

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

CBS TABANLI AHP YÖNTEMİ KULLANILARAK KARS İLİNDE ARICILIK POTANSİYELİ TAŞIYAN ALANLARIN BELİRLENMESİ

Determination of Potential Beekeeping Areas in Kars Province Using GIS Based AHP Method

Mucip DEMİR

Coğrafya Öğretmenliği Ana Bilim Dalı, Sosyal Bilimler ve Türkçe Eğitimi Bölümü, Dede Korkut Eğitim Fakültesi, Kafkas Üniversitesi, Merkez Kampus 36000 Kars, TÜRKİYE, E-posta: mucipdemir@hotmail.com, ORCID No: 0000-0003-1122-2664

Received / Geliş: 04.09.2023

Accepted / Kabul:29.11.2023

DOI: 10.31467/uluaricilik.1355161

ÖZET

Arıcılık yapılacak alanların ve özelliklerin belirlenmesine etki eden çok fazla parametre, farklı tercih unsuru ve kriterin bulunması, karar vermesi, analizi ve çözümü oldukça zor olan bir sorun dizisi oluşturmaktadır. Bu sorun dizisinin çözülmesine yönelik olarak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Process (AHP) yöntemi kullanılarak Kars ili idari sınırları dâhilindeki arıcılık yapılabilecek sahalar ve üretim potansiyellerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın veri analiz aşamasında, araştırma kriterlerinin ağırlık değerlerinin belirlenmesi amacıyla AHP ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Elde edilen ağırlık değerlerinin kullanılmasıyla CBS yazılımı üzerinde Weighted Overlay analizi yapılarak araştırma sahasında arıcılık potansiyeli taşıyan alanlar haritalandırılarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda Kars ili arazilerinin % 50.3'ünün arıcılık üretimi için uygun koşullar taşıdığı tespit edilmiştir. İl genelinde arıcılık üretimine en elverişli arazilerin yüksek irtifalı Sarıkamış, Selim, Susuz ve Merkez ilçelerinde, en elverişsiz arazilerin ise çevrelerine nispetle düşük irtifaya sahip Aras Vadisindeki Kağızman ve Digor ilçelerinde bulunduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıcılık, Kars, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS)

ABSTRACT

Finding too many parameters, different preference elements and criteria, which affect the determination of the areas and characteristics of beekeeping, creates a series of problems that are very difficult to decide, analyze and solve. The use of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods is gaining importance in order to solve this series of problems. In this study, it is aimed to determine the beekeeping areas and production potentials within the administrative borders of Kars province by using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, one of the Geographical Information Systems (GIS) based Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. In the data analysis phase of the study, AHP pairwise comparisons were made in order to determine the weight values of the research criteria. By using the weight values obtained, Weighted Overlay analysis was performed on the GIS software and the areas with beekeeping potential in the research area were mapped and determined. It has been determined that the most suitable lands for beekeeping production in the province are located in the high altitudes Sarıkamış, Selim, Susuz and Merkez districts, while the most unsuitable lands are in the

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Kağızman and Digor districts in the Aras Valley, which have low altitudes relative to their surroundings.

Keywords: Beekeeping, Kars Province, Multi-Criteria Decision Making (MCDM), Analytical Hierarchy Process, (AHP), Geographic Information Systems (GIS)

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Beekeeping production is of great importance for meeting human food and many other needs as well as ensuring the continuity of other living things in nature and is among the human activities that contribute significantly to the development of rural areas of many countries of the world.

Turkey has a diverse and very rich production potential in terms of climatic, geological, geomorphological and floral resources affecting beekeeping production, and ranks second among the world countries with a honey yield of 13.17 kg/hive and a total honey production of 118,297 tons in 8,984,676 bee hives in 2022.

In order to evaluate the beekeeping potential of Turkey more efficiently due to its rich natural resources and to increase production, it is becoming increasingly important to determine the areas where beekeeping will be carried out and their characteristics. However, finding too many parameters, different preference elements and criteria that affect the determination of the areas and characteristics of beekeeping creates a series of problems that are very difficult to decide, analyze and solve. The use of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods is becoming increasingly important for solving this series of problems.

In this study, it is aimed to determine the beekeeping areas and production potentials within the administrative borders of Kars province by using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, one of the Geographical Information Systems (GIS) based Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods.

Data and Method: In the study, respectively; Geographical Information Systems (GIS) based Analytical Hierarchy Process (AHP) method was determined as the research method according to the data obtained as a result of the literature review. The study criteria and sub-criteria were determined in accordance with the wandering beekeeping regulation and the results of the research accepted in the literature. In line with the main purpose of the study, numerical data sets that can be used in GIS analyzes were collected from open sources.

Geographical projection systems and spatial

resolutions of the numerical data sets to be used in the study were standardized using GIS software. From standardized data, ARCGIS 10.8. A map data set of slope, aspect, temperature, wind, precipitation, land use, fresh water resources, road distance convenience criteria of the research area was produced using the 3D Tools raster surface tool. ARCGIS 10.8 for research thematic criteria maps. A new classification process has been made in the reclassify section of the Spatial Analyst module of the software.

Among the thematic criteria of the research, AHP pairwise comparisons were made using the web-based online (AHP-OS) system developed by Goepel (2018), and the ratio of pairwise comparison consistency CR values was calculated. Using the criteria weights determined as a result of the AHP analyzes of the research criteria, ARCGIS 10.8. software "Spatial Analyst" tools, "Weighted Overlay" section was overlaid so that areas with beekeeping potential in the research area were mapped and identified. In the last part of the study, the spatial accuracy of the study was checked by comparing the "beekeeping potential map" with the field data obtained with on-site observations.

Results: As a result of the study analysis, 5,116 km² of land with suitable potential for beekeeping production was determined. These lands constitute 50.3% of the total surface area of the province.

Of the 10,193 km² surface area of Kars province, 683 km², which constitutes 6.7%, is "very suitable" for beekeeping, 4432 km², which constitutes 44%, is "suitable", and 4984 km², which constitutes 49%, is "less suitable". It consists of suitable lands.

The areas determined as a result of the research analysis largely overlap with the existing beekeeping areas. The overlap rate was determined as 11% in "very suitable" lands, 60% in "suitable" lands, 28% in "less suitable" lands, and 0% in "unsuitable" lands.

Discussion and Conclusion: The areas determined in the research carried out to identify areas with suitable potential for beekeeping activities in Kars province largely overlap with the areas where active beekeeping is carried out. This shows that the reliability and validity of the research method is high.

As a result of the research analysis, it was

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

determined that the most suitable areas for beekeeping production were concentrated on the Allahuekber Mountains, which extend in the northeast-southwest direction in the west of the province, and Akbaba Mountain, to the east of Çıldır Lake. Despite this, the number of migratory beekeeper colonies staying in these areas is quite low, and this is due to the fact that the high altitude in these areas negatively affects the climatic conditions and shortens the beekeeping season considerably, as well as the unfavorable transportation conditions that restrict the access of bee colonies to the field.

Although Kağızman district in Kars province ranks first in both the presence of beehives and the production of beekeeping products, it is seen as an unfavorable area in terms of the basic beekeeping criteria used as a basis in the research. This incompatibility is due to the early warming of the Aras valley, which includes Kağızman, and the fact that beekeepers move their hives to higher altitude areas with more favorable conditions within the province due to this negative situation. This result coincides with the results determined in the research and shows the reliability and validity of the research.

