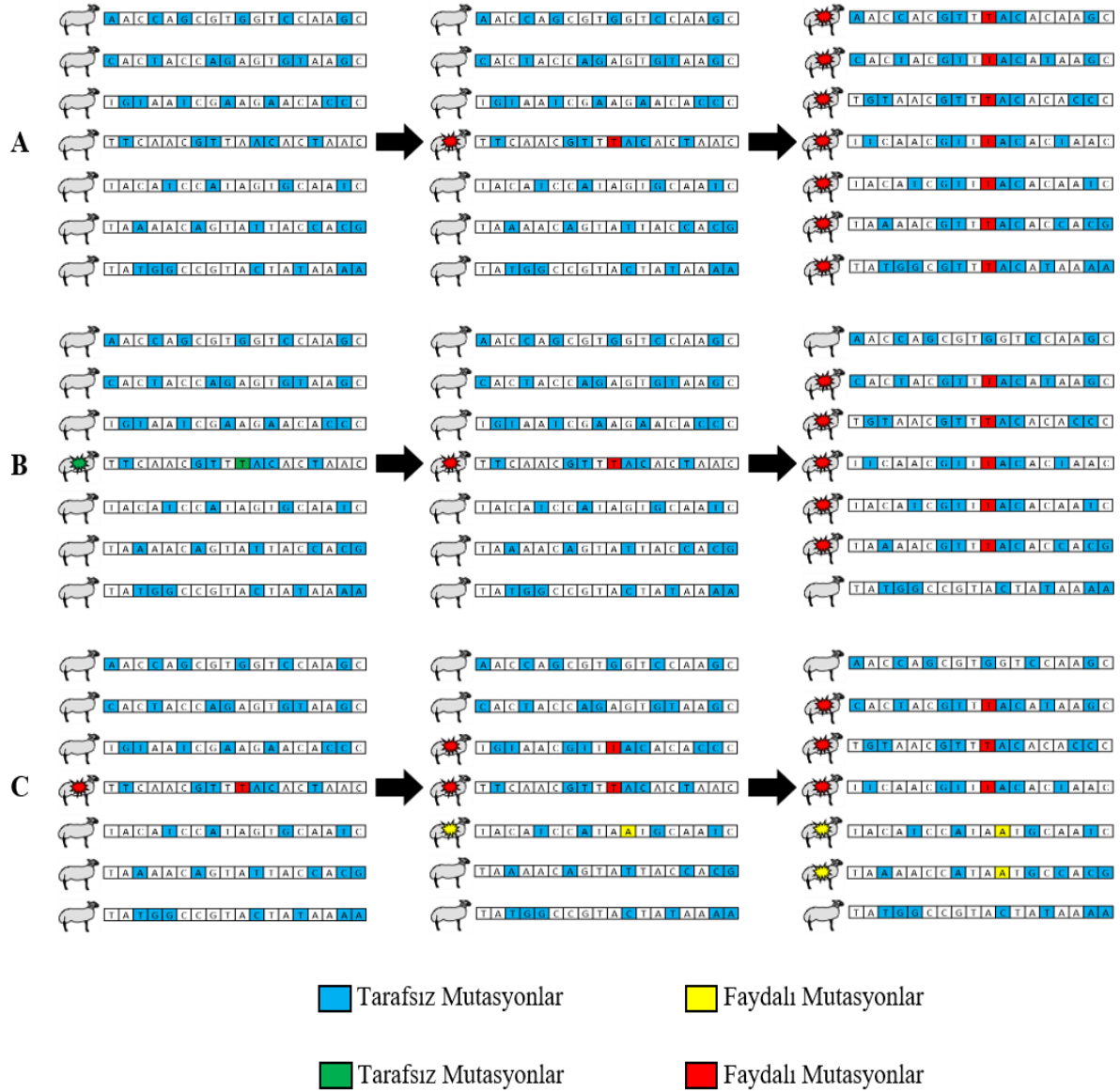
Evcilleştirme süreçleriyle hayvanların yaşadığı çevresel koşulların insanlar tarafından kontrol edilmesi, doğal seleksiyonun baskısını azaltmış ve yapay seleksiyon sürecinin hızlanmasını sağlamıştır. Avcı toplayıcı hayattan yerleşik hayata geçilmesi ve hayvanların artık barınaklarda yetiştiriciliğe alınması ile doğal seleksiyonun baskısı kısmen ortadan kalkmıştır (Mignon-Grasteau ve ark., 2005). Erken evcilleştirme döneminde meydana gelen bu yapay seleksiyon süreci “*bilinçsiz seleksiyon*” olarak da adlandırılmaktadır. Bilinçsiz seleksiyon süreci, hayvanların gerçek yabani ortamlarından izole edilerek insanların oluşturduğu yapay ortamda yetiştirilmeleri nedeniyle daha önce yaşama gücü ve adaptasyon gibi özelliklerden sorumlu, uyum kabiliyetini artıran sayısız gen bölgesinin önemini yitirmesine neden olmuştur. Ancak bu süreç insanoğlu tarafından istenerek bilinçli olarak gerçekleşmemiş ve tamamen kendiliğinden meydana gelmiştir (Zohary ve ark., 1998). İlk olarak sürüye uyum ve evciltilebilme gibi özellikler üzerinde durulurken sonraları gıda, ticari hammadde üretimi ulaşım ve çeki gücü gibi özellikleri hedef alan sistematik ıslah programları devreye girmiştir. Gerçekleştirilen bu ıslah çalışmalarında üretim özellikleri üzerine yoğunlaşılması sonucunda bu özelliklere ilişkin gen frekanslarında önemli düzeyde artış meydana gelmiştir (McDougall ve ark., 2006; Alter, 2007; Van Eenennaam ve Young, 2018). Bilinçsiz ve sistematik yapay seleksiyon süreçlerine maruz kalan populasyonlar ile doğal seleksiyon altındaki yabani populasyonlar arasındaki genetik farklılaşma zamanla artmış ve yeni çiftlik hayvanı ırklarının oluşmasına neden olmuştur (Teletchea, 2019).

### **Seleksiyon İzleri**

Seleksiyon, seçilen lokuslar ve etrafındaki bağlantılı bölgelerde bazı spesifik değişikliklere neden olarak tarafsız moleküler evrim teorisi beklentilerinden sapmalar yaratmaktadır. Bu sapmalar, yeni mutasyonların etrafındaki tarafsız bağlantılı bölgelerin varyasyonun azalmasına neden olmakta ve bu bölgeler seleksiyon izleri olarak kabul edilmektedir (Kreitman, 2000; Bamshad ve Wooding, 2003). Tüm genomu etkileyen demografik olayların aksine seleksiyon süreçleri genom üzerindeki önemli işlevsel bölgeleri etkilemektedir. Bağlantılı bölgelerde genetik varyasyonda meydana gelen azalma seleksiyon süreçlerine göre farklı mekanizmalar ile gerçekleşmektedir. Arka plan (negatif) seleksiyon sürecinde, zararlı bir mutasyon yakınındaki tarafsız bağlantılı bölgelerle beraber ortadan kaldırılmakta ve bu durum hedef kromozomal bölgedeki varyasyonda azalmaya neden olmaktadır. Pozitif seleksiyonda ise yeni oluşmuş ve seçici avantaja sahip faydalı mutasyonlar genetik otostop etkisiyle bir sonraki nesle etrafındaki bağlantılı bölgelerle beraber aktarılmaktadır.

Seçici sürüklenme, yeni oluşan mutasyonun kaynağına, tipine ve frekansına bağlı olarak klasik seçici sürüklenme ve yumuşak seçici sürüklenme olarak iki şekilde gerçekleşmektedir (Şekil 1).





Şekil 1. Seçici sürüklenme tipleri ve oluşum süreçleri (A: klasik seçici sürüklenme; B: tek mutasyon kaynaklı yumuşak seçici sürüklenme, C: çok sayıda mutasyon kaynaklı yumuşak seçici sürüklenme)

Figure 1. Selective sweep types and formation processes (A: classic selective sweep, B: soft selective sweep due to single mutation, C: soft selective sweep due to large numbers of mutations)

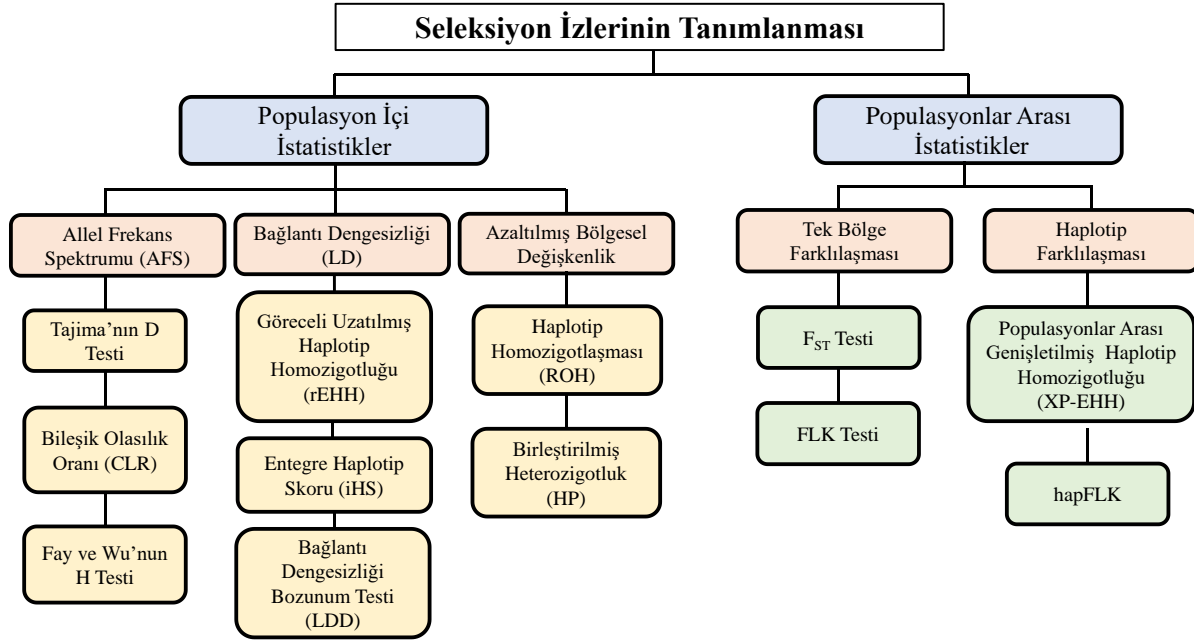
Klasik seçici sürüklenme durumunda nadir oluşan faydalı bir mutasyonun frekansı hızla artmakta ve populasyondaki tüm bireylerde ortaya çıkması ile sabitlenmektedir. Faydalı mutasyonların tarafsız bağlantılı bölgelerle birlikte frekansının artması uzun homozigot bölgelerin oluşumuna ve bununla birlikte yüksek bağlantı dengesizliğine neden olarak populasyondaki genetik çeşitliliği azaltmaktadır. Klasik seçici sürüklemenin gerçekleştiği bir populasyonda tüm faydalı mutasyonların kökeni ortak bir mutasyona kadar uzanabilmektedir (Pritchard ve ark., 2010).

Yumuşak seçici sürüklenme süreci tek veya çok sayıda mutasyondan kaynaklanabilmektedir. Tek mutasyon kaynaklı yumuşak seçici sürüklemeye populasyonda daha önce tarafsız veya zararlı olan bir mutasyonun göç, darboğaz gibi çevresel veya genetik değişikliklerden dolayı adaptasyona katkı sağlayan faydalı bir mutasyon haline dönüşmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Bu faydalı hale gelen mutasyonun frekansı populasyonda hızla artmakta ancak tamamen sabitlenmeyerek genetik çeşitliliğin bir miktarının korunmasına izin vermektedir. Mutasyonların sıklıkla meydana geldiği populasyonlarda görülen mutasyon kaynaklı yumuşak seçici sürüklenme yeni özelliklere sahip bireylerin ortaya çıkmasına katkı sağlamaktadır. Ortaya çıkan bu çok sayıdaki mutasyonun frekansı artmasına rağmen hiç biri tam olarak populasyonda sabitlenmemekte ve genellikle orta düzeyde bir frekansta gözlemlenmektedir. Bu durum yumuşak seçici sürüklenme ile oluşan seleksiyon izlerinin daha düşük sinyaller vermesine ve klasik seçici sürüklemeye göre daha zor tespit edilmesine neden olmaktadır (Hermisson ve Pennings, 2017).

Ayrıca seleksiyon izleri bölgedeki rekombinasyon oranı, seleksiyon tipi, seleksiyonun gücü ve mutasyon oranı gibi faktörlerden de etkilenmektedir (Kim ve Stephan, 2002). Seleksiyon izleri yüksek akrabalı yetiştirmenin gerçekleştiği populasyonlarda veya rekombinasyon oranının düşük olduğu genomik bölgelerde daha güçlü sinyaller verirken, normal rekombinasyon oranı veya düşük akrabalı yetiştirme uygulamalarında daha düşük bir genetik varyasyon ortaya çıkacağından düşük sinyal gücüne sahip olmaktadır. Düşük sinyal gücünün ortaya çıktığı durumlarda bu izlerin tespiti zorlaşmaktadır (Stephan, 2010). Moleküler populasyon genetiğinde dengeleyici ve arka plan seleksiyonu genom üzerinde fonksiyonel öneme sahip bölgelerin tespit edilmesinde yardımcı olsa da, literatürde seleksiyon izi çalışmaları pozitif seleksiyon odaklı yürütülmüştür. Pozitif seleksiyon sürecinde frekansı artan yeni mutasyonların canlıların adaptasyon kabiliyeti ve yaşama gücü gibi önemli özelliklerin evrimiyle yakından ilişkili olması ve güçlü seleksiyon sinyalleri vermesi bilimsel çalışmaların pozitif seleksiyon odaklı gerçekleştirilmesine neden olmuştur (Nielsen, 2005).

### **Seleksiyon İzlerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler**

Çiftlik hayvanlarında SNP genotipleme teknolojileri kullanılarak elde edilen verilerden seleksiyon izlerinin tanımlanması için çok sayıda farklı istatistiksel yaklaşım ortaya konmuştur (Fernández ve ark., 2013). Bu yöntemler genel olarak populasyon içi ve populasyonlar arası istatistikler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Çiftlik hayvanlarında seleksiyon izlerinin tespiti için yaygın olarak kullanılan istatistiksel yöntemler

Figure 2. Statistical methods commonly used to detect selection signatures in farm animals

### Populasyon içi istatistiksel yaklaşım

Populasyon içi istatistiksel yaklaşımlarda bireylere ait genomik verilerin karşılaştırılarak seleksiyon izlerinin tespit edilmesi hedeflenmektedir. Populasyon içi istatistiksel yaklaşımlar allel frekans spektrumu (AFS), bağlantı dengesizliği (LD) ve azaltılmış bölgesel değişkenlik olmak üzere üç temel yöntemi içermektedir.

### Allel frekans spektrumuna dayalı yöntemler (Allele frequency spectrum (AFS))

Allel frekans spektrumuna (AFS) dayalı yöntemler, bir populasyondaki bireylerin oluşturduğu bir örneklemdaki allel frekansların dağılımına dayanmaktadır. AFS'ye dayalı yöntemler, seleksiyon izlerinin oluşum süreçlerinde yüksek ve düşük frekanslı allellerde artışın meydana geldiği ve orta frekanslı allellerin azalma eğiliminde olduğu bilgisinden faydalanarak seleksiyon altındaki bölgeleri tespit etmeyi amaçlamaktadır (Qanbari ve Simianer, 2014; Beichman ve ark., 2017; Saravanan ve ark., 2020). Ewens-Watterson testi (Watterson, 1978), D testi (Tajima, 1989), D ve F testi (Fu ve Li, 1993), H testi (Fay ve Wu, 2000) ve DH testi (Zeng ve ark., 2006) yaklaşımları allel frekans spektrumuna dayalı yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır.

Ewens-Watterson testinde gözlenen ve beklenen homozigotluk karşılaştırılmaktadır (Nielsen, 2001). Bu istatistik için hesaplanan  $\hat{F}$  değerinin %5 düzeyinde anlamlı ve ekstrem bulunması seleksiyon sürecinin varlığına işaret etmektedir.  $\hat{F}$  ekstrem değerinin ortalamanın üzerinde anlamlı bulunması heterozigot dezavantajı veya zararlı allellerin varlığı hakkında bilgi verirken ortalamanın altında bulunması heterozigot avantajının varlığı hakkında bilgi vermektedir (Watterson, 1977; Watterson, 1978). Ewens-Watterson testi rekombinasyon olaylarından etkilenmemektedir. Bu nedenle rekombinasyon olaylarının fazla gerçekleştiği durumlarda seleksiyon izlerini tespit etmekte güçlü bir yaklaşımdır (Zeng ve ark., 2007). Bununla birlikte Ewens-Watterson testinde heterozigot avantajı ile nadir allel avantajı

arasındaki ayırım tam olarak yapılamamaktadır. Ayrıca bu yaklaşım sabit populasyon büyüklüğünü varsaymakta ve bu nedenle demografik olaylardan etkilenmektedir (Spurgin ve Richardson, 2010).

D testinde (Tajima, 1989) D değeri, Tajima'nın geliştirdiği ortalama nükleotid farklılıkları sayısı  $\hat{k}$  (Tajima, 1983) ile Watterson'ın geliştirdiği ayrılma bölgeleri sayısı S (Watterson, 1975) kullanılarak hesaplanmaktadır. D değeri ortalama nükleotid farklılıkları sayısı ile ayrılma bölgeleri sayısı arasındaki farkın standart sapmaya bölünmesiyle elde edilmektedir. Seleksiyon süreci veya demografik olaylar ortalama nükleotid farklılıkları sayısında değişikliklere neden olurken ayrılma bölgeleri sayısı sabit kalma eğilimindedir. D değerinin "0" bulunması populasyonda herhangi bir seleksiyon veya demografik sürecin işlemediği anlamına gelmektedir. Bununla birlikte D değerinin sıfırdan istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklı bulunması seleksiyon veya demografik olayların varlığını göstermektedir (Zhang ve ark., 2015b). D değerinin negatif bulunması, populasyonda seçici sürüklemenin var olduğu veya yakın zamanda darboğaz olayının gerçekleştiğini göstermektedir. Bununla birlikte D değerinin pozitif bulunması populasyonda dengeleyici seleksiyon sürecinin işlediği anlamına gelmektedir (Tajima, 1989; Kreitman ve Di Rienzo, 2004; Korneliussen ve ark., 2013). D testinde, hem seleksiyon süreçleri hem de demografik olaylar sonucu oluşan genomik izler benzer sinyallerle tespit edilmektedir. Bu durum tespit edilen genomik izlerin hangi etkinin sonucunda oluştuğunun ayırımını zorlaştırmakta ve yanlış seleksiyon izlerinin tespit edilmesine neden olabilmektedir (Nielsen, 2001; Fijarczyk ve Babik, 2015). D testi rekombinasyon olaylarından etkilenmekte ve yüksek rekombinasyon oranı testin gücünü azaltmaktadır. Tajima'nın D istatistiği, allellerin atalara ait ve türetilmiş olma durumunu göz ardı etmektedir. Bunun sonucunda nadir ve orta frekanslı alleller tanımlanırken, nadir ve yüksek frekanslı alleller arasında ayırım yapılamamaktadır (Zeng ve ark., 2007; Cadzow ve ark., 2014; Qanbari ve Simianer, 2014; Saravanan ve ark., 2020).