GİRİŞ

Arıcılık üretimi insan gıda ve diğere birçok ihtiyacının karşılanması yanında doğadaki diğer canlıların devamlılığını sağlanması için büyük öneme sahip olup dünyanın birçok ülkesinin kırsal alanlarının kalkınmasına önemli katkı sağlayan beşeri faaliyetler arasında bulunmaktadır (Akın ve Yılcıncı 2022).

Türkiye arıcılık üretimine etki eden tüm kaynaklar bakımından çeşitli ve oldukça zengin üretim potansiyeline sahip olup 2022 yılında 8.984.676 arılı kovanda 13.17 kg/kovan bal verimi ve 118.297 ton toplam bal üretimiyle dünya ülkeleri arasında 2. sırada bulunmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı 2022).

Türkiye'nin zengin doğal kaynaklarına bağlı olarak sahip olduğu arıcılık potansiyelin daha verimli şekilde değerlendirilmesi ve üretim artırılması için arıcılık yapılacak alanların ve özelliklerinin belirlenmesi giderek önem kazanmaktadır. Buna rağmen arıcılık yapılacak alanların ve özelliklerin belirlenmesine etki eden çok fazla parametre, farklı tercih unsuru ve kriterin bulunması, karar vermesi ve çözümünü oldukça zor olan bir sorun dizisi oluşturmaktadır. Bu sorun dizisinin çözülmesine

yönelik olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarına entegre edilmiş Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanımı giderek önem kazanmaktadır (Sarı vd. 2020a).

ÇKKV, Birçok alanda ortaya çıkan karmaşık problemlerin çözüm sürecinde oldukça fazla kriteri dikkate alarak en iyi alternatifi belirlemeyi amaçlayan temel karar verme yöntemleri dizisidir. ÇKKV yöntemleri optimum bir çözüme ulaşmak için, karar verenlerin tercihlerine dayalı olarak yapılandırma, karar verme ve planlama adımları için kullanılır (Taherdoost, & Madanchian, 2023). Arazi kaynak potansiyel araştırmaları yapılmasında ÇKKV yöntemlerinden Coğrafi Bilgi Sistemleriyle bütünleşik olarak kullanılabilen; Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Analitik Ağ Süreci (ANP) Çok Boyutlu Tercih Analizi için Linear programlama (LINMAP), Çok Nitelikli Fayda Teorisi yöntemi (MAUT), İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sırası Tekniği (TOPSIS) ve Eleme Seçim Çeviri Gerçekliği (ELECTRE) gibi yöntemler tercih edilmektedir.

Arıcılık için uygun alanların belirlenmesi için araştırmacılar tarafından; araştırmacının amacı, yerel coğrafi koşullar, araştırmadan hedeflenen amaçlar dikkate alınarak ÇKKV yöntemleri arasında araştırma yöntemi seçimi yapılmaktadır (Maris, vd. 2009; Ceylan ve Sarı 2017; Açık 2019; Sarı vd. 2020a; Sarı vd. 2020b; Tennakoon, vd., 2023), (Tablo 1). Arıcılık faaliyetleri için uygun alanların belirlenmesinde bu yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalardan; Arıcılık yer seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarına entegre edilmiş Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) süreçleri kullanımı bu faaliyetler için doğada mevcut kaynakların ve yer aldıkları sahaların büyük doğrulukla tespit edilerek verimli şekilde kullanılmasını sağlarken, diğer yandan mevcut üretim risklerinin azaltılmasında büyük yararlar sağlayarak sürdürülebilirliği de desteklemektedir (Açık 2019, Maris vd. 2009, Sarı vd. 2020a, Sarı vd. 2020b, Sarı v 2022, Tennakoon vd. 2023).

Kars ilinde arıcılık potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada, araştırma yönteminin belirlenmesine yönelik yapılan literatür incelemeleri sonucunda (Tablo 1) araştırma için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analytic Hierarchy Process (AHP), kullanılmansa karar verilmiştir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo 1. Arıcılık yer seçimine yönelik yapılmış çalışmalar ve uygulanan çok kriterli karar verme yöntemleri.

Table 1. Studies on beekeeping location selection and applied multi-criteria decision-making techniques.

ÇKKV Yöntemi	Referans	Lokasyonu	Araştırma Sonucu
AHP	Maris vd. (2009)	Selangor, Malezya	Araştırma sonucunda arıcılık yapılan alanlarla, AHP analizleri sonucunda elde edilen uygunluk haritalarının % 90 oranında örtüştüğü tespit edilmiştir.
AHP	Estoque & Murayama (2010)	La Union, Filipinler	Araştırma sonuçları, uygunluk indeksi ile bal verimi arasında nispeten yüksek bir korelasyon olduğunu göstermiş olup kullanılan model ve üretilen çıktının bir güvenilirliğini göstermektedir.
AHP	Amiri & Shariff (2012),	Vahregan, İran	Çalışmada, nektar veya polen türlerinin azalması ve çiçeklenme süresinin kısaltmasının, arıcılık uygunluğunu kısıtlayan en önemli faktörler olduğu belirlenmiştir.
AHP	Abou-Shaara vd(2013)	El-Behera, Mısır	Suudi Arabistan'da arıcılık yer seçimini etkileyen en önemli faktör aşırı hava sıcakları olup ülke geneli bal arısı yetiştiriciliği için uygun değildir.
AHP	Widiatmaka vd. (2016)	Cava, Endonezya	Araştırmada bal arıları için ekolojik parametrelerin sosyal ve ekonomik parametrelerden daha etkili olduğu belirlenmiştir
AHP	Fernandez, vd. (2016)	Montesinho Natural Park, Portekiz	Araştırmada beş kriter kullanılmış olup yasal çerçeve nedeniyle kentsel alanlarda arıcılık yapılamayacağı belirlenmiştir.
AHP	Ceylan ve Sarı (2017)	Konya, Türkiye	Arıcılığın verimin artması ve üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması için arıcılığa uygun yerlerin belirlenmesinde Çok Ölçütlü Karar Analizlerinin kullanılmasının en önemli çözüm yolu olduğu ifade edilmektedir.
AHP	Pantoja vd. (2017)	Bernardo O'Higgins, Şili	Şili'de apiturizm uygunluğunun değerlendirilmesinde kullanılan faktörlerin tanımına ve ağırlıklandırmasına dayanmaktadır.
AHP, TOPSIS	Açık (2019)	Konya, Karaman, Aksaray, Niğde; Türkiye	Yer seçiminde AHP, TOPSIS ve CBS kullanımının güvenilirliğinin yüksek olduğu ve kullanılacak kriter sayılarının artırılmasının arıcılık faaliyetleri için uygun alanların tespitinde daha iyi sonuçların elde edilmesine imkân sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.
AHP	Gorgi vd. (2019)	Mirjaveh, İran	Araştırmada, arıcılık arazi kullanımının AHP yöntemi ile geliştirilmesi amacıyla Tamir meralarının arıcılık potansiyeli değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, bitki örtüsü faktörünün ağırlığı (0,62), çevresel faktörlerden (0,37) ve su kaynağı mevcudiyetinden (0,014) daha fazladır
AHP, TOPSIS, VIKOR	Sarı vd. (2020a)	Konya, Türkiye	Araştırmada uygunluk haritalarıyla AHP'nin % 82, VIKOR'un % 88 ve TOPSIS'in % 91'lik örtüşme oranı bulunduğu tespit edilmiştir.
AHP, PROMETHEE	Sarı vd. (2020b)	Konya, Türkiye	Araştırma sonucunda uygunluk haritaları ile AHP'nin %74,19, PROMETHEE'nin %76,56 örtüşme oranlarına sahip olduğu tespit edilmiştir.
AHP	Elmastaş, vd. (2022)	Adıyaman, Türkiye	Adıyaman ilinin %58,26'sı arıcılık için çok uygun ve uygun arazilerden oluşurken. %25,26'sı ise arıcılığa uygun olmayan alanlara karşılık gelmektedir.
AHP	Mercan (2023)	Bitlis, Türkiye	Bitlis ilinde ilçelere göre arıcılık üretim alanlarının üretim potansiyeli belirlenerek mevcut bal üretimi ile karşılaştırılmıştır..
Fuzzy AHP	Tennakoon vd. (2023)	Queensland, Avustralya	Bulanık AHP'nin uygunluk haritalarıyla % 60-70 arasında örtüşme oranı bulunduğu tespit edilmiştir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı Analitik Hiyerarşi Process (AHP) analizlerine dayalı olarak Kars ili idari sınırları dâhilindeki arıcılık yapılabilecek sahalar ve üretim potansiyellerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada sırasıyla;

- Literatür taramaları sonucu elde edilen verilere göre araştırma yöntemi olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı Analitik Hiyerarşi Process (AHP) yöntemi belirlenmiştir.
- Çalışma kriter ve alt kriterleri, gezginci arıcılık yönetmeliği ve literatürde kabul gören araştırma sonuçları doğrultusunda belirlenmiştir.
- Çalışmanın ana amacı doğrultusunda CBS analizlerinde kullanılabilecek sayısal özellikte veri setleri açık kaynaklardan toplanmıştır (Tablo 2).
- Çalışmada kullanılacak sayısal özellikteki veri setlerinin coğrafi projeksiyon sistemleri ve mekânsal çözünürlükleri CBS yazılımı kullanılarak standardize edilmiştir. Bu aşamada CORINE Arazi Örtüsü/Kullanımı verisinin hücresel çözünürlüğü ARCGIS 10.8. yazılımı Data Management bölümünde Resample işlemi yapılarak ayarlanmıştır.
- Standardize edilmiş verilerden, ARCGIS 10.8. yazılımı 3D Tools raster surface aracı

kullanılarak araştırma alanına ait eğim, bakı, sıcaklık, rüzgâr, yağış, arazi kullanım, tatlı su kaynakları mesafesi, karayolu mesafesi elverişliliği kriter haritaları üretilmiştir.

- Çalışma tematik kriter haritaları için ARCGIS 10.8. yazılımı Spatial Analyst modülü reclassify bölümünde yeniden sınıflandırma işlemi yapılmıştır (Şekil 1).
- Literatür araştırmalarına dayalı olarak belirlenen çalışma kriterlerin ağırlıklandırılması ve sıralanması için Saaty (1980), tarafından geliştirilmiş olan AHP algoritması kullanılmıştır.
- Araştırma tematik kriterleri arasında Goepel (2018), tarafından geliştirilen web tabanlı çevrimiçi (AHP-OS) sistemi kullanılarak AHP ikili karşılaştırmaları yapılmış ve ikili karşılaştırma tutarlılık CR değerleri oranı hesaplanmıştır. (Tablo 2).
- Araştırma kriterlerinin AHP analizleri sonucu belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak ARCGIS 10.8. yazılımı "Spatial Analyst" araçları "Weighted Overlay" bölümünde bindirme işlemi yapılmış böylece araştırma sahasında arıcılık potansiyeli taşıyan alanlar haritalandırılarak tespit edilmiştir (Şekil 1).

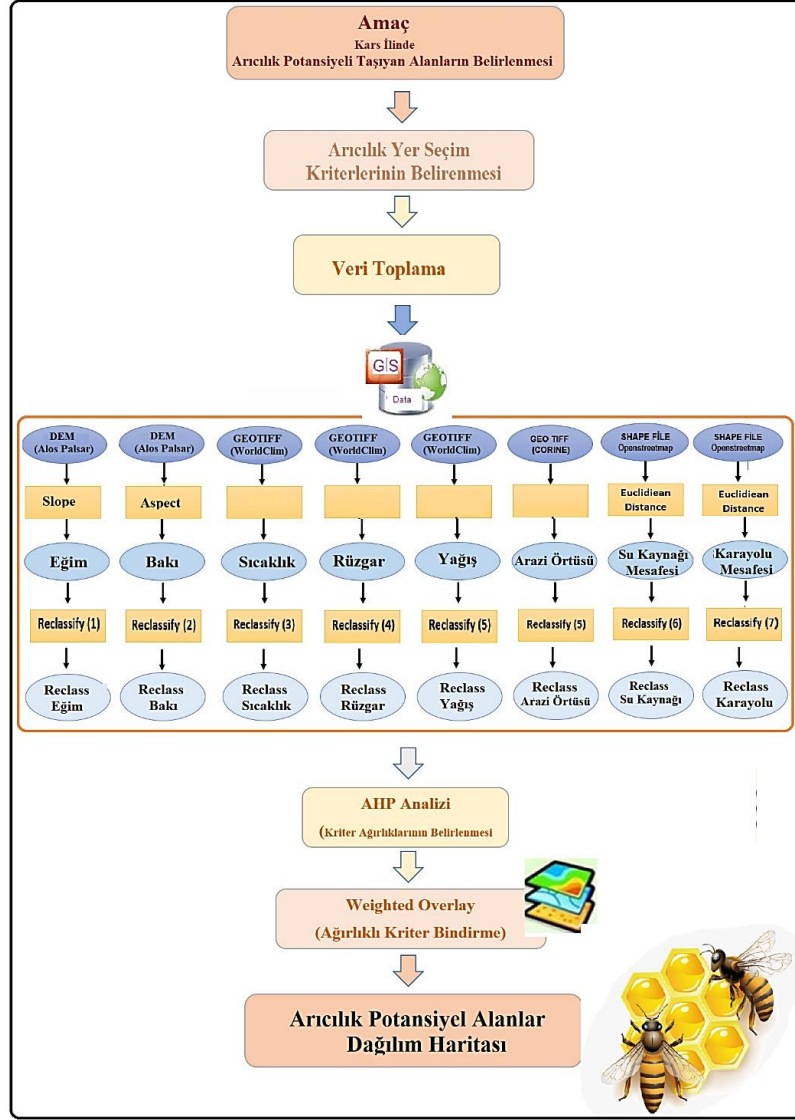
Çalışmanın son bölümünde, "arıcılık potansiyel haritası" ile yerinde yapılan gözlemlerle elde edilen saha verileri karşılaştırılarak çalışmanın mekânsal doğruluğu kontrol edilmiştir.