D ve F testinde (Fu ve Li, 1993), soyağacının iç dallarında meydana gelmiş eski mutasyonlar ile dış dallarında meydana gelmiş yeni mutasyonların sayısı karşılaştırılmaktadır. Pozitif ve negatif seleksiyonun varlığında soyağacının dış dallarında yeni mutasyonların yüksek düzeyde bulunacağı öngörülmektedir. Dengeleyici seleksiyonun varlığında ise eski mutasyonların bulunmasından dolayı soyağacının dış dallarında oluşan yeni mutasyonların nispeten az olacağı öngörülmektedir. D ve F değerlerinin sıfırdan istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklı bulunması populasyonda seleksiyon veya demografik olayların varlığını göstermektedir (Fu ve Li, 1993; Simonsen ve ark., 1995; Biswas ve Akey, 2006).

H testinde (Fay ve Wu, 2000), yüksek frekanslı alleller ile orta frekanslı alleller karşılaştırılmaktadır. Bu testte atalara ait ve türetilmiş allel bilgileri hesaplamalara dahil edilmektedir. Bu şekilde düşük ve yüksek frekanslı alleller arasında ayırım yapılabilmektedir. Yüksek frekanslı türetilmiş allellerin fazlalığı pozitif seleksiyonun varlığına işaret etmektedir. Tajima'nın D testinde düşük frekanslı allellerin karşılaştırılmasıyla pozitif seleksiyon, negatif seleksiyon ve demografik süreçlerin izleri tespit edilebilirken, Fay ve Wu'nun H testi yüksek frekanslı allelleri karşılaştırarak sadece pozitif seleksiyon ve spesifik demografik süreçlerin oluşturduğu izlerin tespit edilmesine odaklanmaktadır.

DH testi (Zeng ve ark., 2006), Tajima'nın D testi ile Fay ve Wu'nun H testinin uygun şekilde birleştirilmesiyle oluşturulmuş bir istatistiksel yaklaşımdır. DH testi pozitif seleksiyonun neden olduğu izler ile negatif seleksiyon ve demografik süreçlerin neden olduğu

izlerin ayrımının kolaylaştırılması amacıyla geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar DH testinin özellikle demografik süreçlerin neden olduğu yanlış pozitif sinyallere karşı daha dayanıklı olduğunu göstermektedir (Zeng ve ark., 2006; Zeng ve ark., 2007; Chen ve ark., 2009).

### ***Bağlantı dengesizliğine dayalı yöntemler (Linkage disequilibrium (LD))***

Bağlantı dengesizliği (LD) iki veya daha fazla lokustaki allellerin şansa bağlı olmayan birlikteliği olarak tanımlanmaktadır. Bağlantı dengesizliğine dayalı yöntemler kullanılarak, populasyon geçmişi ve seleksiyon süreçleri hakkında bilgi sağlanabilmektedir. Genom boyu bağlantı dengesizliği demografik süreçler hakkında bilgi verirken, genomik bölgelere özgü bağlantı dengesizliği seleksiyon süreçleri hakkında bilgi vermektedir (Laan ve Paabo, 1997; Slatkin, 2008). Uzun menzilli haplotip testi (LRH) (Sabeti ve ark., 2002) ve entegre haplotip skoru testi (iHS) (Voight ve ark., 2006) bağlantı dengesizliğine dayalı yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır.

LRH testi bir bölgedeki bir allelin popülasyondaki frekansı ile alleli çevreleyen bağlantı dengesizliğinin boyutu arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Tarafsız moleküler evrim teorisi modeli altında yeni oluşmuş mutasyonların frekansının artması uzun zaman gerektirmektedir. Bu zaman süresince rekombinasyon olayları mutasyon etrafındaki bağlantılı bölgelerde değişikliklere neden olarak bağlantı dengesizliğini azaltmaktadır. Bunun sonucunda yüksek frekanslı alleller kısa menzilli LD'ye sahip olurken nadir alleller yeni oluşmuş veya eski olma durumuna göre uzun veya kısa menzilli LD'ye sahip olmaktadır. Bununla birlikte pozitif seleksiyon altındaki mutasyonun popülasyondaki frekansı, etrafındaki bağlantılı bölgelerle beraber hızla artmaktadır. Mutasyonun frekansının kısa süre içerisinde hızlı şekilde artması, rekombinasyon olaylarının gerçekleşmesini sınırlamakta ve bu sayede mutasyon etrafındaki bağlantı dengesizliği büyük ölçüde korunmaktadır. Bu nedenle pozitif seleksiyon altındaki alleller uzun menzilli LD'ye sahip olmaktadır. LRH testi, pozitif seleksiyon sonucu oluşan yüksek frekanslı ve uzun menzilli LD'ye sahip allelleri tespit etmeyi amaçlamaktadır (Sabeti ve ark., 2002).

Bu yöntemde ilk olarak yeterli yoğunluğa sahip SNP'lerden faydalanarak genom üzerinde rekombinasyon olaylarının nadir gerçekleşeceği çekirdek bölge belirlenmekte ve bu bölgede çekirdek haplotipler tanımlanmaktadır. Çekirdek bölgeden artan mesafede bağlantı dengesizliğinin bozulmasını değerlendirmek için genişletilmiş haplotip homozigotluğu (EHH) hesaplanmaktadır. EHH, bir çekirdek haplotipi taşıyan şansa bağlı seçilmiş iki kromozomun, çekirdek bölge ile belirlenen bir nokta arasındaki tüm SNP'ler için homozigot olma olasılığı olarak tanımlanmaktadır. EHH değerinin "0" olarak elde edilmesi homozigotluğun olmadığı anlamına gelirken "1" olarak elde edilmesi tam homozigotluğun var olduğu anlamına gelmektedir (Sabeti ve ark., 2002). EHH yaklaşımı ile atalara ait allel bilgisine ihtiyaç duyulmadan seleksiyon altındaki genomik bölgeler tespit edilmektedir. Ancak EHH istatistiği genom boyu rekombinasyon oranlarındaki değişkenliklerden çok fazla etkilenmekte ve seleksiyon izlerini hatalı tespit edebilmektedir. Bu dezavantajın düzeltilmesi için EHH değeri standartlaştırılarak göreceli genişletilmiş haplotip homozigotluğu (REHH) değeri hesaplanmaktadır. REHH yaklaşımı aynı lokusta bulunan çekirdek haplotiplerin EHH değerlerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu yaklaşımda bir lokustaki farklı çekirdek haplotipler birbirleri için bölgesel rekombinasyon oranlarındaki değişiklikleri kontrol etmektedir. Bunun sonucunda rekombinasyon oranlarındaki değişkenliklerin test üzerindeki

etkisi azaltılmaktadır. Lokustaki diğer çekirdek haplotiplerle karşılaştırıldığında yüksek REHH değerine sahip olan ve popülasyonda yüksek frekansta bulunan bir çekirdek haplotip pozitif seleksiyonun varlığına işaret etmektedir (Sabeti ve ark., 2002; Qanbari ve Simianer, 2014; Bomba ve ark., 2015; Saravanan ve ark., 2020).

iHS testi EHH yaklaşımının geliştirilmesiyle oluşturulmuştur. iHS istatistiği, atalara ait ve türetilmiş allel bilgisini hesaplamalara dahil ederek, bir SNP etrafındaki haplotip çeşitliliği ve bağlantı dengesizliğinin tüm genomu kıyasla ne kadar olağandışı olduğunu ölçmektedir. Tarafsız moleküler evrim teorisi modeli altında, çekirdek SNP'den artan mesafede atalara ait ve türetilmiş alleller etrafındaki haplotip homozigotluğundaki bozulmalar benzer oranlarda gerçekleşmektedir. Bununla birlikte pozitif seleksiyon altındaki allelin popülasyondaki frekansının çok hızlı bir şekilde artması, rekombinasyon olaylarını kısıtlamakta ve allel etrafında uzun haplotip homozigotluğuna sahip bölge oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle pozitif seleksiyon altındaki türetilmiş veya atalara ait allel etrafındaki haplotip homozigotluğunun bozulması diğer allele göre daha yavaş gerçekleşmektedir. iHS testi, çekirdek SNP'den artan mesafe boyunca atalara ait ve türetilmiş alleller etrafındaki haplotip homozigotluğundaki bozulma oranlarını karşılaştırılmakta ve yakın zamanda gerçekleşen pozitif seleksiyonun izlerini tespit etmeyi amaçlamaktadır (Voight ve ark., 2006).

iHS testinde her SNP, çekirdek haplotip olarak değerlendirilmekte ve her allel için EHH değeri hesaplanmaktadır. Atalara ait ve türetilmiş alleller için hesaplanmış EHH değerleri çekirdek bölgenin merkezinde "1" değerini alırken merkezden her iki yana uzaklaştıkça "0" değerine yaklaşmaktadır. Bir allel için çekirdek SNP'den her iki tarafa EHH değerlerinin 0.05 bulunduğu noktaya kadar gözlenen EHH bozulmasının integrali alınarak entegre EHH hesaplanmaktadır. iHH değeri atalara ait (ancestral) ve türetilmiş (derived) allel için hesaplanmasına göre  $iHH_A$  ve  $iHH_D$  olarak adlandırılmaktadır.  $iHH_A$  ve  $iHH_D$  değerleri standartlaştırılarak iHS değeri elde edilmektedir. Bunun sonucunda farklı SNP'lerden elde edilen iHS değerleri allel frekanslarından bağımsız olarak karşılaştırılabilmektedir. Negatif uç iHS değeri ( $|iHS| < -2$ ) türetilmiş allelin seleksiyon altında olduğuna işaret ederken pozitif uç iHS değeri ( $|iHS| > 2$ ) atalara ait allelin seleksiyon altında olduğunu göstermektedir. Yapılan simülasyon çalışmalarında, seleksiyon altındaki bölgeleri tespit etmek için her SNP'nin iHS değerini ayrı ayrı incelemek yerine genom üzerinde çok sayıda ardışık uç iHS değerlerinin bulunduğu pencerelerin değerlendirilmesinin daha güçlü bir yaklaşım olduğu tespit edilmiştir (Voight ve ark., 2006). iHS testi, orta frekanslı seçici sürüklemeleri tespit etmek için güçlü bir yaklaşımdır. Ancak düşük frekanslı ve tüm popülasyonda sabitlenmeye yaklaşmış seçici sürüklemeleri tespit etme durumunda gücü azalmaktadır. iHS testi allel frekans spektrumuna dayalı testlerle karşılaştırıldığında bölgesel varyasyondan daha az etkilenmekte ve seleksiyon izlerini daha güçlü tespit etmektedir. iHS testi düşük frekanslı seçici sürüklemeleri daha düşük güçte tespit ederken LRH testi yüksek frekanslı seçici sürüklemeleri daha düşük güçte tespit etmektedir (Voight ve ark., 2006; Sabeti ve ark., 2007).

### ***Azaltılmış bölgesel değişkenliğe dayalı yöntemler (Reduced local variability)***

Azalmış bölgesel değişkenliğe dayalı yöntemler, genom ortalamasına göre sistematik olarak azalmış varyasyona sahip genomik bölgeleri tespit etmeyi amaçlamaktadır. Haplotip homozigotlaşması (ROH) testi (McQuillan ve ark., 2008) ve birleştirilmiş heterozigotluk testi (Rubin ve ark., 2010) azalmış bölgesel değişkenliğe dayalı yöntemler olarak

sınıflandırılmaktadır (Qanbari ve Simianer, 2014; Saravanan ve ark., 2020).

Haplotip homozigotlaşması, atadan özdeş haplotiplerin aktarılması sonucu bireyin genomunda oluşan bitişik homozigot genotip uzunlukları olarak tanımlanmaktadır. ROH adalarının uzunluğu ve frekansının analiz edilmesi, populasyondaki akrabalı yetiştirme seviyesi, genetik sürüklenme, demografik olaylar ve seleksiyon izleri hakkında bilgi sağlamaktadır (Purfield ve ark., 2012; Gorssen ve ark., 2021). Yüksek ROH seviyeleri, pozitif seleksiyon sürecinde meydana gelen seçici sürüklemelerin bölgesel haplotip çeşitliliğini azalttığına işaret etmektedir (Zhang ve ark., 2015a).

Birleştirilmiş heterozigotluk (Hp) testi, genom üzerinde oluşturulmuş kayan pencerelerde gözlenen allel sayılarının dağılımları incelemekte ve genom ortalamasına göre bölgesel heterozigotluk kayıplarını değerlendirmektedir. Hp değeri, pencere boyutu ve penceredeki SNP sayısı sınırlamalarına dikkat edilerek oluşturulan kayan pencerelerde gözlenen maksimum ve minimum allel sayısı bilgisi kullanılarak hesaplanmaktadır. Hp değeri standartlaştırılarak ZHp değeri elde edilmekte ve ZHp değerinin “-6” ve daha küçük ZHp  $\leq -6$  olarak elde edilmesi seçici sürüklemelerin varlığına işaret etmektedir (Rubin ve ark., 2010; Saravanan ve ark., 2020).

### **Populasyonlar Arası İstatistiksel Yaklaşımlar**

Populasyonlar arası istatistiksel yaklaşımlarda ise en az iki populasyon arasındaki genomik veriler karşılaştırılmaktadır. Populasyonlar arası istatistiksel yaklaşımlar, tek bölge ve haplotip farklılaşması olmak üzere iki temel yöntemden oluşmaktadır (Saravanan ve ark., 2020). Bu yaklaşımlarda, öncelikle populasyon içi istatistiksel yaklaşımlar kullanılmakta daha sonra seleksiyon altında olduğu tespit edilen genomik bölgeler populasyonlar arasında karşılaştırılarak populasyonlara özgü SNP’ler tanımlanmaktadır.

### ***Tek bölge populasyon farklılaşmasına dayalı yöntemler (Single site population differentiation)***

Sabitlenme indeksi (FI) testi (Wright, 1949) ve FLK testi (Bonhomme ve ark., 2010) tek bölge farklılaşmasına dayalı yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır (Qanbari ve Simianer, 2014; Saravanan ve ark., 2020).

Sabitlenme indeksi ( $F_{ST}$ ) yaklaşımı lokusa özgü allel frekansların populasyonlar arasında karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu test, bir lokustaki allel frekans farklılıklarından faydalanarak populasyonlar arasındaki genetik farklılaşmayı ölçmektedir (Zhao ve ark., 2015).  $F_{ST}$  değerinin “0” bulunması populasyonlar arasında genetik farklılaşmanın olmadığını ve panmiktik populasyonun varlığını göstermektedir.  $F_{ST}$  değerinin “1” bulunması populasyonlar arasında ortak genetik materyal paylaşımının olmadığını ve sabit genetik farklılaşmanın var olduğunu göstermektedir (Khan ve ark., 2021). Yüksek  $F_{ST}$  değerleri pozitif seleksiyon sürecinin varlığına işaret ederken, düşük  $F_{ST}$  değerleri negatif veya dengeleyici seleksiyon süreçleri hakkında bilgi vermektedir (Qanbari ve ark., 2011; Zhao ve ark., 2015).

FLK testi, lokuslar arasındaki  $F_{ST}$  değerlerinin dağılımından faydalanan Lewontin ve Krakauer (1973) tarafından bildirilen LK istatistiğinin geliştirilmesiyle oluşturulmuştur. FLK testi etkili populasyon büyüklüğü  $N_e$  ve soyağacındaki dallanmaları dikkate alarak populasyonun akrabalık matrisinin filogenetik tahminini kullanmaktadır (Bonhomme ve ark., 2010; Qanbari ve Simianer, 2014). FLK istatistiğinde, ilk olarak populasyondaki gözlenen

genom boyu verilerinden elde edilen akrabalık matrisi kullanılarak allel frekansları yeniden ölçeklendirilmekte ve daha sonra her SNP için geniş çaplı bir  $F_{ST}$  değeri hesaplanmaktadır (Fariello ve ark., 2014). FLK testi, sabitlenme indeksi ( $F_{ST}$ ) testi ile karşılaştırıldığında seleksiyon izlerini daha yüksek doğrulukta tespit etmektedir (Saravanan ve ark., 2020).

### ***Haplotip farklılaşmasına dayalı yöntemler (Haplotype based differentiation)***

Haplotip farklılaşmasına dayalı yöntemler, haplotip bilgilerinin populasyonlar arasında karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Populasyonlar arası genişletilmiş haplotip homozigotluğu testi (Sabeti ve ark., 2007), Rsb testi (Tang ve ark., 2007) ve HapFLK testi (Fariello ve ark., 2013) haplotip farklılaşmasına dayalı yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır.

Populasyonlar arası genişletilmiş haplotip homozigotluğu (XP-EHH) testinde, bir çekirdek SNP etrafındaki bağlantı dengesizliğindeki bozulma oranları iki populasyon arasında karşılaştırılmaktadır. XP-EHH testinde ilk olarak iki populasyon için ortak ve belirli sınırlamalara uygun çekirdek SNP'ler belirlenmektedir. Her çekirdek SNP için EHH değeri hesaplanmakta ve ardından entegre EHH değeri elde edilmektedir. Entegre EHH değeri, elde edilen populasyona göre adlandırılmaktadır. Örneğin, A ve B populasyonları için entegre EHH değerleri hesaplandığı varsayıldığında sonuçlar A populasyonu için  $I_A$  ve B populasyonu için  $I_B$  olarak gösterilmektedir. Daha sonra  $\ln(I_A/I_B)$  hesaplamasıyla XP-EHH log oranı değeri elde edilmekte ve bu değer standartlaştırılmasıyla XP-EHH skoru bulunmaktadır. XP-EHH skorunun pozitif uç değer bulunması A populasyonunda negatif uç değer bulunması ise B populasyonunda seleksiyon sürecinin işlediğine işaret etmektedir. XP-EHH testi, LRH ve iHS istatistikleriyle karşılaştırıldığında, populasyonda yüksek frekansa veya sabitlenmeye ulaşmış ancak tüm populasyonda polimorfik kalmış seçici sürüklemeleri tespit etmekte daha güçlü bir yaklaşımdır (Sabeti ve ark., 2007).

Rsb testi, tek bir bölge etrafındaki haplotip homozigotluğundaki bozulma oranlarının populasyonlar arasında karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Rsb testinde, merkez bölgede iki allel var olduğu varsayılmakta ve allel frekanslarının karesi ile ağırlıklandırılmış iki alternatif allel için EHH değerleri bulunmaktadır. Bu iki EHH değerinin ortalaması alınarak EHHS değeri hesaplanmaktadır. Bu nedenle yüksek frekanslı allel için hesaplanan EHH değerinin EHHS değeri üzerindeki etkisi diğer allelden daha büyük olmaktadır. EHHS değeri SNP bölgesinin merkezinde "1" değerini alırken merkezden uzaklaşıldıkça "0" değerine doğru azalmaktadır. EHHS değerinin "0", "1" bulunduğu noktaya kadar gözlenen EHHS bozulmasının integrali alınarak İES değeri hesaplanmaktadır. Tek bir bölge için iki populasyonda da hesaplanan İES değerlerinin log oranı ile  $\ln(Rsb_i)$  değeri elde edilmektedir. Ekstrem  $\ln(Rsb_i)$  değerlerinin bulunması EHH bozulmasının iki populasyondan birinde daha yavaş gerçekleştiğini göstermekte ve seleksiyon sürecinin işlediğine işaret etmektedir. Ayrıca farklı demografik senaryolara karşı testin gücünü artırmak için  $\ln(Rsb_i)$  değerinin standartlaştırılmasıyla  $\ln(Rsb_i)$  değeri elde edilmektedir. Rsb testi populasyonda sabitlenmeye yaklaşmış seçici sürüklemeleri tespit etmekte güçlü bir yaklaşımdır (Tang ve ark., 2007; Tijjani ve ark., 2019).

HapFLK testi, FLK istatistiğinin geliştirilmesiyle oluşturulmuştur. Bu yaklaşım hem populasyonların hiyerarşik yapısı hem de örneklerin haplotip yapısı bilgisini kullanarak seleksiyon izlerini tespit etmeyi amaçlamaktadır. HapFLK testi, FLK istatistiğinden faydalanarak populasyon yapısı bilgisini ve çok noktalı bağlantı dengesizliği modelini kullanarak haplotip yapısını hesaplamalara dahil etmektedir. Her kromozom için bölgesel



haplotip kümeleri oluşturulmakta ve populasyonlar arasındaki farklılaşma, bölgesel haplotip kümelerinden faydalanılarak hesaplanan haplotip frekansları ile ölçülmektedir. HapFLK testi,  $F_{ST}$  ve XP-EHH istatistikleri ile karşılaştırıldığında klasik ve yumuşak seçici sürüklemeleri tespit etmekte daha güçlü bir yaklaşımdır (Fariello ve ark., 2013; Purfield ve ark., 2017).

### **Seleksiyon İzlerinin Tespit Edilmesinde Karşılaşılan Sorunlar**

Çiftlik hayvanlarında seleksiyon izlerinin tanımlanmasında yanlış pozitif/negatif sonuçların elde edilmesi araştırmacılar için endişe kaynağı olmaktadır. Darboğaz, göç, nüfus büyüklüğünde artış gibi demografik olaylar genetik çeşitliliği etkilemekte ve genom üzerinde pozitif seleksiyona benzer izler bırakmaktadır. Populasyon büyüklüğündeki hızlı artış seçici sürüklemelere benzer şekilde aşırı düşük frekanslı allellere yol açarak seleksiyon izlerini taklit edebilmektedir. Bunun aksine, küçük populasyonlarda darboğaz veya kurucu etkisi gibi demografik süreçler, genetik sürüklenmeden kaynaklanan genetik varyasyonu azaltmakta ve orta frekanslı allel veya haplotiplerde eksikliğe neden olmaktadır. Populasyon büyüklüğündeki değişikliklerden ayrı olarak komşu populasyonlar arasındaki göçün gücü ve tipi genetik varyasyonu etkileyerek seçici sürüklemeleri taklit edebilmektedir. Bununla birlikte seleksiyon tipi ve gücü, mutasyon ve bölgesel rekombinasyon oranları gibi çeşitli faktörler seleksiyon izlerini taklit edebilecek potansiyele sahip olabilmektedir (Nielsen, 2005; Weigand ve Leese, 2018). Yakın zamanda yoğun melezleme gerçekleştirilmiş populasyonlarda genetik sürüklenmeden kaynaklanan yanlış pozitifler tespit edilebilmektedir (Cheruiyot ve ark., 2018). Demografik olaylar veya seleksiyon süreçlerinden farklı olarak genom üzerindeki düşük rekombinasyon oranları da seleksiyon izlerine benzer genomik ayak izlerine neden olmaktadır (Cutter ve Payseur, 2013; Haas ve Payseur, 2016). Bu nedenle seleksiyon izi çalışmalarında yanıtıcı seleksiyon izlerinin tespit edilmesine sebep olabilecek tüm faktörler gözden geçirilmeli ve en uygun tahmin edici yaklaşımlar kullanılmalıdır. Bileşik seleksiyon sinyalleri (CSS) ve Çoklu sinyallerin ilişkisiz bileşimi (DCMS) yaklaşımları yanlış pozitif sonuçların tespit edilmesini azaltmak için yakın zamanda geliştirilmiş etkili yöntemlerdir (Randhawa ve ark., 2014; Vy ve Kim, 2015).

Seleksiyon izi çalışmalarında kullanılan genomik verilerdeki örneklem yanlılığı da dikkate alınmalıdır. SNP çiplerin tasarlanmasında düşük frekanslı allellerin fark edilmediği veya veya tercihen kullanılmadığı durumlarda yanıtıcı seleksiyon izlerinin tanımlanabilmektedir. Bununla birlikte SNP çiplerin tasarlanması için veri sağlanan populasyonlar da önemli bir faktördür. SNP çip oluşturulma aşamasında çalıştığımız populasyondan da verilerin kullanılması seleksiyon izlerinin tespiti için faydalı olmaktadır (Lachance ve Tishkoff, 2013; Vitti ve ark., 2013). SNP örneklem yanlılığı, büyük örneklem boyutları, tüm genom dizileme, maksimum olabilirlik, Bayesian ve haplotip tabanlı yaklaşımlar kullanılarak önlenebilmektedir (Saravanan et al., 2020).

### **Sonuç ve Tartışma**

Sunulan çalışmada seleksiyon izi kavramı ve çiftlik hayvanlarında seleksiyon izlerinin tespit edilmesinde kullanılan güncel yaklaşımlar değerlendirilmiştir. Günümüzde, çiftlik hayvanlarında evrimsel süreçlerin ve yapay seleksiyonun genom üzerinde bıraktığı seleksiyon izlerinin tespit edilmesine yönelik çalışmalar hızla artmaktadır. Çiftlik hayvanlarında

gerçekleştirilen genetik çeşitlilik çalışmaları sadece populasyonlar arası farklılaşmanın ne kadar olduğunun ölçümünü yaparken, seleksiyon izi yaklaşımı bu farklılıklara sebep olan gen bölgelerinin tespit edilebilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle seleksiyon izi, çiftlik hayvanlarında genetik kaynakların karakterize edilmesi ve genetik varyasyondan sorumlu genlerin belirlenmesinde oldukça önemli bir yaklaşımdır (Saravanan ve ark., 2020). Seleksiyon izlerinin tespiti çiftlik hayvanlarında ekolojik ve ekonomik özelliklerle ilişkili aday genleri tanımlama imkanı sunmaktadır. Seleksiyon izi yaklaşımı populasyonlardaki faydalı veya zararlı mutasyonların neden olduğu seçici sürüklemelerin tespit edilmesini sağlamaktadır. Böylelikle yeni aday genler veya mutasyon yükünü artıran zararlı alleller keşfedilebilmektedir. Bu nedenle seleksiyon izlerinin tespit edilmesi, yeni ıslah planlamalarının oluşturulması ve mevcut ıslah programlarının değerlendirilmesinde oldukça önemlidir (Gurgul ve ark., 2020). Seleksiyon izi yaklaşımı ile tanımlanan aday genler, genotipik ve fenotipik verilerin ilişkilendirildiği genom boyu ilişki analizi (GWAS) çalışmalarında kullanılabilir. Bu özelliğiyle seleksiyon izi yaklaşımı, genomik seleksiyon çalışmaları için önemli bir tamamlayıcıdır. GWAS çalışmalarında, tüm genom için SNP verileri ile fenotipik veriler ilişkilendirilirken, seleksiyon izi yaklaşımında sadece seçici sürüklemelerin gerçekleştiği belirli genomik bölgeler tespit edilebilmektedir. Ancak GWAS çalışmalarında fenotipik verilere ihtiyaç varken, seleksiyon izi yaklaşımı populasyona ilişkin moleküler genetik parametrelere dayanmasından dolayı fenotipik verilere ihtiyaç duymamaktadır. Bu nedenle seleksiyon izi yaklaşımı, fenotipik verilerin toplanması ve ilişki analizlerinin çok maliyetli, karmaşık ve bazen imkansız olduğu durumlarda GWAS yaklaşımına göre daha avantajlıdır. Nitekim gerçekleştirilen çalışmalar seleksiyon izi yaklaşımının, sıcağa tolerans veya belirli bir iklime adaptasyon, hastalık direnci, açlık direnci gibi ekolojik özelliklerle ilişkili gen bölgelerinin tespit edilmesinde GWAS yaklaşımına göre daha avantajlı olduğunu göstermektedir (Fariello ve ark., 2014; Zhao ve ark., 2015; Gouveia ve ark., 2017).

Yeni veya yürütülmekte olan genomik seleksiyon çalışmaları için seleksiyon izlerinin tespit edilmesi önemli bilgi ve öngörüler sağlamaktadır. Seleksiyon izi yaklaşımı, fenotipik verilere veya referans sürüye ihtiyaç duymadan populasyon içi veya populasyonlar arası yeni aday genleri tespit edilebilmekte veya gen kaynaklarının korunması çalışmalarına ilişkin önemli çıkarımlarda bulunabilmemizi sağlamaktadır. Daha önce sistematik ıslah çalışmaları yürütülmemiş populasyonlarda ekolojik veya ekonomik özelliklerle ilişkili genomik bölgeler tespit edilebilmektedir. Ayrıca tespit edilen yeni aday genleri hedef alan ıslah planlamaları oluşturulabilmektedir. Islah programı yürütülen populasyonlarda, hedef üretim özelliğiyle ilgili genler tespit edilebilmekte ve genetik ilerlemede artış sağlanabilmektedir. Bu özellikler değerlendirildiğinde seleksiyon izi yaklaşımı, zengin genetik çeşitliliğe sahip ülkemiz için gen kaynaklarının korunması, yeni ıslah planlamaları ve yürütülmekte olan ıslah programlarının değerlendirilmesi için önemli öngörüler sağlayabilir.

Populasyon genetiği ve biyoinformatik alanındaki gelişmeler sayesinde çalışılan populasyonlarda seleksiyon izlerinin tespitine olanak sağlayan birçok istatistik yaklaşımın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Seleksiyon izlerinin tanımlanmasında hangi yaklaşımın kullanılacağı, mevcut verilere, çalışmanın kapsamına ve sorulan özel sorulara bağlıdır. Genellikle birçok farklı yaklaşımın bir arada kullanılması, seleksiyon izlerini daha kapsamlı ve güvenilir bir şekilde tanımlanmasına olanak sağlamaktadır.

## Kaynaklar

- Almeida, O.A.C., Moreira, G.C.M., Rezende, F.M., Boschiero, C., Peixoto, J.D., Ibelli, A.M.G., Ledur, M.C., de Novais, F.J. and Coutinho, L.L., 2019. Identification of selection signatures involved in performance traits in a paternal broiler line. *Bmc Genomics* 20.
- Alter, S.G., 2007. Darwin's artificial selection analogy and the generic character of "Phyletic" evolution. *History and Philosophy of the Life Sciences* 29, 57-81.
- Bamshad, M. and Wooding, S.P., 2003. Signatures of natural selection in the human genome. *Nature Reviews Genetics* 4, 99-111A.
- Beichman, A.C., Phung, T.N. and Lohmueller, K.E., 2017. Comparison of single genome and allele frequency data reveals discordant demographic histories. *G3:Genes, Genomes, Genetics* 7, 3605-3620.
- Biswas, S. and Akey, J.M., 2006. Genomic insights into positive selection. *Trends in Genetics* 22, 437-446.
- Bomba, L., Nicolazzi, E.L., Milanesi, M., Negrini, R., Mancini, G., Biscarini, F., Stella, A., Valentini, A. and Ajmone-Marsan, P., 2015. Relative extended haplotype homozygosity signals across breeds reveal dairy and beef specific signatures of selection. *Genetics Selection Evolution* 47.
- Bonhomme, M., Chevalet, C., Servin, B., Boitard, S., Abdallah, J., Blott, S. and SanCristobal, M., 2010. Detecting Selection in Population Trees: The Lewontin and Krakauer Test Extended. *Genetics* 186, 241-U406.
- Cadzow, M., Boocock, J., Nguyen, H.T., Wilcox, P., Merriman, T.R. and Black, M.A., 2014. A bioinformatics workflow for detecting signatures of selection in genomic data. *Frontiers in Genetics* 5.
- Charlesworth, B. and Charlesworth, D., 2018. Neutral variation in the context of selection. *Molecular Biology and Evolution* 35, 1359-1361.
- Chen, C.H., Chuang, T.J., Liao, B.Y. and Chen, F.C., 2009. Scanning for the Signatures of Positive Selection for Human-Specific Insertions and Deletions. *Genome Biology and Evolution* 1, 415-419.
- Cheruiyot, E.K., Bett, R.C., Amimo, J.O., Zhang, Y., Mrode, R. and Mujibi, F.D.N., 2018. Signatures of selection in admixed dairy cattle in Tanzania. *Frontiers in Genetics* 9.
- Comeron, J.M., 2014. Background selection as baseline for nucleotide variation across the genome. *Plos Genetics* 10.
- Cui, F.S. and Yuan, B., 2018. Fixation probability of a beneficial mutation conferring decreased generation time in changing environments. *Bmc Systems Biology* 12.
- Cutter, A.D. and Payseur, B.A., 2013. Genomic signatures of selection at linked sites: unifying the disparity among species. *Nature Reviews Genetics* 14, 262-274.
- Denamur, E. and Matic, I., 2006. Evolution of mutation rates in bacteria. *Molecular Microbiology* 60, 820-827.
- Desai, M.M. and Fisher, D.S., 2007. Beneficial mutation-selection balance and the effect of linkage on positive selection. *Genetics* 176, 1759-1798.
- Diamond, J., 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418, 700-707.

- Fariello, M.I., Boitard, S., Naya, H., SanCristobal, M. and Servin, B., 2013. Detecting Signatures of Selection Through Haplotype Differentiation Among Hierarchically Structured Populations. *Genetics* 193, 929-+.
- Fariello, M.I., Servin, B., Tosser-Klopp, G., Rupp, R., Moreno, C., San Cristobal, M., Boitard, S. and Consortium, I.S.G., 2014. Selection Signatures in Worldwide Sheep Populations. *Plos One* 9.
- Fay, J.C. and Wu, C.I., 2000. Hitchhiking under positive Darwinian selection. *Genetics* 155, 1405-1413.
- Fernández, M.E., Goszczynski, D.E., Lirón, J.P., Villegas-Castagnasso, E.E., Carino, M.H., Ripoli, M.V., Rogberg-Muñoz, A., Posik, D.M., Peral-García, P. and Giovambattista, G., 2013. Comparison of the effectiveness of microsatellites and SNP panels for genetic identification, traceability and assessment of parentage in an inbred Angus herd. *Genetics and Molecular Biology* 36, 185-191.
- Fijarczyk, A. and Babik, W., 2015. Detecting balancing selection in genomes: limits and prospects. *Molecular Ecology* 24, 3529-3545.
- Foulkes, W.D. and Real, F.X., 2013. Many mosaic mutations. *Current oncology* 20, 85-87.
- Frantz, L.A.F., Bradley, D.G., Larson, G. and Orlando, L., 2020. Animal domestication in the era of ancient genomics. *Nature Reviews Genetics* 21, 449-460.
- Fu, Y.X. and Li, W.H., 1993. Statistical tests of neutrality of mutations. *Genetics* 133, 693-709.
- Gorssen, W., Meyermans, R., Janssens, S. and Buys, N., 2021. A publicly available repository of ROH islands reveals signatures of selection in different livestock and pet species. *Genetics Selection Evolution* 53.
- Gouveia, J.J.D., Paiva, S.R., McManus, C.M., Caetano, A.R., Kijas, J.W., Facó, O., Azevedo, H.C., de Araujo, A.M., de Souza, C.J., Yamagishi, M.E.B., Carneiro, P.L.S., Lôbo, R.N.B., de Oliveira, S.M.P. and da Silva, M.V.G.B., 2017. Genome-wide search for signatures of selection in three major Brazilian locally adapted sheep breeds. *Livestock Science* 197, 36-45.
- Griffith, S.C., Owens, I.P. and Burke, T., 1999. Environmental determination of a sexually selected trait. *Nature* 400, 358-360.
- Gurgul, A., Jasielczuk, I., Ropka-Molik, K., Semik-Gurgul, E., Pawlina-Tyszko, K., Szmatoła, T., Szyndler-Nedza, M., Bugno-Poniewierska, M., Blicharski, T., Szulc, K., Skrzypczak, E. and Krupinski, J., 2018. A genome-wide detection of selection signatures in conserved and commercial pig breeds maintained in Poland. *Bmc Genetics* 19.
- Gurgul, A., Jasielczuk, I., Szmatoła, T., Sosin-Bzducha, E., Majewska, A. and Litwinczuk, Z., 2020. Divergent selection signatures of phenotypic and production traits among conserved and commercial cattle breeds. *Livestock Science* 239.
- Hedrick, P.W., 2015. Heterozygote Advantage: The Effect of Artificial Selection in Livestock and Pets. *Journal of Heredity* 106, 141-154.
- Hermisson, J. and Pennings, P.S., 2017. Soft sweeps and beyond: understanding the patterns and probabilities of selection footprints under rapid adaptation. *Methods in Ecology and Evolution* 8, 700-716.
- Jung, H., Kim, H.S., Kim, J.Y., Sun, J.M., Ahn, J.S., Ahn, M.J., Park, K., Esteller, M., Lee, S.H. and Choi, J.K., 2019. DNA methylation loss promotes immune evasion of tumours

- with high mutation and copy number load. *Nature Communications* 10.
- Kaplan, N.L., Hudson, R.R. and Langley, C.H., 1989. The hitchhiking effect revisited. *Genetics* 123, 887-899.
- Khan, M.M.H., Rafii, M.Y., Ramlee, S.I., Jusoh, M., Al Mamun, M. and Halidu, J., 2021. DNA fingerprinting, fixation-index (Fst), and admixture mapping of selected Bambara groundnut [L.] Verdc.) accessions using ISSR markers system. *Scientific Reports* 11, 14527.
- Kim, E.S., Cole, J.B., Huson, H., Wiggans, G.R., Van Tassell, C.P., Crooker, B.A., Liu, G., Da, Y. and Sonstegard, T.S., 2013. Effect of artificial selection on runs of homozygosity in US Holstein cattle. *Plos One* 8.
- Kim, Y. and Stephan, W., 2002. Detecting a local signature of genetic hitchhiking along a recombining chromosome. *Genetics* 160, 765-777.
- Korneliussen, T.S., Moltke, I., Albrechtsen, A. and Nielsen, R., 2013. Calculation of Tajima's and other neutrality test statistics from low depth next-generation sequencing data. *Bmc Bioinformatics* 14.
- Kosiol, C. and Anisimova, M., 2019. Selection acting on genomes. *Evolutionary Genomics*, 2 Edition 1910, 373-397.
- Kreitman, M., 2000. Methods to detect selection in populations with applications to the human. *Annual Review of Genomics and Human Genetics* 1, 539-559.
- Kreitman, M. and Di Rienzo, A., 2004. Balancing claims for balancing selection. *Trends in Genetics* 20, 300-304.
- Kristofich, J., Morgenthaler, A.B., Kinney, W.R., Ebmeier, C.C., Snyder, D.J., Old, W.M., Cooper, V.S. and Copley, S.D., 2018. Synonymous mutations make dramatic contributions to fitness when growth is limited by a weak-link enzyme. *Plos Genetics* 14.
- Laan, M. and Paabo, S., 1997. Demographic history and linkage disequilibrium in human populations. *Nature Genetics* 17, 435-438.
- Lachance, J. and Tishkoff, S.A., 2013. SNP ascertainment bias in population genetic analyses: Why it is important, and how to correct it. *Bioessays* 35, 780-786.
- Larson, G. and Fuller, D.Q., 2014. The evolution of animal domestication. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Vol 45 45, 115-136.
- Lebeuf-Taylor, E., McCloskey, N., Bailey, S.F., Hinz, A. and Kassen, R., 2019. The distribution of fitness effects among synonymous mutations in a gene under directional selection. *Elife* 8.
- Lewontin, R.C. and Krakauer, J., 1973. Distribution of gene frequency as a test of the theory of the selective neutrality of polymorphisms. *Genetics* 74, 175-195.
- Lye, Z.N. and Purugganan, M.D., 2019. Copy number variation in domestication. *Trends in Plant Science* 24, 352-365.
- Marsden, C.D., Ortega-Del Vecchyo, D., O'Brien, D.P., Taylor, J.F., Ramirez, O., Vilà, C., Marques-Bonet, T., Schnabel, R.D., Wayne, R.K. and Lohmueller, K.E., 2016. Bottlenecks and selective sweeps during domestication have increased deleterious genetic variation in dogs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113, 152-157.
- McDougall, P.T., Réale, D., Sol, D. and Reader, S.M., 2006. Wildlife conservation and animal