Tablo 2. Çalışma Veri Kaynakları ve Özellikleri

Table 2. Study Data Sources and Features

Kriter	Veri Seti	Dosya Tipi	Veri Yapısı	Veri Çöz.	Veri Kaynağı
Arazi Eğimi	Alos Palsar	DEM	Raster	12,5 m	ASF
Arazi Güneş Bakışı					
Sıcaklık	WorldClim Data	GeoTiff	Raster	12,5 m	Global Solar
Rüzgâr					
Yağış ve Nem					
Arazi Örtüsü/Kullanımı	CORINE Arazi Örtüsü/Kullanımı 2018	GeoTiff	Raster	100 m	Copernicus
Tatlı Su Kaynakları Mesafesi	Openstreetmap Turkey	GeoTiff	Vektör	12.5 m	Openstreetmap
Karayolu Ulaşım Ağı	Openstreetmap Turkey	GeoTiff	Vektör	12.5 m	Openstreetmap

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE



Şekil 1. Çalışma İş Akış Diyagramı
Figure 1. Working Workflow Diagram

Çalışma Sahasının Coğrafi Konumu ve Özellikleri

Çalışma sahasını oluşturan Kars ili, Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer almakta olup, batıdan Erzurum, güneyden Ağrı güneydoğudan Iğdır ve kuzeyden Ardahan illeriyle doğudan ise Ermenistan'la komşudur (Şekil 2). Kars ili 10.196 km² yüzölçümüne sahip olup bu bakımdan Türkiye'nin % 1,2'sini oluşturmaktadır (HGM, 2023). Kars ili toplam 10.193 km² yüzölçümüne sahip olup idari olarak 8 ilçe, 382 köy yerleşimine bölünmüştür

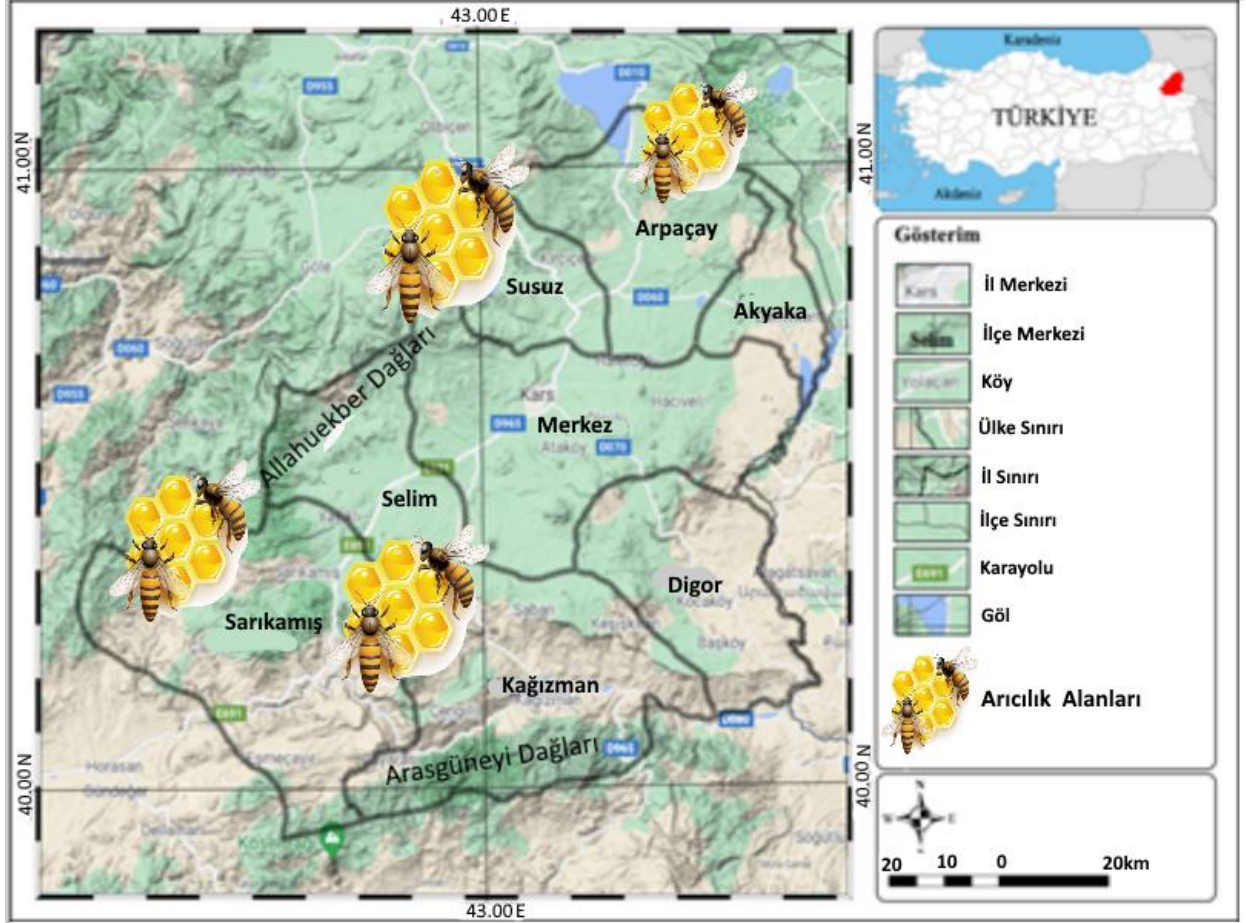
(Demir, 2021).

Doğu Anadolu'da bulunan illere nispetle morfolojik bakımdan tek düze bir görüntüye sahip olan il arazisinin büyük bölümü 2000 metre irtifa ortalamasına sahip Kars Platosu düzlüklerinden oluşmaktadır. Kars ili genelinde mevcut yüksek irtifa ve karasallık koşullarının baskın etkisiyle sert karasal iklim koşulları hâkim olup bu nedenle beşeri ve iktisadi yaşam fazla gelişim göstermemiştir. Türkiye illeri arasında ekonomik gelişmişlik bakımından en alt sıralarda bulunan Kars ili 2022

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

yılsonu verilerine göre 274.829 nüfusa sahiptir (Demir 2015). Araştırma sahasında arıcılık üretimine etki eden tüm kaynaklar bakımından çeşitli ve oldukça zengin üretim potansiyeline sahiptir. Buna rağmen il genelinde hâkim olan sert karasal iklim koşullarında yıllara göre meydana gelen istikrarsızlık nedeniyle

arıcılık üretimi de büyük istikrarsızlık göstermektedir (Demir, 2015). Kars ili 2022 yılı arıcılık sezonunda 71.849 arılı kovanda ortalama 11.6 kg verim ve toplam 833 ton bal üretimiyle Türkiye illeri arasında 33. sırada bulunmaktadır (TUİK 2023).



Şekil 2. Araştırma Alanı Konumu

Figure 2. Research Area Location

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Çalışma Kriterlerin Belirlenmesi ve Özellikleri

Araştırma sahasında arıcılık faaliyetleri için elverişli özellikteki alanların belirlenmesi amacıyla; arıcılık yönetmeliğinde (2011), bahsi geçen gezginci arıcılık yer seçimi için anılan hükümler, literatürdeki kabul görmüş araştırma sonuçları ve Kars Tarım İl Müdürlüğü, gezginci arıcılık komisyonunda görevli üç uzman karar verici ziraat mühendisi ve Kars İli Arı Yetiştiricileri Birliği üyesi 16 arıcının görüşleri doğrultusunda;

Eğim, Bakı, Sıcaklık Yağış ve Nemlilik, Rüzgâr, Arazi Örtüsü/Kullanımı, Tatlı Su Kaynakları Mesafesi, Karayolu Ulaşım Ağı, olmak üzere sekiz kriter belirlenmiştir (Tablo 3).

Araştırmada;

Literatür taramaları neticesinde arıcılık üretimi yeri seçiminde kayda değer etkisi olmadığı anlaşılan ve diğer araştırma faktörleriyle tematik olarak belli oranda benzeşmeleri sonucunda

- Güneş Radyasyonu
- Basınç ve rüzgârlı gün sayısı gibi iklimik unsurlar,
- Kars ili arazisinin büyük kısmının oldukça yüksek ve düşük eğimli topografyada bulunması ve kayda değer irtifa farklılığı göstermemesi nedeniyle irtifa unsuru,
- Pazarlara uzaklık unsuru

Kars ili geneli için herhangi bir kuruluş tarafından düzenli olarak kaydı tutulmayan ve üzerinde konuya özel bilimsel bir çalışma yapılmamış;

- Bitkilerin Polen ve Nektar dağılımına ait veri setleri ve haritalar,

Arı kolonilerinin sağlığı ve devamlılığı yanında arıcılık üretimini oldukça olumsuz etkileyen veya etkileyebilecek

- Tarımsal ilaçlama yapılmış alanların mekânsal dağılımlarına ait veri ve haritalar,
- Kimyasal veya organik gübre kullanılmış alanların mekânsal dağılımlarına ait veri ve haritalar,

- Arıcılık dönemindeki atmosferik toz polüsyonu ve kimyasal kirlilik mekânsal dağılımlarına ait veri ve haritalar,
- Elektromanyetik dalga dağılımına ait veri ve haritalar,
- Doğal afet risk taşıyan alanları gösterir veri ve haritalar,

Çalışma analizleri haricinde tutulmuştur.

Çalışmada, arıcılık üretim potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesine yönelik olarak önceden yapılmış literatürdeki mevcut çalışmaların sonuçlarının yanı sıra, yasal ve teknik nedenlerden dolayı doğrudan arıcılık faaliyeti yapılamayacak,

- Hidrografik unsurlar ve 10 metre çevreleri,
- Yerleşimler ve 1000 metre çevreleri,

maskelenerek analizler dışında tutulmuştur.

Arazi Eğimi Elverişliliği: Arıcılık faaliyetlerinin sürdürülmesi, arı kovanlarının konumlandırılması ve üreticilerin her türden lojistik ihtiyaçlarının karşılanması için arazi eğiminin fazla olmaması gerekmektedir. Arıcılık yapılacak alanlarda arazi eğiminin yüksek değerler taşıması arıcılık üretici faaliyetlerini zorlaştırıp üretim maliyetini arttırmaktadır (Elmastaş, vd. 2022). Arıcılık yapılabilecek arazilerin eğimi konusunda kesin bir tanımlama bulunmamakla beraber 1-30° arası araziler genellikle uygun kabul edilmektedir (Abou-Shaara, 2015).

Kars ilinin % 96,6'sı arıcılık üretimi için uygun kabul edilebilir özellikteki 1-30° arası eğimli araziler ortalama 2000 metre irtifaya sahip yüksek plato sahasında yer almaktadır (Şekil 3). İlde yüksek eğim değerine sahip olup bu nedenle arıcılık faaliyetleri için uygun olmayan araziler ili güney ve batıdan sınırlandıran dağlık alanlar ve Aras Vadisi yamaçlarında yoğunlaşmaktadır.

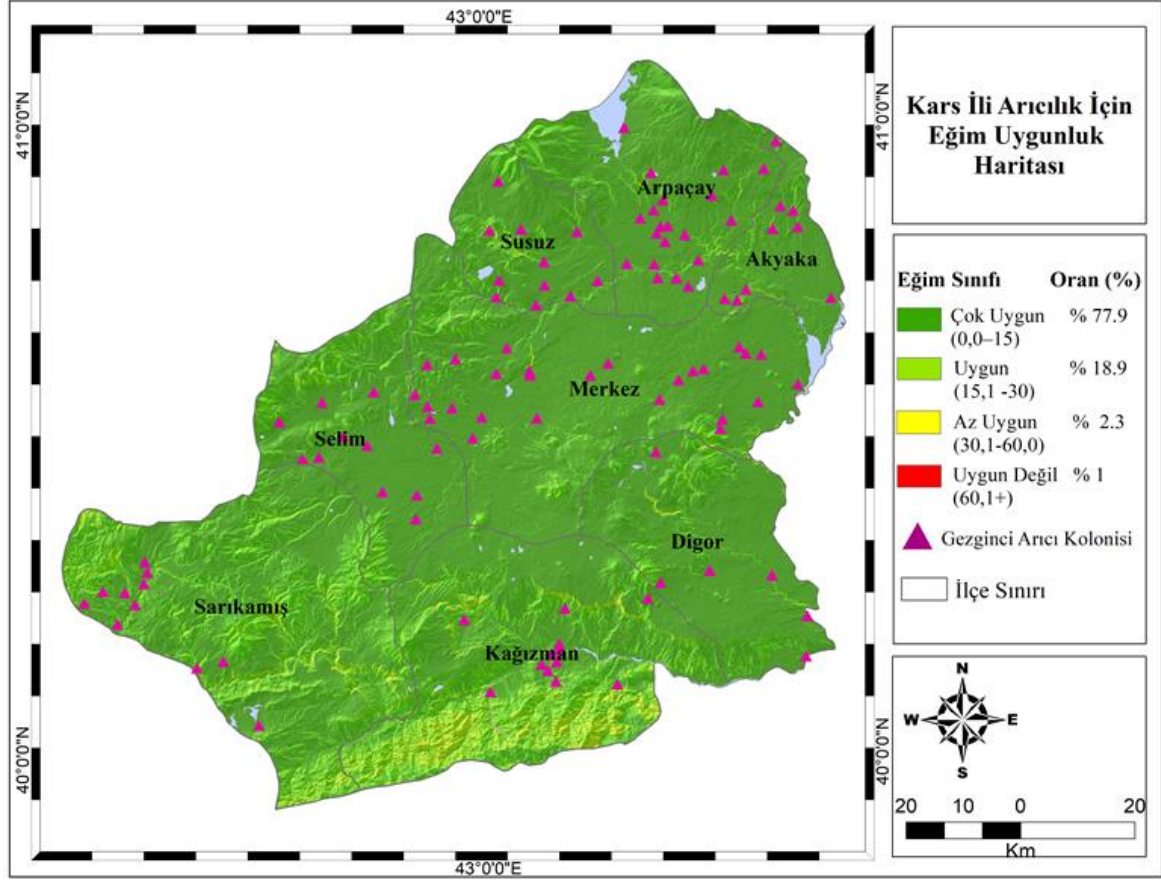
Çalışmada, arıcılık üretimine etkisi bakımından arazi eğim faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar dikkate alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 96,7'sinin arazi eğim faktörü bakımından arıcılık üretimine oldukça elverişli özellikler taşıyan 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4, Şekil 3).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo 3. Arıcılık yer seçimine yönelik literatürdeki yapılmış çalışmalar ve kullanılan kriterler

Table 3. Studies in the literature on beekeeping location selection and criteria used