- temperament:: causes and consequences of evolutionary change for captive, reintroduced, and wild populations. *Animal Conservation* 9, 39-48.
- McQuillan, R., Leutenegger, A.L., Abdel-Rahman, R., Franklin, C.S., Pericic, M., Barac-Lauc, L., Smolej-Narancic, N., Janicijevic, B., Polasek, O., Tenesa, A., MacLeod, A.K., Farrington, S.M., Rudan, P., Hayward, C., Vitart, V., Rudan, I., Wild, S.H., Dunlop, M.G., Wright, A.F., Campbell, H. and Wilson, J.F., 2008. Runs of homozygosity in European populations. *American Journal of Human Genetics* 83, 658-658.
- Mendivil, R.O. and Ferrier, D.E., 2012. Mechanisms of gene duplication and translocation and progress towards understanding their relative contributions to animal genome evolution. *International Journal of Evolutionary Biology*, 846421.
- Mérot, C., Llaurens, V., Normandeau, E., Bernatchez, L. and Wellenreuther, M., 2020. Balancing selection via life-history trade-offs maintains an inversion polymorphism in a seaweed fly. *Nature Communications* 11.
- Mignon-Grasteau, S., Boissy, A., Bouix, J., Faure, J.M., Fisher, A.D., Hinch, G.N., Jensen, P., Le Neindre, P., Mormède, P., Prunet, P., Vandeputte, M. and Beaumont, C., 2005. Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livestock Production Science* 93, 3-14.
- Moradian, H., Koshkoiyeh, A.E., Mohammadabadi, M. and Fozzi, M.A., 2020. Whole genome detection of recent selection signatures in Sarabi cattle: a unique Iranian taurine breed. *Genes & Genomics* 42, 203-215.
- Nielsen, R., 2001. Statistical tests of selective neutrality in the age of genomics. *Heredity* 86, 641-647.
- Nielsen, R., 2005. Molecular signatures of natural selection. *Annual Review of Genetics* 39, 197-218.
- Oleksyk, T.K., Smith, M.W. and O'Brien, S.J., 2010. Genome-wide scans for footprints of natural selection. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 365, 185-205.
- Parmley, J.L. and Hurst, L.D., 2007. How do synonymous mutations affect fitness? *Bioessays* 29, 515-519.
- Pritchard, J.K., Pickrell, J.K. and Coop, G., 2010. The genetics of human adaptation: hard Sweeps, soft Sweeps, and polygenic adaptation. *Current Biology* 20, R208-R215.
- Pruvost, M., Bellone, R., Benecke, N., Sandoval-Castellanos, E., Cieslak, M., Kuznetsova, T., Morales-Muñiz, A., O'Connor, T., Reissmann, M., Hofreiter, M. and Ludwig, A., 2011. Genotypes of predomestic horses match phenotypes painted in Paleolithic works of cave art. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108, 18626-18630.
- Purfield, D.C., Berry, D.P., McParland, S. and Bradley, D.G., 2012. Runs of homozygosity and population history in cattle. *Bmc Genetics* 13.
- Purfield, D.C., McParland, S., Wall, E. and Berry, D.P., 2017. The distribution of runs of homozygosity and selection signatures in six commercial meat sheep breeds. *Plos One* 12.
- Qanbari, S., Gianola, D., Hayes, B., Schenkel, F., Miller, S., Moore, S., Thaller, G. and Simianer, H., 2011. Application of site and haplotype-frequency based approaches for detecting selection signatures in cattle. *Bmc Genomics* 12.

- Qanbari, S. and Simianer, H., 2014. Mapping signatures of positive selection in the genome of livestock. *Livestock Science* 166, 133-143.
- Randhawa, I.A.S., Khatkar, M.S., Thomson, P.C. and Raadsma, H.W., 2014. Composite selection signals can localize the trait specific genomic regions in multi-breed populations of cattle and sheep. *Bmc Genetics* 15.
- Rubin, C.J., Zody, M.C., Eriksson, J., Meadows, J.R.S., Sherwood, E., Webster, M.T., Jiang, L., Ingman, M., Sharpe, T., Ka, S., Hallböök, F., Besnier, F., Carlborg, Ö., Bed'hom, B., Tixier-Boichard, M., Jensen, P., Siegel, P., Lindblad-Toh, K. and Andersson, L., 2010. Whole-genome resequencing reveals loci under selection during chicken domestication. *Nature* 464, 587-U145.
- Sabeti, P.C., Reich, D.E., Higgins, J.M., Levine, H.Z.P., Richter, D.J., Schaffner, S.F., Gabriel, S.B., Platko, J.V., Patterson, N.J., McDonald, G.J., Ackerman, H.C., Campbell, S.J., Altshuler, D., Cooper, R., Kwiatkowski, D., Ward, R. and Lander, E.S., 2002. Detecting recent positive selection in the human genome from haplotype structure. *Nature* 419, 832-837.
- Sabeti, P.C., Varilly, P., Fry, B., Lohmueller, J., Hostetter, E., Cotsapas, C., Xie, X.H., Byrne, E.H., McCarroll, S.A., Gaudet, R., Schaffner, S.F., Lander, E.S. and Consortium, I.H., 2007. Genome-wide detection and characterization of positive selection in human populations. *Nature* 449, 913-U12.
- Saravanan, K.A., Panigrahi, M., Kumar, H., Bhushan, B., Dutt, T. and Mishra, B.P., 2020. Selection signatures in livestock genome: A review of concepts, approaches and applications. *Livestock Science* 241.
- Scally, A., 2016. Mutation rates and the evolution of germline structure. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 371.
- Simonsen, K.L., Churchill, G.A. and Aquadro, C.F., 1995. Properties of Statistical Tests of Neutrality for DNA Polymorphism Data. *Genetics* 141, 413-429.
- Slatkin, M., 2008. Linkage disequilibrium - understanding the evolutionary past and mapping the medical future. *Nature Reviews Genetics* 9, 477-485.
- Spurgin, L.G. and Richardson, D.S., 2010. How pathogens drive genetic diversity: MHC, mechanisms and misunderstandings. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277, 979-988.
- Stephan, W., 2010. Genetic hitchhiking versus background selection: the controversy and its implications. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 365, 1245-1253.
- Stephan, W., 2019. Selective sweeps. *Genetics* 211, 5-13.
- Tajima, F., 1983. Evolutionary relationship of DNA sequences in finite populations. *Genetics* 105, 437-460.
- Tajima, F., 1989. Statistical method for testing the neutral mutation hypothesis by DNA polymorphism. *Genetics* 123, 585-595.
- Tang, K., Thornton, K.R. and Stoneking, M., 2007. A new approach for using genome scans to detect recent positive selection in the human genome. *Plos Biology* 5, 1587-1602.
- Teletchea, F., 2019. Animal domestication: A brief overview, IntechOpen.
- Tijjani, A., Utsunomiya, Y.T., Ezekwe, A.G., Nashiru, O. and Hanotte, O., 2019. Genome Sequence Analysis Reveals Selection Signatures in Endangered Trypanotolerant West

- African Muturu Cattle. *Frontiers in Genetics* 10.
- Uspenskaya, N.Y., Akopov, S.B., Snezhkov, E.V. and Sverdlov, E.D., 2019. The Rate of Human Germline Mutations Variable Factor of Evolution and Diseases. *Russian Journal of Genetics* 55, 523-534.
- Van Eenennaam, A.L. and Young, A.E., 2018. Genetic improvement of food animals: past and future, in: Birner, R. (Ed.), *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. Elsevier, Amsterdam.
- Vitti, J.J., Grossman, S.R. and Sabeti, P.C., 2013. Detecting Natural Selection in Genomic Data. *Annual Review of Genetics*, Vol 47 47, 97-120.
- Voight, B.F., Kudravalli, S., Wen, X.Q. and Pritchard, J.K., 2006. A map of recent positive selection in the human genome. *Plos Biology* 4, 446-458.
- Vy, H.M.T. and Kim, Y., 2015. A Composite-Likelihood Method for Detecting Incomplete Selective Sweep from Population Genomic Data. *Genetics* 200, 633-+.
- Watterson, G., 1975. On the number of segregating sites in genetical models without recombination. *Theoretical Population Biology* 7, 256-276.
- Watterson, G., 1977. Heterosis or neutrality? *Genetics* 85, 789-814.
- Watterson, G., 1978. The homozygosity test of neutrality. *Genetics* 88, 405-417.
- Weigand, H. and Leese, F., 2018. Detecting signatures of positive selection in non-model species using genomic data. *Zoological Journal of the Linnean Society* 184, 528-583.
- Whitehead, A. and Crawford, D.L., 2006. Variation within and among species in gene expression: raw material for evolution. *Molecular Ecology* 15, 1197-1211.
- Wright, S., 1949. The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics* 15, 323-354.
- Yamamoto, S., Humle, T. and Tanaka, M., 2013. Basis for cumulative cultural evolution in chimpanzees: social learning of a more efficient tool-use technique. *Plos One* 8.
- Zeder, M.A., 2012. Pathways to animal domestication. *Biodiversity in Agriculture: Domestication, Evolution, and Sustainability*, 227-259.
- Zeng, K., Fu, Y.X., Shi, S. and Wu, C.I., 2006. Statistical tests for detecting positive selection by utilizing high-frequency variants. *Genetics* 174, 1431-1439.
- Zeng, K., Shi, S. and Wu, C.I., 2007. Compound tests for the detection of hitchhiking under positive selection. *Molecular Biology and Evolution* 24, 1898-1908.
- Zhang, Q.Q., Guldbbrandtsen, B., Bosse, M., Lund, M.S. and Sahana, G., 2015a. Runs of homozygosity and distribution of functional variants in the cattle genome. *Bmc Genomics* 16.
- Zhang, Q.R., Tyler-Smith, C. and Long, Q., 2015b. An extended Tajima's D neutrality test incorporating SNP calling and imputation uncertainties. *Statistics and Its Interface* 8, 447-456.
- Zhao, F.P., McParland, S., Kearney, F., Du, L.X. and Berry, D.P., 2015. Detection of selection signatures in dairy and beef cattle using high-density genomic information. *Genetics Selection Evolution* 47.
- Zohary, D., Tchernov, E. and Horwitz, L.K., 1998. The role of unconscious selection in the domestication of sheep and goats. *Journal of Zoology* 245, 129-135.





## Havacılıkta Canlı Hayvan Taşımacılığı

Billur ÜNSAL<sup>\*1</sup>, Didem RODOPLU ŞAHİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, 41285, Kocaeli, Türkiye

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, 41285, Kocaeli, Türkiye

Billur ÜNSAL, ORCID No: [0000-0002-3333-6315](https://orcid.org/0000-0002-3333-6315), Didem RODOPLU ŞAHİN, ORCID No: [0000-0002-1779-8472](https://orcid.org/0000-0002-1779-8472)

### MAKALE BİLGİSİ

### ÖZ

#### Derleme

Geliş: 03.11.2023  
Kabul: 07.04.2024

#### Anahtar Kelimeler

Canlı hayvan taşımacılığı  
Hava kargo taşımacılığı  
Sivil havacılık  
Hayvan hakları

#### \* Sorumlu Yazar

billur.unsal@kocaeli.edu.tr

Küreselleşme ve artan nüfusla beraber gelen ticari faaliyetlerdeki hareketlilik, taşımacılık sektörünü geliştirmektedir. Gerek yolcu gerek kargo trafiği bakımından günden güne artan faaliyetleri ile sivil havacılık sektörü, sürekli gelişmekte ve farklı türde kargolar taşınmasına olanak sağlamaktadır. 1900'lü yılların başından itibaren gelişen hava kargo taşımacılığı, günümüzde çeşitli kargoların alanında uzman paydaşlar tarafından taşındığı değerli bir alan haline gelmiştir. Hava kargolar, genel kargo ve özel kargo olmak üzere iki başlık altında toplanmaktadır. Canlı hayvanları da içeren özel kargolar, genel kargolardan farklı olarak birtakım özel işlemler gerektirmektedir. Söz konusu özel işlemler, havacılık otoriteleri tarafından belirlenen kabul, etiketleme, yükleme ve istif kurallarına uygun olmalıdır. Çalışmanın amacı hava kargo ile canlı hayvan taşımacılığı süreci hakkında literatüre katkı sunmaktır.

## Live Animal Transportation in Aviation

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Review

Received : 03.11.2023  
Accepted : 07.04.2024

#### Keywords

Live animal transportation  
Air cargo transportation  
Civil aviation  
Animal rights

#### \* Corresponding Author

billur.unsal@kocaeli.edu.tr

The dynamism in commercial activities that comes with globalization and increasing population is developing the transportation sector day by day. The civil aviation sector, with its increasing activities in terms of both passenger and cargo traffic, is constantly developing and enables the transportation of different types of cargo. Air cargo transportation, which has been developing since the early 1900s, has now become a valuable field in which various cargoes are carried by experts in their fields. Air cargo is grouped under two headings: general cargo and special cargo. Special cargo, including live animals, requires some special handling, unlike general cargo. These special operations must comply with the acceptance, labeling, loading and stacking rules determined by aviation authorities. The aim of the study is to contribute to the literature on the process of live animal transportation by air cargo

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

Ünsal, B., Rodoplu Şahin, D., 2024. Havacılıkta canlı hayvan taşımacılığı, Journal of Animal Science and Products (JASP) 7 (1):83-98. DOI:10.51970/jasp.1385589

## Giriş

Hava kargo, ürünleri deniz veya demiryoluna göre çok daha hızlı taşıyabilmekte ve hem yurt içinde hem de yurt dışında taşımacılıkta önem taşımaktadır. Entegratörler, yolcu havayolları ve kargo havayolları olmak üzere üç tür hava kargo operatörü bulunmaktadır. Entegratörler genellikle teslim alma, paketlenme, gümrük işlemleri ve teslimatı içeren kapıdan kapıya bir hizmet sunmaktadırlar. Yolcu ve kargo havayolları ise rekabette farklılaşmak ve müşterilerine değer katmak için çeşitli ürün ve hizmetler sunmaktadır. Söz konusu çeşitli ürün ve hizmetler, farklı fiyatlara, kabul sürelerine veya garantilere sahiptir ve özel ekipman gerektirebilmektedir (Donnison, 2017). Hava kargo kapsamında tehlikeli maddeler, değerli kargolar, cenazeler, ağır kargolar, bozulabilir kargolar, ıslak kargolar, diplomatik kargolar ve canlı hayvanlar taşınabilmektedir. Canlı hayvan taşımacılığının en yaygın şekli olan ve yolcular tarafından da şahit olunan evcil hayvanların kabin içinde taşınması, servis hayvanlarının kabin içinde taşınması, evcil hayvanların sahipleri ile aynı uçuşta yolcunun kayıtlı bagajı olarak kargo bölümünde taşınması ve canlı hayvanların kargo olarak taşınması şeklinde gerçekleşen havayolu ile canlı hayvan taşımacılığı önem arz eden operasyonlardır. Kargo veya kayıtlı bagaj olarak seyahat eden hayvanlar, basınçlı kargo ambarlarında seyahat etmektedirler. Büyük jetler bu seyahat için kontrollü sıcaklık ve havalandırma ile iklimlendirilmiş ambarlara sahiptir (Lanza, 2011). Hava kargo canlı hayvanların taşımacılığını hızlı bir şekilde gerçekleştirerek, taşıma esnasında doğabilecek tehlikeleri en aza indirmektedir.

Canlı hayvanların taşımacılığında çok çeşitli koşullar, hususlar ve düzenlemeler vardır. Bunlar hayvan sahibini, taşıyıcıyı ve havayolu şirketini korumayı ve konfor alanı yaratmayı hedeflemektedir. Söz konusu düzenlemeler hayvanların kendileri ve sağlıkları için aynı zamanda taşınan hayvanlara bakan görevliler için de geçerlidir. Hayvanları taşıyan taşıyıcılar, yalnızca uygun imkânları sağlamakla kalmamalı, aynı zamanda kendi çıkarları doğrultusunda uçağın bütünlüğünü ve emniyetini de sağlamalıdır. Atlar, damızlık hayvanlar ve büyük hayvanat bahçesi hayvanları genellikle bir kargo uçağında taşınmakta, çok sayıda küçük evcil hayvan -kediler, köpekler, maymunlar ve balıklar- genellikle yolcuların bagajlarının olduğu alanda seyahat etmektedirler. Boeing 777 veya 747-8 gibi geniş gövdeli uçaklar, önemli ölçüde kargo kapasitesine sahip olmasından dolayı aslanların, kaplanların veya çitaların kafeslerini bile barındırabilmektedir. Büyük hayvanların hava taşımacılığı ile yer değiştirmesi sanılanın aksine oldukça sıradan ve rutin bir operasyon olabilmektedir (Sales, 2016).

Lanza (2011), çalışmasında hava kargo ile canlı hayvan taşımacılığı hakkında genel bilgiler vermiş, hayvanların taşınmaları sırasındaki kayıp ve yaralanma değerlendirmelerini yapmış, sürecin prosedür ve standartlarını açıklamıştır. Derici ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada hava kargo taşımacılığının tarihsel ilerlemesini, özel kargoların taşınımını ve müşteri memnuniyetini incelemiş, fiyat unsurunun müşteri talebindeki etkisini Konjoint analizi ile ölçmüştür.