Kriter	Maris, vd. (2009).	Estoque & Murayama (2010).	Amiri & Shariff (2012).	Abou-Shaara vd. (2013).	Fernandez, vd. (2016).	Widiatmaka vd. (2016).	Ceylan ve Sarı (2017).	Pantoja vd. (2017).	Açık (2019).	Gorgi vd. (2019).	Sarı vd (2020a).	Elmastaş, vd. (2022)	Mercan (2023).	Tennakoon vd. (2023).
Arazi İrtifası	*	*				*	*		*		*	*	*	*
Arazi Eğimi							*		*		*	*	*	*
Güneş Rady.					*									*
Güneş Bakışı							*		*		*	*	*	*
Sıcaklık			*	*				*		*			*	*
Rüzgar										*			*	
Nem				*						*				
Yağış	*		*			*	*	*			*	*	*	*
Tatlı Su Kay.	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
NDVI													*	
Arazi Ört/Kul		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Polen, Nektar	*													
Ulaşım Ağı	*	*	*		*	*	*	*		*	*	*	*	*
E.manyetik M					*						*			
Enerji Nak. M													*	
Yerleşim Mes					*	*	*		*		*	*		
Pazara Mes.						*								
Doğal Afet R.			*								*			
Turizm								*						



Şekil 3: Çalışma Alanı Arıcılık Faaliyetleri İçin Arazi Eğimi Elverişlilik Haritası (2023).

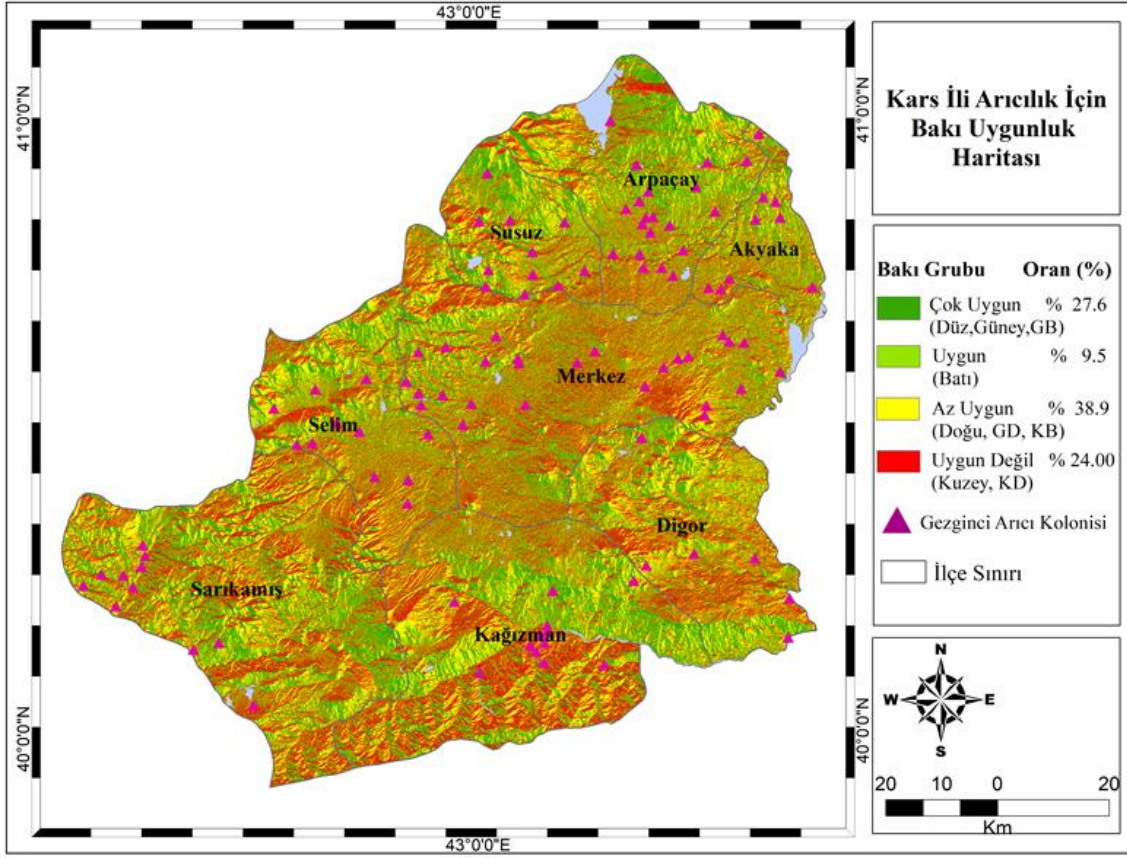
Figure 3: Land Slope Suitability Map for Study Area Beekeeping Activities (2023).

Arazi Güneş Bakışı Elverişliliği: Arazinin güneş bakış yönü olarak tanımlanan bakı; hava sıcaklığına olan pozitif etkisi nedeniyle arı kovanlarındaki iç ısının devamlılığının sağlanması yaşam faaliyetleri ve üretimin sürdürülmesi, güneşlenme süresine olan dolaylı etkisi nedeniyle de arı kolonilerinin kovan dışındaki çalışma süresine etki etmektedir (Amiri, vd. 2011). Bu nedenlerden dolayı kuzey yarımküre genelinde olduğu gibi Kars İlinde de arı üreticileri arazide arıcılık faaliyetlerinin sürdürüldüğü yaz döneminde arı kovanlarını bakı faktörünü dikkate alarak güneydoğu, güney ve güneybatı yönlü yamaçlar üzerinde konumlandırmaktadır.

Kars ilinde arıcılık üretimine güneş bakışı bakımından en uygun olabilecek güney yönlü

arazilerin büyük kısmı düşük eğimli plato sahasında bulunmaktadır. İl genelinde güneş bakışı bakımından en elverişsiz olabilecek kuzey yönlü araziler ise Aras Vadisinin güneyinde doğu batı yönünde uzanan Aras Güneyi Dağlarının kuzeye bakan yamaçlarının yanı sıra ilin plato sahasındaki volkanik konilerin kuzeye bakan yamaçlarıdır.

Çalışmada, arıcılık üretimine etkisi bakımından güneş bakışı faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar dikkate alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının %37,1'inin güneş bakışı faktörü bakımından arıcılık üretimine oldukça elverişli özellikler taşıyan 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4, Şekil 4).



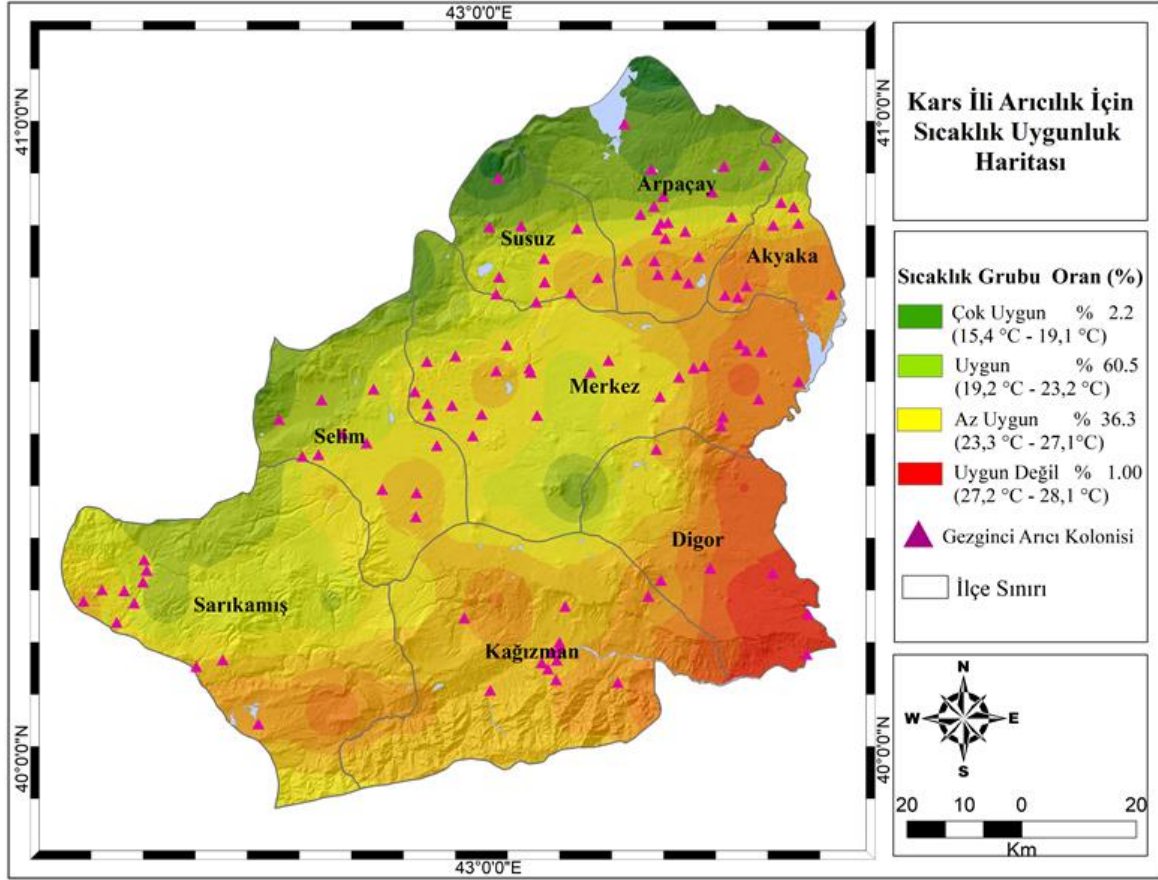
Şekil 4: Çalışma Alanı Arıcılık Faaliyetleri İçin Güneş Bakışı Elverişlilik Haritası (2023).

Figure 4: Sun Aspect Availability Map Study Area Beekeeping Activities (2023).

Sıcaklık Elverişliliği: Arı kolonilerinin yaşam faaliyetlerini ve üretimlerini etkileyen en önemli kriterlerden biri hava sıcaklığıdır. Arı kolonilerinin arazideki faaliyetlerini sürdürdükleri dönemde gündüz hava sıcaklığının 10 °C'in altında, 36°C'nin üstünde olmaması gerekmekte olup optimum hava sıcaklığı 30 °C civarındadır. (Demir 2015, Tunçel 1992).

Kars ili genelinde arazideki arıcılık faaliyetlerini sürdürüldüğü Mayıs ile Eylül arasındaki beş aylık dönemde gündüz hava sıcaklığı ortalaması 10°C'dir. İli arazisinin büyük kısmının yüksek bir topografya üzerinde bulunması nedeniyle sıcaklık homojen dağılım göstermektedir. Buna rağmen gündüz sıcaklık ortalaması ili kuzeybatıdan ve güneyden çevreleyen 2500 metre ortalama yüksekliğe sahip yüksek dağlık alanlarda 10°C civarındayken, 1971 metre ortalama yüksekliğe sahip plato yüzeyinde 15°C, 1500 metre ortalama irtifaya sahip ilin güneyindeki Aras Vadisinde 15°C civarındadır (Demir 2021).

Çalışmada, arıcılık üretimine etkisi bakımından sıcaklık faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar dikkate alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 36,2'sinin sıcaklık faktörü bakımından arıcılık üretimine oldukça elverişli özellikler taşıyan 1. ve 2. arazi sınıfları alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4, Şekil 5).



Şekil 5: Çalışma Alanı Arıcılık Faaliyetleri İçin Sıcaklık Elverişlilik Haritası (2023).

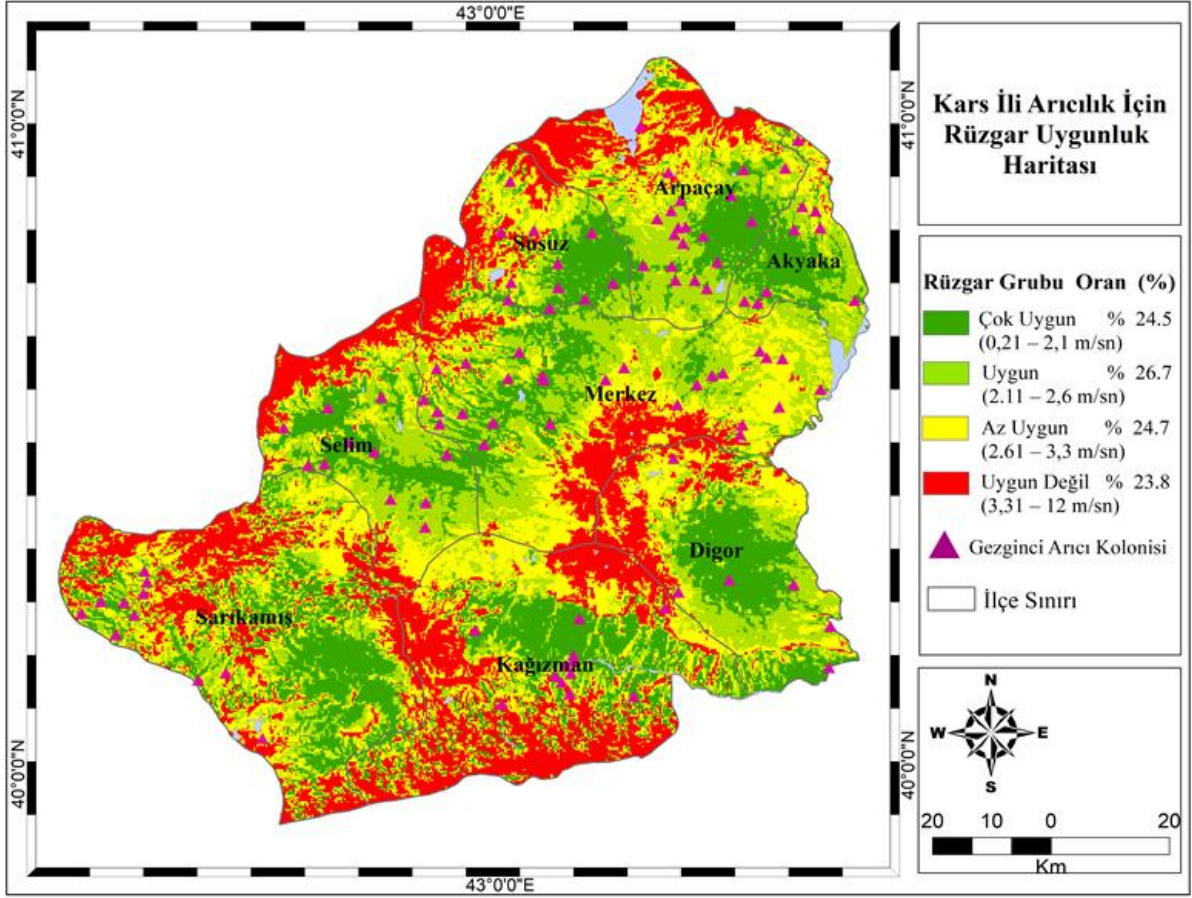
Figure 5: Temperature Availability Map for Study Area Beekeeping Activities (2023).