Literatürde hava kargo taşımacılığı hakkında çeşitli çalışmalar mevcut olsa da özel kargo taşımacılığı özellikle canlı hayvan taşımacılığı ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada hava kargo taşımacılığı ele alınmıştır. Çalışmada canlı hayvanların havayolu ile taşınmasında hangi prosedürlerin uygulandığı, taşımacılık için hangi belgelerin gerekli olduğu, çeşitli havayollarına göre canlı hayvan taşımacılığı operasyonlarının hangi kurallar çerçevesinde gerçekleştirildiği, uluslararası havacılıktan örnekler vererek

literatüre aktarmak hedeflenmiştir. Bu hedefler doğrultusunda hava kargo taşımacılığı hakkında genel bilgilere yer verilmiş, genel ve özel kargo sınıflandırılması üzerinde durulmuş, özel kargoların gerektirdiği taşımacılık esasları sıralanmış, özel kargoların türleri belirtilmiş, canlı hayvanların taşımacılığı hakkında genel esaslara değinilmiş, bazı havayollarının hayvan taşımacılığı kurallarına yer verilmiş, Avrupa, Rusya ve Amerika uçuşlarında istenen belgeler maddeler halinde sunulmuş ve son olarak uluslararası canlı hayvan taşımacılığı operasyon örnekleri görsellerle desteklenerek aktarılmıştır. Çalışmada literatür taraması sonucu incelenen eserlerden, ulusal ve uluslararası sivil havacılık otoriteleri tarafından yayınlanan dokümanlardan, ilgili manuellere, farklı ülke konsolosluklarının internet sitelerindeki uyarılardan, ulusal ve uluslararası basından ve bloglardan yararlanılmıştır.

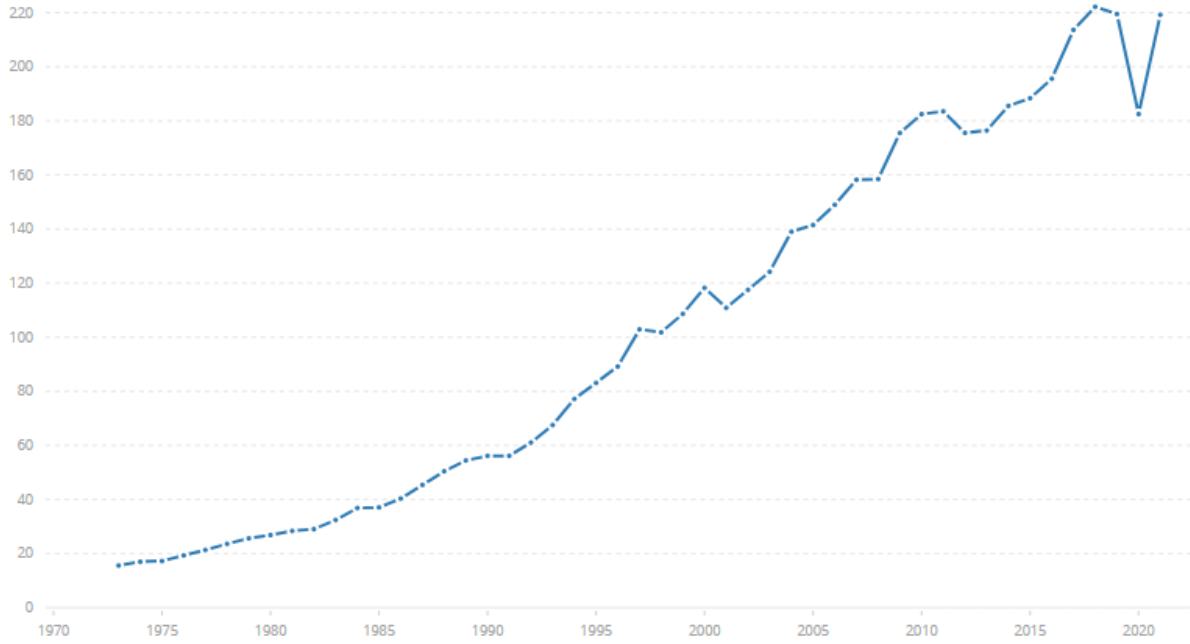
## Hava Kargo Taşımacılığı

Kargo, yolcunun yanında bulundurduğu bagajdan farklı bir yükür. Diğer bir ifade ile kargo, eşlik edeni olmayan ve konşimento düzenlenerek taşınan bagajlar olarak adlandırılmaktadır (Öktem, 1992).

ICAO (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü -International Civil Aviation Organization) ve IATA (Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği-International Air Transport Association)'nın belirlemiş olduğu standartlar çerçevesinde ilgili ülke ve taşıyıcıların kuralları göz ardı edilmeden ürünlerin teslim alınması, paketlenmesi, doğru şekilde etiketlenmesi, evrakların oluşturulması ve bir hava aracı ile yer değıştirmesine kargo taşımacılığı adı verilmektedir.

Hava kargo ise bir malın bir noktadan diğer noktaya hava aracı vasıtasıyla yer değıştirmesidir. Hava kargo posta ve tüm hava yüklerini içeren, geniş kapsamlı şekilde kullanılan bir kavramdır. Dar kapsamda ise yolcu uçağı içerisinde yolcuların bagajları haricinde olan her taşınan hava kargoyu oluşturmaktadır (Yalçınkaya, 2019). Hava kargo taşımacılığı karayolu, demiryolu veya denizyolu taşımacılığına kıyasla ürünlerin ulaşması gerektiği yerlere daha hızlı varmasını sağlamaktadır. Hız avantajından ötürü bozulabilir hassas kargolarda da tercih edilmektedir. Son dönemlerde hava kargo pazarı gitgide genişlemektedir. Bu sebeple kargo taşımacılığından elde edilen kâr miktarı da orantılı olarak artış göstermektedir. Genişleyen pazar ile müşterilerin istekleri de çeşitlenmektedir. Kargonun bir havalimanından diğer bir havalimanına ulaştırılması yeterli gelmemekte; ara faaliyetlere ihtiyaç duyulmakta ve bu faaliyetler talep edilmektedirler.

Şekil 1'de günden güne genişlemekte olan hava kargo taşımacılığına ait yer değıştiren yük miktarı görülmektedir. Şekil 1'den de görüleceği üzere hava kargo taşımacılığında bir artış söz konusudur, bazı yıllarda görülen dalgalanmalar ise yaşanan terör olayları, ekonomik krizler ve küresel salgınlar sebebiyle yaşandığı söylenebilir. Bu sebepler ile hava kargonun küresel çapta yaşanan gelişmelerden etkilendiğini söylemek mümkündür.



Şekil 1. 1973-2021 Yılları Arasında Dünyada Hava Kargo ile Taşınan Yük Miktarı (Milyon ton- km) (World Bank, 2021)

*Figure. Amount of Cargo Transported by Air Cargo in the World Between 1973-2021 (Million tons-km) (World Bank, 2021)*

Kargonun doğru ve uygun bir şekilde varış noktasına ulaşması için öncelikle sınıflandırılması gerekmektedir. Genel ve özel kargolar olarak iki alt başlığa ayrılabilen hava kargoları sırasıyla şu işlemler ile taşınmaktadır; 1) Rezervasyon, 2) Kabul, 3) Depolama, 4) Yükleme, 5) Boşaltma. Taşınan kargonun türüne göre yukarıda sıralanan işlemler değişebilmektedir. Örneğin, tehlikeli madde taşınması ile canlı hayvan taşınması bazı noktalarda farklılaşmaktadır (Batur, 2008). *Genel kargolar*, özel bir muameleye ihtiyaç duymayan, bozulmayan, tehlikeli madde içermeyen, canlı hayvan olmayan kuru kargolardır. Özel kargoların taşınması ile arasında çok büyük bir fark bulunmamakla beraber, genel kargoların rezervasyon aşamasında daha esnek tutumlar söz konusudur. *Özel kargolar*, taşımacılık sürecinde birtakım özel muameleye ihtiyaç duyan kargolardır. Kabul, etiketleme, yükleme ve depolama aşamalarında özel uygulamalar gerektirmektedirler. Özel kargolar taşınırken, kargonun doğru ve uygun bir şekilde varış noktasına ulaşması ve o esnada uçakta mevcut diğer kargoların olumsuz etkilenmemesi için göz ardı edilmemesi gereken noktalar söz konusudur.

Hava kargo taşımacılığında göz ardı edilmemesi gereken noktalar şu şekilde sıralanabilmektedir (Batur, 2008).

- Hava Kargo Tarife ve Kurallarında (The Air Cargo Tariff and Rules- TACT) yer alan, kargonun gideceği ülkenin kuralları kontrol edilmeli ve herhangi bir kısıt olup olmadığından emin olunmalıdır.
- Hava Kargo Tarife ve Kurallarında taşıyıcı ile ilgili herhangi bir kısıt olup olmadığından emin olunmalıdır.

- Ambargolar güncel olarak takip edilmelidir.
- Taşınacak kargo canlı hayvan ise, IATA Canlı Hayvan Kuralları (Live Animals Regulation - LAR) kitabı kontrol edilmelidir.
- Taşınacak kargo tehlikeli madde ise, IATA Tehlikeli Madde Kuralları (Dangerous Goods Regulations - DGR) kitabı kontrol edilmelidir.
- Özel kargo sınıfına giren her kargo için kaptana bildirim (Special Load Notification to Captain, Notification to Captain - NOTOC) formu doldurulmalıdır.
- Uçak kalkışı gerçekleştirdikten sonra varış noktasına mesaj ile bilgilendirme geçilmelidir.

Tehlikeli maddeler, değerli kargolar, cenaze, ağır kargolar, bozulabilir kargolar, ıslak kargolar, diplomatik kargolar ve canlı hayvanlar başlıca özel kargolardır (Sarılğan, 2019).

*Tehlikeli maddeler*, taşınırlarken çevreyi, uçuş emniyetini ve sağlığı olumsuz etkileme potansiyeline sahip maddelerdir. Taşıdığı kimyasal ve biyolojik özellikleri sebebiyle risk barındıran nesnelere dir. Birleşmiş Milletler Tehlikeli Maddelerin Taşınması Konusunda Uzman Alt Komitesi ve Uluslararası Atom Enerji Ajansı, tehlikeli maddelerin taşınması ile ilgili düzenlemeler oluşturan kurumlardır. ICAO Annex 18 tehlikeli maddeler dokümanı, tehlikeli maddelerin taşınımı hakkında genel esasları içermektedir. ICAO'nun esasları baz alınarak oluşturulan IATA'nın DGR'indeki kurallar ise üye havayollarına uygulanmaktadır (Sarılğan, 2019).

*Değerli kargolar*, kilogramı başına bin Amerikan doları ve üstü değere sahip olan kargolardır.

Değerli kargolara altın, altın külçe, platin ve değerli metaller, senetler, paralar, elmaslar, değerli taşlar örnek verilebilmektedir. Kargonun varış ülkesinin kurallarına uygun olduğu, hakkında herhangi bir kısıtlama olmadığı kontrol edilmelidir (Doğan, 2003).

*Cenaze*, sağlam bir tabutun üstü örtülerek taşınan kargodur. Rezervasyon gerektirmektedir. Konsolide taşınmamaktadır. Ayrı bir konşimento düzenlemesini gerektirmektedir. Sevkiyat işlemlerinde önceliğe sahiptir. Cenazenin taşınımı sırasında, ölüm sertifikası gerekmektedir. Çıkış ve varış ülkelerinin kuralları ve varsa kısıtlamaları incelenmelidir (Batur, 2008).

*Ağır kargolar*, 150 kilogram ve üstü kargolar ağır kargo olarak değerlendirilmektedir. Taşınacak ağır kargoların metrekaresine düşen ağırlık sınırlarını aşmaması gerekmektedir (SHGM, 2015).

*Bozulabilir kargolar*, çevre şartlarından ötürü çürüyüp bozulabilecek kargolardır. Sebze, meyve, çiçek, et ürünleri vb. bozulabilir kargolara örnek verilebilmektedir. Söz konusu ürünlerin taşınması sırasında bozulmalarını engelleyecek önlemler alınmalıdır. Taşınacak kargo için çıkış ve varış ülkelerinin kuralları ve varsa kısıtlamaları incelenmelidir (MEGEP, 2011).

*Islak kargolar*, bünyesinde sıvı içeren kargolardır. Ardında ıslaklık ve nem bırakan tüm kargolar ıslak kargo olarak değerlendirilmektedir. Taşınacak ıslak kargo için çıkış ve varış ülkelerinin kuralları ve varsa kısıtlamaları incelenmelidir. Su sızdırmaz özel kutularda taşınmalıdırlar (MEGEP, 2011).

*Diplomatik kargolar*, ilgili ülkenin yurtdışındaki temsilciliklere yüksek güvenlik önlemleri eşliğinde sevkiyatı gerçekleştirilen mühürlü kargolardır (SHGM, 2015).

*Canlı hayvanlar*, IATA - LAR'a göre kabul edilen ve taşınması gerçekleştirilen hayvanlardır. Bazı hayvan türleri ıslak kargo olarak kabul edilmektedir.

### **Canlı Hayvan Taşımacılığı**

Canlı hayvan, IATA Canlı Hayvan Kurallarına (Live Animals Regulation-LAR) uygun şekilde taşınabilecek tüm hayvanlar olarak tanımlanabilmektedir. Canlı hayvan nakliyesi çoğunlukla şahıslar ve şirketler tarafından gerçekleştirilmektedir. Birçok şirket; gıda, besicilik, eğitim ve araştırma ihtiyaçları için canlı hayvan taşımacılığı hizmetine ihtiyaç duymaktadır. IATA Canlı Hayvan Yönetmeliği, hayvanların havayoluyla emniyetli, insancıl ve uygun maliyetli bir şekilde nakledilmesine ilişkin uluslararası bir kılavuздur. Havayoluyla canlı hayvan nakliyesinin gerekliliklerini, elleçleme, işaretleme ve etiketleme ile ilgili standartları içermektedir. LAR'da belirtildiği gibi, canlı hayvan gönderilerini kabul ederken, taşıyıcılar, önemli olan çeşitli faktörlerin uygunluğunu sağlamak sorumluluğundadır (Fredrian ve ark., 2020).

Canlı hayvanların kabul sürecinde (MEGEP, 2011);

- Çıkış ve varış noktaları arasında gerçekleşecek olan tüm uçuşlar için onaylı rezervasyonlar bulunmalıdır.
- Çıkış ve varış noktaları hangi ülkedeysen, süreç ilgili ülkelerin kurallarına uygun olarak gerçekleştirilmelidir.
- Varışta gecikme yaşanmaması için ilgili önlemler alınmalıdır.
- Önemli kural ve uygulamaları barındıran IATA Hava Kargo Tarifeleri ve Kuralları kitabı ve diğer tüm geçerli yayınlar incelenmeli ve kontrol edilmelidir.
- Hayvanın kafesi standartlara uygun olmalı ve konsolide taşınmamalıdır.


Hayvanların toplam yolculuk süresi, çiftlikten veya taşımacılık öncesi buldukları tesisten çıkış havalimanına karayoluyla ulaşımı ile başlamakta ve hayvanların varış ülkesindeki çiftliğe veya tesise ulaşması ile sona ermektedir. Kafeslerde uzun bekleme süreleri, uzun su ve yem yoksunluğu süreleri, termal koşullardaki değişiklikler ve 12 ila 48 saatlik farklı süreler boyunca uygulanan zararlı gazlara maruziyet (Bu olumsuz koşulların hayvan refahı üzerindeki etkisi toplam yolculuk süresi arttıkça artmaktadır.) gibi risklerinin mevcut olduğu karayolu veya deniz taşımacılığının aksine, hava taşımacılığının hayvan refahı üzerindeki etkilerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Uçakta kullanılacak standart bir paletin iç boyutlarına uygun olan konteyner-kasalar (genellikle en yaygın kullanılan ölçüler en yaygın boyutlar 2,2 m × 3,2 m ve 2,4 m × 3,2 m'dir.) farklı havalandırma ve sıcaklık özelliklerine göre hayvan taşımacılığına hazır hale getirilmektedir. Hayvan ölüm oranları, canlı ihracatta hayvan refahı sonuçlarını değerlendirmek için kullanılan geleneksel düzenleyici bir ölçüttür ve hava taşımacılığı, deniz taşımacılığına göre daha düşük ölüm oranlarına sahip olma eğilimindedir (Collins ve ark., 2020).

Canlı hayvanlar, taşımacılık sürecinde önceliğe sahip kargolardır. Taşıyıcı varış noktası ile ilgili kuralları önceden incelemeli, ambargo kontrolü yapmalıdır. Taşıyıcı, uçuş esnasında gerçekleşebilecek ve önlenemeyen durumlarda hayvanın zarar görmesi, yaralanması veya

ölmesinden sorumlu değildir. Canlı hayvan taşımacılığında, kargo ile beraber olması gereken tüm belgelerin sağlanmış olması, canlı hayvanların IATA- LAR kitabına uygun olarak sınıflandırılması, tanımlanması, paketlenmesi, işaretlenmesi ve etiketlenmesi, gönderici tarafından doldurulan canlı hayvan gönderici sertifikasının doldurulması, hamile olan hayvan var ise havayolu ile taşınmasında bir engel olmadığına dair veterinerlikten sertifika alınması gibi göndericinin birtakım sorumlulukları bulunmaktadır (Doğan, 2003).

Canlı hayvanın taşınması sırasında etiketlenmenin önemi çok büyüktür. Sırasıyla; Canlı Hayvan Etiketi (Live Animals- en az bir adet), Konumlandırma Etiketi (This Way Up - dört adet), Sıcaklık Uyarı Etiketi (Keep Temperature - bir adet) ve mevcutsa Besleme Talimatı Etiketi ilgili kafesin üstüne yapıştırılır. Canlı hayvan taşınımı için rezervasyon yaparken IATA LAR'a uyulmalı, canlı hayvan kafesinin üzerine düzgün ve doğru etiketler yapıştırılmış olmalıdır. LAR'a göre canlı hayvanlar yedi farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Bu yedi sınıf; amfibiler, kuşlar, kabuklular, balıklar, omurgasızlar, memeliler ve sürüngenlerdir (SHGM, 2015).

Şekil 2'de görülen sertifika, IATA'nın oluşturmuş olduğu ve göndericinin doldurması ve imzalaması gereken sertifikadır. İngilizce iki kopya olacak şekilde doldurulmaktadır.

 **SHIPPER'S CERTIFICATION FOR LIVE ANIMALS**

This is to certify that (*check appropriate box*):

- In addition to having completed all advance arrangements, this consignment is properly described and packed and is in proper condition for carriage by air according to the current edition of the IATA Live Animals Regulations and *all applicable carrier and governmental regulations*. The animal(s) of this consignment is (are) in good health and condition.
- Animals taken from the wild for shipment have been appropriately acclimatized.
- This consignment includes species as described in the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). Applicable permits/certificates are attached to the air waybill.
- This consignment includes species as described in other applicable national legislation.
- In the case of reptiles and amphibians, the animals contained in this shipment are healthy and they have been examined prior to shipment and are free of any apparent injury and readily recognizable diseases. They are also free of external parasitic infestation including mites, ticks and leeches that can readily be seen under normal lighting conditions.

The shipper accepts that carriers will not be liable for any loss, damage or expense arising from death due to natural causes or, death or injury of any animal caused by the conduct or acts of the live animal itself or of other animals such as biting, kicking, goring or smothering nor for that caused or contributed to by the conditions, nature or propensities of the animals. In no event will carrier be liable for death or injury to an animal attendant caused or contributed to by the condition, conduct or acts of animals.

Number of package(s)	Specific Container Requirement Number (see IATA Live Animals Regulations)	Species (description and names- scientific and common) and Quantity of Animals

Name and address of shipper..... ..... ..... Signature of shipper..... Date..... Month/Day/Year (see shipper's responsibilities for special conditions).	Shippers failure to comply in all respects with the applicable IATA Live Animals Regulations and any other international and/or national government regulations may be in breach of applicable law and subject to legal penalties. (Refer to Chapter 1, Section 1.2).
--	---

Air Waybill No.	Airport of Departure	Airport of Destination
-----------------	----------------------	------------------------

Şekil 2. Canlı hayvan gönderi sertifikası (SHGM, 2015)  
Figure 2. Live animal shipment certificate (SHGM, 2015)

Şekil 3'te görülen kontrol listesi, IATA'nın oluşturmuş olduğu canlı hayvan kabul bilgilerini de içeren kontrol listesidir.

### IATA LIVE ANIMALS ACCEPTANCE CHECKLIST

Air Waybill No.: \_\_\_\_\_ Origin: \_\_\_\_\_ Destination: \_\_\_\_\_

**Note 1:** Prepare form in duplicate.

**Note 2:** If goods are rejected, hand the original of this form to the Duty Officer and show the shipper's and agent's name below.

**Note 3:** Never reject a shipment until all items have been checked.

**Note 4:** If goods are accepted, attach the original of this form to the air waybill. The duplicate must be placed on the appropriate file.

**Note 5:** Answer "not applicable" only where an "N/A" box is provided.

**Note 6:** If any question is answered "NO", do not accept the shipment and give the duplicate copy of this form back to the shipper or agent together with the consignment.

	YES	NO*	N/A
<b>General Acceptance</b>			
1. Have advance arrangements/bookings been made with all the carriers participating in the carriage of the live animals?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. When laboratory animals, such as monkeys, which may carry diseases communicable to humans are being shipped, has the carrier(s) been advised in order to make the necessary arrangements?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Have advance arrangements been made at the airport of destination, i.e. for quarantine and delivery?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. In the event of attendants accompanying the animal(s), have advance arrangements been made with all the carriers concerned?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Does the shipment comply with current regulations in force at transit stations?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Where applicable, have carrier/governmental exceptions been complied with?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Air Waybill</b>			
7. Are the live animals the only entries on the air waybill?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Are all the flight numbers for which bookings are held for the entire routing indicated?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Is the quantity of animals in the consignment, as well as their common names, which must as far as possible correspond with that listed in the IATA Live Animals Regulations, shown in the "Nature and quantity of goods" box?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Are all relevant permits, including CITES where necessary, licences and certificates required for export, transshipment and import, securely attached to the air waybill and copies of those required affixed to the container?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Shipper's Certificate</b>			
11. Is it completed in full and in duplicate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12. Does the description and quantity of animals agree with the information on the air waybill?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13. Is it signed by the shipper or his authorised agent? (Check that this is not an IATA cargo agent, consolidator, forwarder or indirect carrier.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Container</b>			
14. Does it comply with the specific container requirement(s) as detailed in the IATA Live Animals Regulations?			
(a) Is the size suitable for the particular type of animal?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
(b) Does it provide for sufficient ventilation?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
(c) Is the construction adequate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
(d) Does it contain adequate hand-holds/lifting devices to facilitate handling and to prevent the handler from coming into close proximity of the animal(s)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
(e) Is it leak and escape proof?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
(f) Is the container clean?			
(g) Does it contain sufficient absorbent material? (Check that this is not straw, as some countries prohibit the importation of straw.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
(h) Does the container have suitable feeding/watering facilities?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Labelling and Marking</b>			
15. Is the consignee's name, street and city address as per air waybill, and a 24 hour contact phone number shown on each container?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16. Is the correct number of "Live Animals" and "This Way Up" labels attached to each container?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Has each "Live Animals" label been completed, i.e. reflecting the correct contents?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18. For live animals which can inflict a poisonous bite or sting, is the container marked in bold letters "POISONOUS"?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. For Specific Pathogen Free (SPF) animals for laboratory use, are "Laboratory Animals" and "This Way Up" labels attached to each container?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. When the animal has been tranquillised have details been affixed to the container, i.e. time given, type of sedation, do-sage and estimated duration?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Feeding and Watering</b>			
21. If it is required that the animal(s) must be fed/watered en route, have arrangements been made by the shipper/carrier with the other carriers/personnel downtime?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Are the feeding instruction affixed to the container and are supplies (if required) attached to the outer top side of the container?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Food or bedding (if provided) for the animal(s) is in accordance with the regulations of the country(ies) of transit or importation?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comments: _____			
Checked by: _____			
Place: _____	Signature: _____		
Date: _____	At (Station) _____		
Time: _____	Shipper/Agent _____		

Şekil 3. Canlı hayvan kontrol listesi (SHGM, 2015)

Figure 3. Live animal checklist (SHGM, 2015)

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) vatandaşları evcil hayvanlarının bakımına 2015 yılı için 60,28 milyar dolar harcamıştır. Bu satışların 23,05 milyar doları gıdyla ilgili ürünleri, 5,41 milyar doları ise bakım ve pansiyon gibi evcil hayvan hizmetlerini içeriyordu. Satışların 2016 yılında 2,5 milyar dolar artmaya devam etmesi ve en büyük artışın gıdadan olması beklenmektedir. Amerikan hanelerinin giderek artan çoğunluğunun bir evcil hayvanı olmaktadır. 2015-2016 Amerikan Evcil Hayvan Ürünleri Birliği'nin Ulusal Evcil Hayvan Sahipleri Anketi'ne göre, ABD'deki hanelerin yüzde 65'inden fazlasının en az bir evcil hayvanı



bulunmakta, bu da 79,7 milyon eve denk gelmektedir. 1988'de ABD'deki hanelerin yalnızca yüzde 56'sının evcil hayvanı bulunmaktaydı (JEC, 2016).

Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl 2 milyondan fazla evcil ve diğer canlı hayvanlar hava yoluyla seyahat etmekte ve evcil hayvanların %6'sı her yıl bir kez uçağa binmektedir. Seyahat eden evcil hayvanların %58'ini köpekler oluşturmaktadır. Köpekleri %22 oranla kediler takip etmektedir. Üçüncü sırada ise kuşlar yer almaktadır. Özel havacılık şirketi Vista Jet, son 2 yılda gerçekleştirdiği özel uçuşlarındaki hayvan sayısında %86'lık bir artış olduğu bildirilmiştir (PetKeen, 2023).

Birleşmiş Milletler'in 2021 yılı verilerine göre, dünyada her yıl yemek amacıyla yetiştirilen yaklaşık 80 milyar kara hayvanının çoğunluğu tavuk olmak üzere yaklaşık 2 milyarı canlı olarak farklı ülkelere ihraç edilmektedir. Birbirine bağlı bir küresel ekonomide, çiftlik hayvanları da alınıp satılmakta ve farklı ülkeler, hayvancılık tedarik zincirinin farklı kısımlarında uzmanlaşmıştır. Canlı hayvanlar ticari amaçlar ile karadan ve denizden yüzlerce kilometre uzaklara taşınmaktadır. Her yıl 20 milyondan fazla hayvan, fiziksel travma yaşayarak, kendi atıklarında kayma ve düşme tehlikesi ile, yiyecek ve su eksikliği çekerek, aşırı sıcak veya soğuk ortamlarda kara veya denizyolu aracılığıyla taşınmaktadır. Canlı çiftlik hayvanlarının uzun, tehlikeli ve yoğunlukla ölümcül yolculuklarda kara araçları ve gemiler ile taşınması büyük kayıpların yaşandığı kazalar ile sonuçlanabilmektedir (Vox, 2023).

Yukarıdaki veriler ışığında, ilerleyen yıllarda da evcil hayvan bakımının insanlar tarafından önemini koruyacağı görülmektedir. Yaşamları boyunca sahipleri ile seyahat etme ihtiyacı doğacak olan hayvanların yer değiştirmesinde hava taşımacılığı tercih edilen bir mod olacaktır. Aynı zamanda hava taşımacılığı, ticari amaçla taşınan hayvanlara sunduğu zaman ve konfor faydası bakımından da bir gerekliliktir.

Canlı hayvanların IATA Canlı Hayvan Düzenlemeleri (LAR) kılavuzuna uygun olarak taşınması ve hareket ettirilmesiyle ilgili genel bilgileri, politikaları ve prosedürleri içeren manuellere mevcuttur (Amerijet, 2021). Aşağıda bazı havayolunun hayvan taşımacılığı kurallarına ilişkin bilgilere yer verilmiştir (eSky, 2015).

*Türk Havayolları:* Tehlikeli köpek türlerinden on ırkın seyahati yasaktır. Kedi, köpek ve kuş evcil hayvan kategorisinde taşınmaktadır.

*Pegasus:* Kedi, köpek ve kuşlar 55 x 40 x 20 cm boyutlarında yolcuların beraberinde getirdiği kutularda kabin içinde taşınabilmektedirler. Avrupa Birliği ülkelerine seyahat eden Avrupa Birliği'ne üye olmayan ülke yolcuları hayvanlarına kuduz aşısı yaptırmak zorundadır. Aşı karnelerinde geçerlilik tarihi ile bulunmalıdır. Taşındığı kutu ile beraber evcil hayvan toplam 5 kg'ı aşmamalıdır.

*Sun Express:* Yolcunun uçuştan 72 saat önce evcil hayvan rezervasyonunu yaptırması gerekmektedir. Taşındığı 55 x 40 x 20 cm ebadındaki kutu ile evcil hayvan toplam 6 kg'ı aşmamalıdır. Kabin içi seyahat eden evcil hayvanlar tek yönde 20 Euro bedelinde taşınmaktadır. 6 kg'ı aşan hayvanlar ise 75 Euro bedelinde kargo bölümünde taşınmaktadır.

*AnadoluJet:* Yolcunun evcil hayvanı ile seyahat edebilmesi için rezervasyon yaptırması zorunludur. Taşındığı 45 x 35 x 23 cm ebadındaki kutu ile evcil hayvan toplam 6 kg'ı aşmamalıdır. Aştığı takdirde kargo bölümünde taşınmaktadır.

*MNG Havayolları:* Akvaryum hayvanları, narkotik köpekleri, yarış atları, civcivler gibi çeşitli hayvanların taşınması IATA kurallarına uygun eğitim almış personel tarafından gerçekleştirilmektedir. EASA (The European Aviation Safety Agency -Avrupa Havacılık

Emniyeti Ajansı) tarafından onay verilmiş hayvan taşıma konteynerleri kiralanıp müşteriye sunulabilmektedir (MNG Havayolları, 2023).

*FreeBird*: Evcil hayvanların, kabin içerisinde kapalı, su geçirmez ve uygun bir çantada yolculuk etmesi şarttır. Evcil hayvan ve çantanın toplam ağırlığı en fazla 8 kg olmalıdır. Yolcu, aşı ve sağlık belgelerine ve varış ülkesinin gerekli gördüğü belgeleri temin etmekten sorumludur aksi takdirde havayolu evcil hayvan taşımacılığını kabul etmemektedir (Freebird, 2023). Aşağıda bilgileri verilen Avrupa, Rusya ve Amerika uçuşlarında ülkeye girişi gerçekleştirebilmek için istenen belgelerde görüldüğü üzere aralarında çok az fark bulunmaktadır.

*Avrupa Uçuşlarında İstenen Belgeler* (Southwind Hava Yolları, 2023):

- Evcil Hayvan Pasaportu ve Mikroçip
- Kuduz Aşısı ve Bilgileri
- Veteriner Tarafından Verilen Sertifika ve Sağlık Sertifikası
- Kan Testi
- Yolculuğun ticari amaçla yapılmadığına dair yazı

*Rusya Uçuşlarında İstenen Belgeler* (Southwind Hava Yolları, 2023):

- Evcil Hayvan Pasaportu ve Mikroçip
- Veteriner Tarafından Verilen Sertifika
- Kuduz Aşısı ve Bilgileri
- Parazit Testi

*Amerika Uçuşlarında İstenen Belgeler* (GlobalVisaServices, 2023)

- Evcil Hayvan Pasaportu ve Mikroçip
- Aşı Kayıt Dökümü (kuduz aşısı, seyahat tarihinden en erken 30 gün içerisinde yapılmış olmalı, parazit aşısı son 3 ay içerisinde yapılmış olmalı)
- Veteriner Onaylı Sağlık Sertifikası
- Tarım bakanlığından özel izin (Ankara kedisi, Van kedisi ya da Kangal cinsi köpek için gerekmektedir.)

## **Hayvan Taşımacılığı Uygulamaları**

2013 yılında Turkish Cargo, uluslararası standartlara uygun şekilde üç beyaz balınayı ve iki mors balığını Sochi ve Seul'daki hayvanat bahçelerine taşımıştır (Lojiport, 2013). 2018 yılında Turkish Cargo Johannesburg'tan, İstanbul aktarmalı olarak Tahran'a 16 aylık üç zürafayı taşımıştır. Zürafalara uçuş esnasında bakıcıları, veterinerler ve LAR sertifikasına sahip Turkish Cargo çalışanları eşlik etmiştir. Turkish Cargo ilgili yıl içerisinde on aslanı Pakistan'a, on zebra'yı Bangladeş'e, dört fili Birleşik Arap Emirlikleri'ne, üç maymunu Ukrayna'ya taşımıştır (HavaKargoTürkiye, 2018). Turkish Cargo, aynı zamanda beş beyaz gergedanı Çin'e taşımıştır.

Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6’da dünya çapında hava taşımacılığı ve lojistik hizmetleri sunan Alman hava kargo şirketi Lufthansa’nın sırasıyla at, balık ve köpek taşımacılığı operasyonu ile ilgili görsellere yer verilmiştir.



Şekil 4. Lufthansa Cargo ile Taşınan At (Lufthansa Kargo, 2023)

*Figure 4. Horse Transported by Lufthansa Cargo (Lufthansa Cargo, 2023)*



Şekil 5. Lufthansa Cargo ile Taşınan Balıklar (Lufthansa Cargo, 2023)

*Figure 5. Fish Transported by Lufthansa Cargo (Lufthansa Cargo, 2023)*



Şekil 6. Lufthansa Cargo ile Taşınan Köpek (Lufthansa Cargo, 2023)

*Figure 6. Dog Transported by Lufthansa Cargo (Lufthansa Cargo, 2023)*

Şekil 7 ve 8’de Turkish Cargo’nun 2018 yılında gergedan taşıma operasyonuna dair görsellere yer verilmiştir.



Şekil 7. Turkish Cargo ile Taşınan Gergedanların Konteynerleri (Takvim, 2018)  
*Figure 7. Containers of Rhinos Transported by Turkish Cargo (Takvim, 2018)*



Şekil 8. Turkish Cargo ile Taşınan Gergedan (Takvim, 2018)  
*Figure 8. Rhino Transported by Turkish Cargo (Takvim, 2018)*

Şekil 9’da kaybolan ve daha sonra bulunan bir yarış güvercinin ABD’den Birleşik Krallık’a gönderilirken uçağa alınma görseline yer verilmiştir. İlgili güvercinin taşınmasından önce posta güvercini mi yoksa yarış güvercini mi olduğu belirlenmiştir. Güvercinin evcil hayvan kuş lisansına, ABD’li bir veteriner hekim tarafından imzalanmış sağlık sertifikasına ve varış noktasındaki Birleşik Krallık Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı’ndan izne sahip olması gerekmektedir. Birleşik Krallık’a gelen tüm kuşların, taşınmasından 7 ila 14 gün önce laboratuvarında virüs tespit testine tabi tutulması gerekmekte; bu testin sonucunda, herhangi bir kuş gripi veya Newcastle hastalığı virüsüne rastlanmamış olunmalıdır. Güvercinin yolculuk boyunca başını incitmemesi adına taşındığı konteynerin iç çatısı dolgulu hazırlanmış ve bol miktarda yiyecek ve su bırakılmıştı. Birleşik Krallık’a girişte sınır kontrol noktasından doğrudan onaylanmış bir karantina tesisine veya merkezine nakledilmiştir.



Şekil 9. IAG Cargo ile Taşınan Bir Güvercin (IAG Cargo Magazine, 2022)  
*Figure 9. A Pigeon Transported by IAG Cargo (IAG Cargo Magazine, 2022)*

Şekil 10'da Chicago'dan İstanbul'a 59'u aynı anda sevk edilen 63 at taşımacılığı operasyonuna dair bir görsel yer almaktadır. Atlar özel olarak tasarlanmış, kaymaz yüzeyli ve oval kenarlı 21 konteynerin içerisinde taşınmışlardır. Uluslararası mevzuat gereği gözetimsiz taşınmasına izin verilmeyen atlara, uçuşları süresince bakıcıları ve IATA- LAR sertifikalı Turkish Cargo personeli eşlik etmiştir.



Şekil 10. Turkish Cargo ile Taşınan At (Logistic Update, 2022)

*Figure 10. Horse Transported by Turkish Cargo (Logistic Update, 2022)*

Şekil 11'de 3,5 yaşındaki dev panda Bao Bao'nun, FedEx 777F uçağıyla Washington D.C.'deki Dulles Uluslararası Havalimanı'ndan Çin'in Chengdu şehrine 16 saatlik, 8.600 millik bir yolculuk öncesi uçağına alınmış görseli yer almaktadır. Yolculuk boyunca pandaya bakıcısı ve hayvanat bahçesi veterineri eşlik etmiştir. Özel olarak yapılmış 800 kiloluk çelik bir sandıkta seyahat eden pandaya, 50 kilo bambu, 2 kilo elma ve 2 torba yaprak, bisküvi, pişmiş tatlı patates ve su verilmiştir.



Şekil 11. FedEx Cargo ile Taşınan Panda (Freight Waves, 2019)

*Figure 11. Panda Transported by FedEx Cargo (Freight Waves, 2019)*

Havacılık sektöründe hayvan taşımacılığı operasyonlarında rol oynayan bir yer hizmetleri şefi ve bir hava kargo şirketinde çalışan load master ile görüşülmüştür. Tecrübeleri doğrultusunda diğer her operasyon türü gibi hayvan taşımacılığının da gerekli özen gösterilerek tüm standartlara uygun gerçekleştirilmesi gerektiğini vurgulayan profesyoneller, hava taşımacılığının özellikle sağladığı zaman faydası ve konfor ile sürdürülebilir olduğunu dile getirmişlerdir.

## Sonuç

Hava taşımacılığı, özellikle uzun mesafeli seyahatlerde evcil hayvan taşımacılığında popüler bir seçenektir. Yaygın olarak köpek ve kedilerin taşınmasında başvurulmaktadır, ancak diğer hayvanların da kargoyla taşınması mümkündür. Fil, yılan, at, kuş, gergedan, panda, koyun, civciv, maymun, karaca, ceylan gibi alışlagelmişin dışında hayvanların taşımacılığı da gerçekleştirilmektedir. Belirli organizasyonlara katılacak olan popüler ırklara sahip, yüksek değerdeki köpekler ve yarış atları kendilerine özgü su ve mamaları ile seyahat etmektedirler. Herhangi bir dış müdahale ile su ve mama eklemesi yapılmamaktadır.

Birçok havayolunun hayvanların taşınmasına yönelik politikaları vardır. Hayvan, büyüklüğüne ve türüne göre kabinde taşınabilmekte veya kargo hizmetinden yararlanılabilmektedir. Derlenen bilgilerden de anlaşılacağı üzere yolcu uçağının kabini içerisinde (Pet in Cabin) veya holdunda (AVIH) taşınabilen hayvanlar, haklarına uygun, küresel çapta standardize edilmiş koşullarda yolculuk etmektedir.

Canlı hayvan, kargo taşımacılığındaki emtialardan biridir. Canlı hayvan nakliyesi genellikle besicilik, araştırma, eğitim vb. amaçlar için gerçekleştirilmektedir. Küresel olarak, canlı hayvan gönderileri, IATA Canlı Hayvan Yönetmelikleri ile menşei ve varış ülkesindeki yönetmelikler ve politikalara dayanmaktadır. IATA- LAR, canlı hayvanların havayoluyla nakliyesi için gereklilikler de dahil olmak üzere, hayvanların emniyetli, haklarını koruyan ve uygun maliyetli bir şekilde havayolu ile taşınması için küresel bir standart ve önemli bir kılavuz olmaktadır. Taşınan tüm canlı hayvanların nakliyeye elverişli yani sağlıklı ve iyi durumda olması ve ilgili mevzuata uygun olarak taşınması gerekmektedir.

Çalışmada hava taşımacılığı aracılığıyla canlı hayvanların yer değiştirmesi, hayvan sahipleri ve taşıyıcılar arasındaki süreç hakkında bilgi aktarımı yapılarak literatüre katkı sağlamak amaçlanmıştır. Çalışmanın en büyük kısıtı hava yolu aracılığı ile hayvan taşımacılığı hakkında net nicel verilere ulaşma zorluğudur. Sektörde tecrübeli ve hali hazırda çalışmaya devam eden bir yer hizmeti şefi ve bir hava kargo şirketinde çalışan load master ile yapmış olduğumuz görüşme sonucu 600 uçağın yaklaşık 100 operasyonunda canlı hayvan taşımacılığı yapıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Her bir hayvan LAR standartları çerçevesinde, ön hazırlık sürecinde apronda bekletilmeden, kaptan pilota NOTOC (Notification to Captain) aracılığı ile gerekli bilgiler verildikten sonra uygun sıcaklıkta taşınmaktadır.

Hava taşımacılığı, hayvan taşımacılığı pazarında yerini almış, artan operasyonları ve sağladığı zaman faydası ile hem özel hem ticari bağlamda tercih edilmeye devam etmektedir.

İlerleyen zamanda hava taşımacılığı aracılığı ile yer değiştiren canlı hayvanların operasyon sürecinin ve refahının sürekli olarak iyileştirilmesini sağlamak ve canlı hayvanların davranışını ve duygusal durumunu anlamak adına yeni çalışmalar literatüre kazandırılmalıdır.

## Kaynaklar

Amerijet. 2021. Cargo Operations Manual Live Animals. Erişim Adresi: <https://www.amerijet.com/wp-content/uploads/2022/06/Chapter-12-update-9-2-21.pdf> (13.Eylül.2023).

Batur, B. S. 2008. Hava Yolcu ve Kargo Taşımacılığı; Dünyada ve Türkiye’de Uygulamalar. *Yüksek Lisans Tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim



Dalı. İzmir.

- Collins, T., Stockman, C., Hampton, J. O., & Barnes, A. 2020. Identifying animal welfare impacts of livestock air transport. *Australian veterinary journal*, 98(5), 197-199.
- Derici, M., Derici, S., & Karaduman, İ. 2015. Özel Nitelikli Kargoların Havayolu ile Taşınması ve Müşteri Tercihleri. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, (37): 67-81.
- Doğan, A. 2003. Hava kargo taşımacılığının türkiye ekonomisindeki yeri. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Eskişehir.
- Donnison, N. 2017. Air cargo processes. In *Airline Operations* (pp. 208-219).Routledge.
- eSky. 2015. Uçakta hangi evcil hayvanlar taşınabilir?. Erişim Adresi: <https://www.esky.com.tr/seyahat-tavsiyeleri/ucuslar/ucakta-evcil-hayvan/ucakta-hangi-evcil-hayvanlar-tasinabilir> (20.Nisan.2023).
- Fredrian, R., Caturadi, R., & Rizaldy, W. 2020 Air Transport Policy & Regulation about Live Animal on Pandemic Season. *Advances in Transportation and Logistics Research*, 3, 8-14.
- Freebird. 2023. Özel Bagaj & Hayvanların Taşınması. Erişim Adresi: <https://www.freebirdairlines.com/tr/ozel-bagaj-hayvanlarin-tasinmasi> (14.Eylül.2023).
- Freight Waves. -2019-. From A to Z: How animals get to aquariums and zoos, and everywhere in between. Erişim Adresi: <https://www.freightwaves.com/news/from-a-to-z-how-animals-get-to-aquariums-and-zoos-and-everywhere-in-between> (15.Eylül.2023).
- Global Visa Services. 2023. Amerika'ya Evcil Hayvan Götmek. Erişim Adresi: <https://www.eagvs.com/amerika/amerikaya-evcil-hayvan-goturme-prosedurleri#:~:text=En%20%C3%B6nemli%20unsurlardan%20biri%20hayvan%C4%B1n%C4%B1z%C4%B1n,ABD'ye%20giri%C5%9Fine%20izin%20verilmemektedir.> (20.Ekim.2023)
- Hava KargoTürkiye. 2018. Turkish Cargo Zürafa Taşdı. Erişim Adresi: <http://www.havakargoturkiye.com/Tasiyicilar/2/6264/turkish-cargo-zurafa-tasidi> (26.Haziran.2023).
- IAG Cargo Magazine. 2022. Iag Cargo Brings Bob The Pigeon Home. Erişim Adresi: <https://iagcargomagazine.com/2022/07/30/iag-cargo-brings-bob-the-pigeon-home/> (13.Eylül.2023)
- JEC. 2016. Erişim Adresi: <https://www.jec.senate.gov/public/index.cfm/republicans/2016/7/the-secret-economic-life-of-pets> (12.Eylül.2023).
- Lanza, N. 2011. Keeping the Live in Live Animal Air Cargo Transport. *J. Air L. & Com.*, 84, 229.
- Logistic Update. 2022. Turkish Cargo flies 63 horses Chicago - Istanbul in natural living conditions. Erişim Adresi: <https://www.logupdateafrica.com/turkish-cargo-flies-63-horses-chicago-istanbul-in-natural-living-conditions-aviation> (14.Eylül.2023).
- Lojiport. 2013. Beyaz Balinalar Turkish Cargo ile taşındı. Erişim Adresi: <https://www.lojiport.com/beyaz-balinalar-turkish-cargo-ile-tasindi-60513h.htm> (26.Haziran.2023).
- Lufthansa Cargo. 2023. Live Animals. Erişim Adresi: <https://lufthansa-cargo.com/products-live-animals> Erişim Tarihi: 01.07.2023.
- MEGEP. 2011. Havayolu Taşımacılığı. Ulaştırma Hizmetleri Alanı. 840UH0122. Ankara: T.C.

- Millî Eğitim Bakanlığı, 98s.
- MNG Havayolları. 2023. Canlı Hayvanlar. Erişim Adresi: <https://www.mngairlines.com/tr/canli-hayvanlar> Erişim Tarihi: 25.06.2023
- Öktem, Z. (1992). Sivil Hava yolu Kargo Taşımacılığında Fiziksel Dağıtım ve Sorunlara Çözüm Önerileri. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul.
- PetKeen. 2023. How Safe Is Shipping Your Pet by Air?. Erişim Adresi: <https://petkeen.com/pet-shipping-safety-statistics/>. (02.Temmuz.2023).
- Sales, M. 2016. Animals by air. In *Air Cargo Management* (pp. 116-127). Routledge.
- Sarılgan, A. E. 2019. Tehlikeli Maddeler. A. E. Sarılgan (Ed.), Hava Kargo ve Tehlikeli Maddeler. (pp. 134- 169). Eskişehir, Türkiye: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- SHGM. 2015. Kargo Hizmetleri. Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Yayınları. ISBN: 978-975-493-072-6, 106s.
- Southwind Hava Yolları. 2023. Evcil Hayvan Taşımacılığı. Erişim Adresi: <https://southwindairlines.com/tr/baggage/animals> (14.Eylül.2023).
- Takvim. 2018. 5 Beyaz Gergedanı THY'nin Kargo Uçağı Böyle Taşdı. Erişim Adresi: <https://www.takvim.com.tr/yasam/2018/08/22/5-beyaz-gergedani-thynin-kargo-ucagi-boyle-tasidi> (01.Temmuz.2023).
- Vox. 2023. The biggest animal welfare crisis you've never heard of. Erişim Adresi: <https://www.vox.com/future-perfect/23552817/live-animal-export-europe-queen-hind> (13.Eylül.2023).
- The World Bank 2021. Air transport, freight (million ton-km). Erişim Adresi: <https://data.worldbank.org/indicator/IS.AIR.GOOD.MT.K1> (26.Haziran. 2023).
- Yalçınkaya, A. 2019. Hava Kargo Kavramı ve Tarihçesi. A. E. Sarılgan (Ed.), Hava Kargo ve Tehlikeli Maddeler. (pp. 2- 27). Eskişehir, Türkiye: Anadolu Üniversitesi Yayınları.



## **Yazarlar İçin Bilgi**

### **Makale Yazım Kuralları**

Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi, yılda 2 kez yayınlanmaktadır (ISSN: 2667-4580). Derginin kısa adı JASP'dır. Dergi kapsam olarak, hayvan bilimi ve üretiminin tüm aşamalarını içerir.

Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi, açık erişimli uluslararası bir dergidir. Her kullanıcı veya kurum ücretsiz olarak tüm yayınlara ulaşabilir. Yayıncı veya yazardan izin almadan kullanıcılar, makalelerin tam metinlerini okuyabilir, indirebilir, kopyalayabilir, yazdırabilir, bağlantı verebilir ve diğere yasal amaçlarla kullanabilir.

### **Makale türleri**

Dergimizde, orijinal tam metin araştırma makaleleri, kısa araştırma makaleleri, bilimsel raporlar, vaka raporları, teknik notlar, editöre mektuplar, derlemeler ve gerektiğinde araştırma ve konferans kitapları yayınlanır.

Orijinal (tam metin) araştırma makaleleri, bilimsel çalışmalara, gözlemlere ve deneylere dayanan özgün bilimsel makalelerdir. Makale, başlık, özet ve anahtar kelimeler, giriş, materyal ve yöntem, bulgular, tartışma ve kaynaklar kısmından oluşur. Makale 20 sayfayı geçmemelidir. Özet, 300 ± 50 kelime içermelidir.

Kısa araştırma makaleleri, 6 sayfadan az olan araştırma makalelerdir. Makale, özgün olmalı, başlık, özet ve anahtar kelimeler, giriş, materyal ve yöntem, bulgular, tartışma ve kaynaklar kısımlarını içermeli, ancak özet kısmı 150 kelimeyi geçmemelidir.

Bilimsel raporlar, orijinal araştırma bulgularının kısa özetidir. Rapor, tam metin orijinal araştırma makalesi formatında hazırlanmalıdır. Bilimsel raporların uzunluğu, toplamda 6 sayfadan fazla olmamalıdır.

Vaka raporları, hayvan bilimi ve ürünleri hakkında sahada, uygulama ve laboratuvar çalışmalarında karşılaşılan güncel bulguların bildirimleridir. Vaka raporunun başlığı ve özeti tam metin araştırma makalesi formatında yazılmalı, geri kalan bölümleri, giriş, vaka tarihçesi, tartışma ve kaynaklar kısımları takip etmelidir. Vaka raporlarının uzunluğu, en fazla 6 sayfa ile sınırlandırılmıştır.

Teknik notlar, hayvan bilimi ve üretimi ile ilgili yöntemlerin ve teknik bilgilerin yer aldığı makalelerdir. Teknik notun, başlığı ve özeti, tam metin orijinal makaleler gibi yazılmalı ve geriye kalan bölümler giriş, metin (uygun başlıklar ile birlikte), sonuç ve kaynaklar kısımlarını takip etmelidir. Teknik notların uzunluğu toplamda 6 sayfadan fazla olmamalıdır.

Editöre mektuplar, bilimsel veya pratik yararı olan bir konuyu veya vakayı dikkat çeken yazılardır. Mektuplar, 2 sayfadan fazla olmamalıdır.

Derlemeler, belirli bir konu ile ilgili literatür araştırmasına dayanır. Derlemenin başlığı ve özeti, tam metin orijinal makale formatında hazırlanmalı ve kalan bölümleri giriş, metin (uygun başlıklar ile

birlikte), sonuç ve kaynaklar kısımlarının takip etmesi gerekir. Derlemenin uzunluğu, toplamda 16 sayfadan fazla olmamalıdır. Davetli derlemelerin yayınlanması önceliklidir.

## **Makale hazırlama**

### **MAKALE YÜKLEME DOSYALARI İÇİN ŞABLONLAR**

1. Tam Makale olarak; Makalenin yazar isimli versiyonu,
2. Ek dosyalar kısmına ise; Makalenin yazar isimsiz versiyonu,
3. Başlık Sayfası kısmına Makale başlığı ile tüm yazarların bilgilerinin olduğu sayfa,
4. Telif Hakları Devir Sözleşmesi Formu
5. Benzerlik Raporunu (en fazla % 24)

**Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi'nde (Journal of Animal Science and Products (JASP)) yer alacak makaleler, aşağıdaki kurallara göre yazılmalı ve on line olarak yüklenmelidir.**

1. Dergimiz, Türkçe ve İngilizce makaleleri kabul etmektedir. Makale yazım dili Türkçe ise özet kısmının, şekil ve tablo isimlerinin İngilizcilerinin de verilmesi gerekmektedir. Benzer şekilde İngilizce makalelerin de Türkçe özetleri yazılmalıdır. Ayrıca, tablo ve şekil açıklamalarının da Türkçeleri yazılmalıdır.
2. Makalelerin etik kurallara uygunluğu yazarların sorumluluğundadır. Benzerlik analiz raporunun sistemine yazar tarafından yüklenmesi gerekmektedir. Kaynaklar, Makale Başlığı, Tablo ve Şekil isimleri hariç tutulmalıdır. Diğer bilimsel yayınlara benzerlik oranının %24'ü geçmemesi gerekir. Bununla beraber editör, gerektiğinde yazarlardan etik kurul belgesi isteme hakkını saklı tutar.
3. Eserler, Editörler Kuruluna Word programıyla, A4 botundaki kağıda makale metni Times New Roman tipi harflerle (12 punto) ve 1,15 aralıklı yazılmalı ve 20 sayfayı geçmemelidir. Sayfanın sağında, solunda, altında ve üstünde 2,5'er cm boşluk bırakılmalıdır.
4. Makale içerisinde kaynak kullanım şekli APA'ya göre yapılmalıdır.
5. Tüm makalelerde SI (Systeme International d'Units) ölçüm birimleri kullanılmalıdır. Kısaltma ve semboller metin içerisinde ilk kez kullanıldığında açıklanmalıdır. Kısaltmalar makalenin başlığında kullanılmamalıdır.
6. Formüller ve denklemler numaralandırılmalı ve formül numarası formül'ün yanına sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir.
7. Kabul edilen ve yayımlanan makaleler için yazarlara herhangi bir ücret ödenmez.
8. Yayımlanmak üzere kabul edilen makalelerin her türlü yayın hakkı dergiyi yayımlayan kuruma aittir. Makalelerdeki düşünce ve öneriler tümüyle yazarların sorumluluğundadır.
9. Yazarlar, online olarak makale başvurusu yaparlar. Online başvuru sisteminden yapılan başvuru sırasında yazarlar toplam 5 dosya

Bunlar;

1. Tam Makale olarak; Makalenin yazar isimli versiyonu,
2. Ek dosyalar kısmına ise; Makalenin yazar isimsiz versiyonu,
3. Başlık Sayfası kısmına Makale başlığı ile tüm yazarların bilgilerinin olduğu sayfayı,
4. Telif Hakları Formu ve
5. Benzerlik Raporunu (en fazla % 24) sunmalıdır. Yanlış ve eksik yapılan başvurular değerlendirilmeye alınmaz.

**10.** Makalede yer alan tüm yazarlar, yayın haklarını Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi'ne (Journal of Animal Science and Products (JASP)) verdiklerine dair Telif Hakları Formunu ( <https://dergipark.org.tr/tr/journal/3237/file/3291/download> adresinden indirilebilir ) imzalamalıdır. Makalede yer alan tüm şekil ve tablolar makale içerisinde ilgili yerlerinde sunulmalıdır.

**11.** Dergimize makalelerinizi, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jasp/page/8770> adresindeki adımları takip ederek yükleyebilirsiniz.

## **Makalenin Kısımlarına İlişkin Kurallar**

### **Makale başlığı (Article title)**

Çalışmanın Türkçe Başlığı Her Kelimenin İlk Harfi Büyük (Bağlaçlar Hariç) ve “Times New Roman” Fontunda 14 Punto Olacak Şekilde Yazılmalıdır.

### **Yazar İsimleri (Author Names)**

“Times New Roman” Fontunda 12 Punto Olacak Şekilde Yazılmalıdır.

### **Yazar Bilgileri (Author Information)**

“Times New Roman” Fontunda 10 Punto Olacak Şekilde Yazılmalıdır.

### **Özet (Abstract)**

“Times New Roman” Fontunda 10 Punto Olacak Şekilde Yazılmalıdır. Bu kısımda çalışmanın amacı, kullanılan materyal(ler) ve yöntem(ler), önemli bulgular ve varılan sonuç(lar) açık ve öz olarak belirtilmelidir. Metin, Türkçe yazım kurallarına uygun olarak “Times New Roman” fontunda 10 punto, tek satır aralıklı ve bir paragrafta yazılmalıdır. Lütfen yazım alanı sınırlarını sağ-sol yönlerde değiştirmeyiniz. Bu kısımda eklenecek metin en fazla (300) kelime olmalı ve kapak sayfası bir sayfayı aşmayacak şekilde düzenlenmelidir. Eğer çalışmanızı İngilizce olarak sunmak istiyorsanız; ilk başlığı, özeti ve anahtar kelimeleri İngilizce olarak bu kısımda; Türkçe başlık, özet ve anahtar kelimeleri ise aşağıdaki kısımda veriniz. Yazar isimleri ve adresleri ile tarih bilgilerini içeren kısımlarda değişiklik yapmayınız. Çalışmanız yayınlandığında cilt, sayı, sayfa numarası ve tarih bilgileri tarafımızca güncellenecektir. Bu kısımlarda değişiklik yapmayınız.

## **Anahtar Kelimeler (Keywords)**

“Times New Roman” Fontunda 10 Punto Olacak Şekilde Yazılmalıdır. Çalışmanızı en iyi şekilde tanımlayacak 4-6 anahtar kelime alt alta olacak şekilde eklenmelidir.

## **Giriş (Introduction)**

Okuyucuyu konuya hazırlayıcı nitelikli bilgileri içermelidir. Metin içinde paragraftan önce ve sonra boşluk eklenmemiş olduğunu “Satır ve Paragraf Aralığı” düzenleyicisi ile “Satır Aralığı Seçenekleri” bölümünden “Aralık” kısmında “Önce” ve “Sonra” değerlerinin sıfır (0) olduğunu görerek kontrol ediniz. “Giriş” başlığı ile metin arasında bir boşluk ekleyiniz ve bu başlık altındaki metin içerisindeki her paragraf başında bir tab (1.25 cm) boşluk bırakarak metni ekleyiniz.

## **Materyal ve Yöntem (“Materials and Methods”)**

Bu kısımda, İn vivo çalışmalar için çalışmanın etik kurul onay belgesinin sayı ve tarihi verilmelidir.

Materyalde üzerinde çalışılan malzemeler, objeler, çalışma alanı, zaman ve sınırlılıklardan bahsedilmelidir. Materyal ile ilgili tablo, şekil vb. bilgiler bu bölümde yer almalıdır.

Yöntem ise araştırmanın amacına ulaşmasında kullanılan teknik ya da tekniklerdir. Kullanılan yöntem(ler) yeni ise açık ve anlaşılır bir şekilde ayrıntılı olarak verilmelidir. Eğer kullanılan yöntem bilinen bir yöntem ise, sadece kaynak gösterilerek adının verilmesi yeterlidir.

## **Materyal ve yöntem alt başlığı (isteğe bağlı) (Subtitle (optional))**

Bu bölümünde alt başlık altında bilgi verilmesi durumunda alt başlık, “Times New Roman” fontunda, 12 punto, kalın ve italik olarak yazılmalıdır. Alt başlığın ilk kelimesinin ilk harfi büyük, geri kalan kısmı küçük harflerle yazılmalıdır. Alt başlıklardan sonra boşluk bırakılmamalıdır.

Çalışma metni içerisinde denklem yer alacak ise bunlar kenarlıklar gizlenmiş tek satırlık bir tablo içerisinde iki hücre ile verilmelidir. Sol hücreye denklem eklenmeli ve bu hücre ortalı olmalıdır. Sağ hücrede ise denklem numarası yer almalı ve bu hücre sadece denklem numarasının sığacağı büyüklükte, sağa dayalı olmalıdır. Denklem ifadelerinden önceki ve sonraki paragraflar arasında birer satır boşluk olmalıdır.

## **Bulgular (Results)**

Bu kısımda elde edilen bulguları içermeli, şekil ve tablolarda da desteklenmelidir. Bulgular kısmında kaynak gösterilmemelidir.

Tablo dışında kalan fotoğraf, resim çizim ve grafiklerin hepsi “Şekil” olarak verilmelidir. Resim, şekil ve grafikler net ve ofset baskı tekniğine uygun olmalıdır. Her tablo ve şekle metin içinde atıf yapılmalı, şekil ve tablolar yazım alanı içinde olmalıdır. Tüm tablo ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (Tablo 1, Şekil 1 gibi). Tablo ve şekil başlıkları ve açıklamaları kısa ve öz

olmalıdır. Türkçe sunulan makalelerdeki Tablo ve Şekil başlıklarının İngilizceleri de italik olarak Türkçe başlıkları altında verilmelidir.

Numaralandırma ve açıklama kısımlarında metin “Times New Roman” formatında 12 punto olarak yazılmalı ve görsel ile açıklama satırı arasında boşluk olmamalıdır. Görsel ile önceki ve sonraki paragraflar aralarında birer satır boşluk olmalıdır. Görsel içerisindeki veriler okunaklı olmalıdır. Eğer çalışmanızı İngilizce olarak sunmak istiyorsanız lütfen isimlendirmeleri şekil, grafik ve resim için “figure”, harita için “map” olarak değiştirdiğinizden emin olunuz.

Tablo, şekil, grafik ve resim numaralandırmaları ile aynı metin özelliklerinde olmalıdır. Şekil başlıklarından önce ve tablo başlıklarından sonra 6nk boşluk bırakılmalı, Tablo ve şekil başlıkları bir satırdan fazla ise tek satır aralığı yazılmalı ve asılı (2cm) olarak ayarlanmalıdır. Tablo numaralandırılması ve açıklaması; tablonun üstünde olmalı, tablodan önce ve sonraki paragraflar arasında birer satır boşluk bırakılmalıdır.

Tablo dikey çizgi kullanılmamalıdır. Tabloda kullanılan ilk ve son yatay çizgiler 11/2 nk, ara yatay çizgiler 1/2nk kalınlıkta olmalıdır. Tablo içindeki metin okunaklı olmalıdır (8-12 punto kullanılabilir).

### **Tartışma ve Sonuç (Discussion and Conclusion)**

Bu kısımda, çalışmada elde edilen bulguların nedenselliği ilgili bilimsel kanıtlarla tartışılır. Nedenler ve elde edilen bulgular detaylı şekilde yorumlanır. Bu bölümde elde edilen bulguların tekrarı yapılmamalıdır. Ayrıca, çalışmasından elde edilen sonuçların literatüre katkısı, çalışmanın eksiklikleri ile öneriler de yer alabilir. Yazarın isteğine bağlı olarak bu bölüm “Bulgular” kısmı ile birleştirilmesi tercih edilirse “Bulgular ve Tartışma”, ayrıca “Sonuç” kısmı makaleye eklenmelidir.

### **Teşekkür (Acknowledgment)**

Bu kısımda; çalışmaya katkısı olan kişi, kurum ve kuruluşlara teşekkür edilir.

### **Kaynaklar (References)**

Metin içerisindeki atıflarda:

- Tek yazarlı çalışmalarda: **Doe (2014) ya da (Doe, 2014)**
- İki yazarlı çalışmalarda: **Doe ve Smith (2014) ya da (Doe ve Smith, 2014)**
- Üç veya daha fazla yazarlı çalışmalarda: **Doe ve ark. (2014) ya da (Doe ve ark., 2014)**
- Aynı yazara ait birden fazla çalışmaya atıf yapıldığında: **Doe ve ark. (1993 ve 1994), Doe ve ark. (1993a ve 1993b).** şeklinde düzenlenmelidir.
- Çok sayıda çalışmaya yapılan atıflar kronolojik olarak sıralanır: **(Doe, 1999; Smith ve Doe, 2001; Doe ve ark., 2014 ve 2015)**

**Kaynaklarda verilecek kaynaklar, alfabetik sıraya göre aşağıda örneklerde verildiği biçimlerde eklenmelidir.**

Aksakal, V., Macit, M., Esenbuğa, N., 2009. Effects of various ages of weaning on growth characteristics, survival rate and some body measurements of Awassi lambs. Journal of Animal and Veterinary Advances. 8(8): 1624-1630. **(Tam metin makale kaynakları bu şekilde verilmelidir.)**

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis (17th Ed.). Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists. **(Yazarı belirsiz kitap kaynakları bu şekilde verilmelidir.)**

Arıkan, S., Sağroğlu, G., Yıldız, S., Turgut, D., 1994. Bazı hayvan yemlerinden izole edilen funguslar ve bunların ürettiği toksinlerin biyolojik ölçüm metodu ile saptanması. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi. Moleküler Biyoloji, Genetik ve Mikrobiyoloji Seksiyonu Bildiriler Kitabı, Cilt V. Edirne, 25-27 Mayıs 1994, s. 48-54. **(Sempozyum bildirisi kaynakları bu şekilde verilmelidir.)**

Çetin, F., 2011. Yem katkı maddesi damıtık tahıllar (DDGS). <http://www.tepge.gov.tr/Dosyalar/Yayinlar/719e2ab765e04a0ebdd00839c3505b44.pdf>  
Erişim tarihi: 16.06.2016. **(İnternet adresleri kaynakları bu şekilde verilmelidir.)**

Dikmen, İ., 1968. Zeytin çekirdeklerinin köklendirilmesi üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 98 s. **(Tez kaynakları bu şekilde verilmelidir.)**

Jackson, P. G. G., Cockcroft, P. D., 2002. Clinical Examination of Farm Animals. Oxford, UK: Wiley-Blackwell. **(Kitap kaynakları bu şekilde verilmelidir.)**

SPSS, 2013. IBM SPSS Statistics 22.0 for Windows. Armonk, NY. **(Paket programlar kaynakları bu şekilde verilmelidir.)**

Young, O. A., West, J., 2001. Meat Color. In Y. H. Hui, W. K. Nip, & R. Rogers (Eds.), Meat Science and Applications (pp. 39-71). Newyork, USA: CRC Press. **(Kitap bölümü kaynakları bu şekilde verilmelidir.)**

## **Information for Authors**

Journal of Animal Science and Products is published 4 times a year (ISSN: 2667-4580). Its short name is JASP. The scope of the journal covers all aspects of animal science and production.

Journal of Animal Science and Products is an open access and an international journal. All issues are freely available without any charge for either user or institution. Users are allowed to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of the articles, or use them for any other lawful purpose, without asking prior permission from the publisher or the author.

### **Publication types**

The journal publishes original research articles, short communications, scientific reports, case reports, technical notes, letters to the editor, reviews, and, when necessary, research and conference books.

Original (full-length) manuscripts are original scientific papers based on sufficient scientific investigations, observations and experiments. Manuscript consists of the title, abstract and keywords, introduction, material and methods, results, discussion, and references. Manuscript length should not exceed 20 pages. Abstract should contain 300±50 words.

If manuscript is shorter than 6 pages, manuscript will be accepted and published as short communication. It should be prepared in the format of full-length original article but its abstract should not exceed 150 words.

Scientific reports are short description of original research findings. These should be prepared in the format of full-length original articles. The length of scientific reports should be no longer than 6 pages in total.

Case reports are the reports of recent findings encountered in the application, zootechnical and laboratory of related fields. The title and summary of these articles should be written in the format of full-length original articles and the remaining sections should follow introduction, case history, discussion and references. The length of case reports should be no longer than 6 pages in total.

Technical notes are notes on methods or guidance related to animal science and production. The title and summary of these articles should be written in the format of full-length original articles and the remaining sections should follow Introduction, text (with appropriate titles), conclusion, and references. The length of case reports should be no longer than 6 pages in total.

Letters to the editor are short and picture-documented presentations of subjects with scientific or practical benefits or interesting cases. The length of letters should be no longer than 2 pages in total.

Reviews are based on literature regarding a particular subject. The title and summary of this review should be prepared as described for the full-length original articles and the remaining sections should follow Introduction, text (with appropriate titles), conclusion, and references. The length of the text should be no longer than 16 pages in total. Invited reviews have priority for publication.

## **Manuscript preparation**

### **TEMPLATES FOR UPLOADING FILES**

1. As a full article; Author's version of the article,
2. In the additional files section; Author unnamed version of the article,
3. In the Title Page section, the page with the title of the article and the information of all authors,
4. Copyright Transfer Agreement Form
5. Similarity Report (maximum 24%)

### **Articles to be included in the Journal of Animal Science and Products (JASP) should be written according to the following rules and uploaded online.**

1. Our journal accepts both Turkish and English articles. If the writing language of the article is Turkish, the English of the abstract, figure and table names should also be provided. Similarly, Turkish abstracts of English articles should be written. In addition, descriptions of tables and figures should be written in Turkish.
2. The authors are responsible for the compliance of the articles with the ethical rules. The similarity analysis report must be uploaded to the system by the author. References, Article Title, Table and Figure names should be excluded. The similarity rate to other scientific publications should not exceed 24%. However, the editor reserves the right to request an ethics committee document from the authors when necessary.
3. The manuscripts should be written by using Microsoft Office Word program, the article text on the paper in A4 format in Times New Roman type letters (12 pt.) With 1.15 spacing and should not exceed 20 pages. 2.5 cm space should be left on the right, left, bottom and top of the page.
4. The use of resources in the article should be made according to APA.
5. SI (Systeme International d'Units) measurement units should be used in all articles. When abbreviations and symbols are used for the first time in the text, they should be explained. Abbreviations should not be used in the title of the article.
6. Formulas and equations should be numbered and their numbers should be shown in parentheses justified to the right next to the formula.
7. No fee is required from the authors to pay for accepted and published articles.
8. The publishing rights of the articles accepted for publication belong to the institution that publishes the journal. The opinions and suggestions in the articles are entirely the responsibility of the authors.
9. Authors apply for articles online. During the application made through the online application system, the authors will receive a total of 5 files as following;
  1. As a full article; Author's version of the article,
  2. In the additional files section; Author unnamed version of the article,



3. In the Title Page section, the page with the title of the article and the information of all authors,

4. Copyright Form and

5. Submit the Similarity Report (maximum 24%). Incorrect and incomplete applications will not be evaluated.

10. All authors in the article have the Copyright Form (<https://dergipark.org.tr/tr/journal/3237/file/3356/download>) state that they have given their publishing rights to the Journal of Animal Science and Products (JASP). All figures and tables in the article should be presented in their relevant places within the article.

11. Authors can upload your articles to our journal by following the steps at <https://dergipark.org.tr/en/pub/jasp/page/8770>

## **Rules Regarding Sections of the Manuscript**

### **Article title**

The Turkish Title of the Study The First Letter of Each Word (Excluding Conjunctions) and “Times New Roman” should be written in 14 font size.

### **Author Names**

It should be written in "Times New Roman" font in 12 font size.

### **Author Information**

It should be written in "Times New Roman" with 10 font size.

### **Abstract**

It should be written in “Times New Roman” font in 10 font size. In this section, the purpose of the study, the material (s) and method (s) used, the important findings and the conclusion (s) should be stated clearly and concisely. The text should be written in "Times New Roman" font, 10 pt, single line spacing and in one paragraph in accordance with the Turkish spelling rules. Please do not change the writing field borders in right-left directions. The text to be added in this section should be at most (300) words and the cover page should not exceed one page. If you want to present your work in English; The first title, summary and keywords are in English in this section; Provide the Turkish title, summary and keywords in the following section. Do not make changes in the parts containing author names and addresses and date information. When your work is published, the volume, issue, page number and date information will be updated by us. Do not make changes in these parts.

### **Keywords**

"Times New Roman" Font should be written in 10 font size. 4-6 keywords that best describe your work should be added one under the other.

## **Introduction**

It should contain information that prepares the reader for the subject. Check that there is no space before and after the paragraph in the text, with the "Line and Paragraph Spacing" editor, by seeing that the "Before" and "After" values in the "Spacing" section are zero (0) in the "Line Spacing Options" section. Add a space between the "Introduction" title and the text, and add the text by leaving a tab (1.25 cm) space at the beginning of each paragraph in the text under this heading.

## **Material and Methods**

In this section, the number and date of the ethics committee approval document of the study for in vivo studies should be given.

Materials, objects, working area, time and limitations to be worked on should be mentioned in the material. All information related to Table, figure and material etc should be included in this section.

Method, on the other hand, is the technique or techniques used in achieving the purpose of the research. If the method (s) used are new, they should be detailed in a clear and understandable manner. If the method used is a known method, it is sufficient to give its name just by showing the source.

### **Material and method subtitle (optional)**

In this section, if information is given under the subtitle, the subtitle should be written in "Times New Roman", 12 pt, bold and italic. The first letter of the first word of the subtitle should be capitalized and the rest should be in lowercase letters. No spaces should be left after subheadings.

If there will be equations in the text of the work, they should be given in two cells in a single-row table with borders hidden. The equation must be added to the left cell and that cell must be centered. The right cell must contain the equation number and this cell must be right aligned, just large enough to fit the equation number. There should be one line of space between the paragraphs before and after the equation statements.

## **Results**

This section should include the findings obtained and should be supported in figures and tables. No reference should be given in the this section.

All photographs, pictures, drawings and graphics other than the table should be given as "Figure". Pictures, figures and graphics should be clear and suitable for offset printing technique. Each table and figure should be cited in the text, figures and tables should be within the writing area. All tables and figures should be numbered consecutively throughout the article (such as Table 1, Figure 1). Table and figure titles and explanations should be short and concise. Table and Figure titles in Turkish articles should be given in italics under Turkish titles.

In the numbering and explanation sections, the text should be written in "Times New Roman" format in 12 pt. There should be no space between the image and the description line. There should be one line space between the visual and the previous and next paragraphs. The data in the image must be legible. If you want to present your work in English, please make sure to change the naming as "figure" for figure, graph and picture, and "map" for map.

They should have the same text properties as the table, figure, graph and picture numbering. 6 nk space should be left before the figure headings and after the table headings. If the table and figure fish are more than one line, one line spacing should be written and set as hanging (2 cm). Table numbering and explanation; It should be at the top of the table, and there should be one blank line between the paragraphs before and after the table.

Table vertical line should not be used. The first and last horizontal lines used in the table should be 1 1/2 pt thick, intermediate horizontal lines should be 1/2 pt thick. The text in the table should be legible (8-12 font size can be used).

## **Discussion and Conclusion**

In this section, the causality of the findings obtained in the study is discussed with relevant scientific evidence. Causes and findings are interpreted in detail. The findings obtained in this section should not be repeated. In addition, the contribution of the results obtained from the study to the literature, the deficiencies of the study and suggestions may also be included. If it is preferred to combine this section with the "Results" section, depending on the author's request, "Results and Discussion", as well as the "Conclusion" section should be added to the article.

## **Acknowledgments (Acknowledgment)**

In this section; We would like to thank the people, institutions and organizations that contributed to the study.

## **References**

In the citations in the text:

- In studies with a single author: **Doe (2014) or (Doe, 2014)**
- In studies with two authors: **Doe and Smith (2014) or (Doe & Smith, 2014)**
- In studies with three or more authors: **Doe et al. (2014) or (Doe et al., 2014)**
- When citing more than one study by the same author: **Doe et al. (1993 and 1994), Doe et al. (1993a and 1993b)**. should be arranged as.
- Citations to a large number of studies are listed in chronological order: **(Doe, 1999; Smith & Doe, 2001; Doe et al., 2014 and 2015)**

**The references to be given in the references should be added in alphabetical order as given in the examples below;**

Aksakal, V., Macit, M., Esenbuğa, N., 2009. Effects of various ages of weaning on growth characteristics, survival rate and some body measurements of Awassi lambs. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8(8): 1624-1630. **(Full text articles should be given in this way.)**

AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis* (17th Ed.). Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists. **(Books with an unknown author should be given in this way.)**

Arıkan, S., Sağıroğlu, G., Yıldız, S., Turgut, D., 1994. Determination of fungi isolated from some animal feeds and their toxins by biological measurement method. XII. National Biology Congress. *Molecular Biology, Genetics and Microbiology Section Proceedings Book*, Volume V. Edirne, 25-27 May 1994, p. 48-54. **(Symposium papers should be given in this way.)**

Çetin, F., 2011. Feed additive distilled grains (DDGS). <http://www.tepge.gov.tr/Dosyalar/Yayinlar/719e2ab765e04a0ebdd00839c3505b44.pdf> Date of access: 16.06.2016. **(Internet address resources should be given as such.)**

Dikmen, İ., 1968. Research on rooting olive cuttings. Master Thesis. Ege University, Institute of Science, 98 p. **(Thesis should be given in this way.)**

Jackson, P. G. G., Cockcroft, P. D., 2002. *Clinical Examination of Farm Animals*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell. **(Book sources should be given in this way.)**

SPSS, 2013. *IBM SPSS Statistics 22.0 for Windows*. Armonk, NY. **(Softwares should be given in this way.)**

Young, O. A., West, J., 2001. Meat Color. In Y. H. Hui, W. K. Nip, & R. Rogers (Eds.), *Meat Science and Applications* (pp. 39-71). Newyork, USA: CRC Press. **(Book chapters should be given in this way.)**



This Journal Published by the Turkish Federation of Animal Science