Rüzgâr Elverişliliği: Arıcılık faaliyetlerinin arazide sürdürüldüğü sıcak dönemdeki gündüz süresince rüzgâr hızının arıların yayılmasını engellemeyecek şekilde 4 m/sn altında hafif kuvvette olması gereklidir. Daha hızlı rüzgârlar arı aktivitelerini azaltıp faaliyetlerini kısıtlar. Bu nedenle üreticiler arı kovanlarını ve arıların yayılacakları arazileri belirlerken rüzgârın olumsuz etkilerine nispeten kapalı olabilecek korunaklı vadiler, rüzgârı kesebilecek yamaçlar ve ormanlık alanları tercih etmektedir (Demir 2015).

Araştırma sahasında sıcak dönemde esen rüzgârlar 2,8 m/s ortalama hıza sahip olup bir kaç istisnai gün dışında arı kolonilerinin arazide yaşam ve üretim faaliyetleri için uygundur (Demir 2015). Buna rağmen araştırma sahasında esen rüzgârlar ilin güney ve batıdan çevreleyen yüksek ve dağlık alanlarda arıcılık faaliyetlerini engelleyebilecek şekilde 12 m/s hıza ulaşabilirken, yüksek irtifalı ancak eğim değerleri düşük plato sahasında arıcılık

faaliyetleri için çok olumsuzluk oluşturmayacak 3 m/s gibi düşük kuvvette esmektedir (DMİGM 2022).

Çalışmada, arıcılık üretimine etkisi bakımından rüzgâr hızları faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar dikkate alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 52'sinin rüzgâr hızı faktörü bakımından arıcılık üretimine oldukça elverişli özellikler taşıyan 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4, Şekil 6).



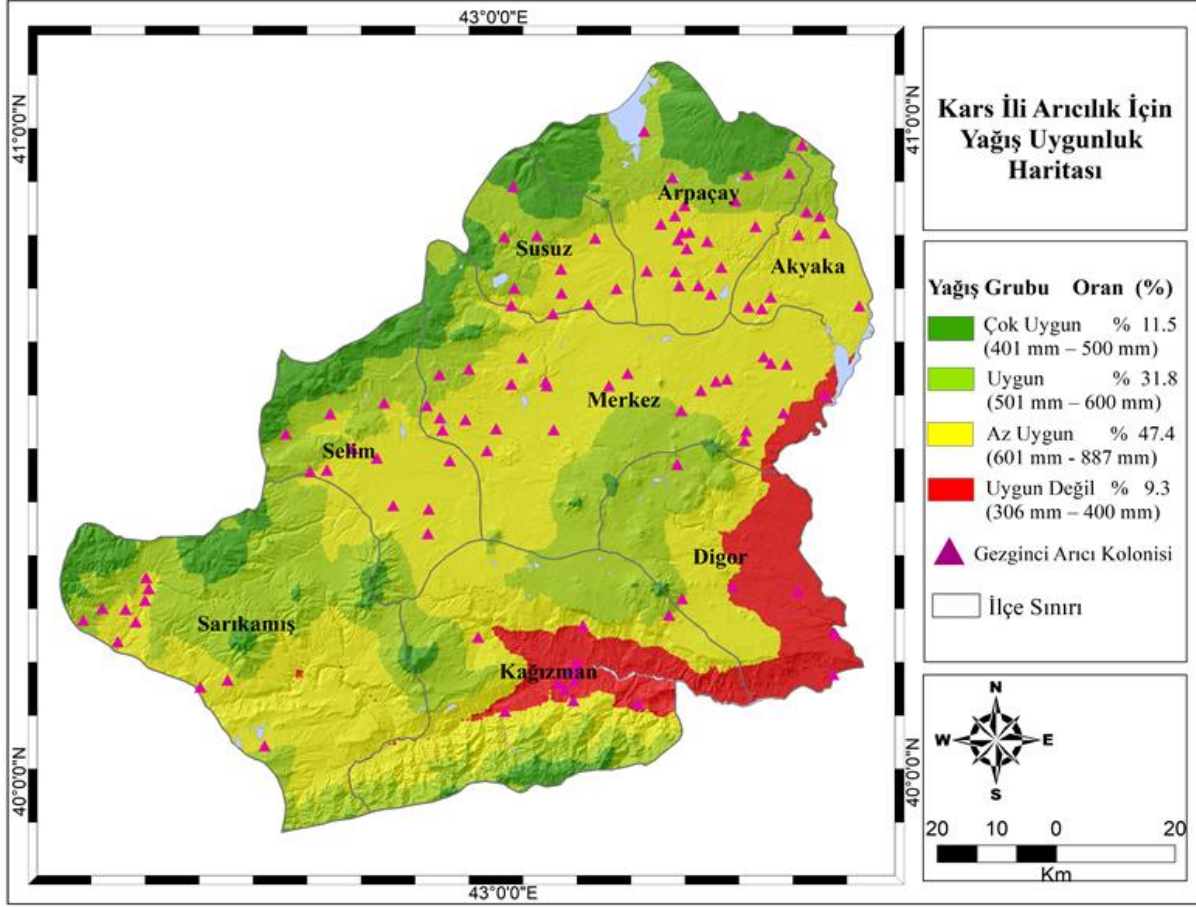
Şekil 6: Çalışma Alanı Arıcılık Faaliyetleri İçin Rüzgâr Elverişlilik Haritası (2023).

Figure 6: Wind Availability Map for Study Area Beekeeping Activities (2023).

Yağış ve Nemlilik Elverişliliği: Arıların yaşam faaliyetlerini sürdürebilmeleri havadaki nemlilik ve yağışla ilgilidir. Havanın ideal düzeyde nemli ve yağışlı olduğu yerlerde bitkisel varlığın artışına bağlı olarak arıcılık üretimi de artar. Nemlilik ve yağışın fazla olduğu yerlerde ise gerek arıların arazideki toplayıcılık faaliyetleri kısıtlanırken gerekse iyi havalanmayan arı kovanlarında nem artışına bağlı olarak oluşan küf ve paraziter hastalıklar nedeniyle birey kayıpları ve arıcılık üretiminde de düşüş meydana gelebilmektedir (Amiri vd. 2011, Elmastaş, vd. 2022, Mercan 2023).

Araştırma sahası bütününde arıcılık faaliyetlerinin sürdürüldüğü mayıs-ağustos ayları arasındaki görece sıcak dönemde meydana gelen yağış miktarı 300 mm civarında olup tüm yıl içindeki yağışın %

55'ini oluşturmaktadır. İlde bu dönemde meydana gelen yağış miktarı düzensiz bir dağılım göstermekte olup ortalama 1000 metre irtifaya sahip Aras Vadisinde 100 mm, ortalama 2000 metre irtifaya sahip plato sahasında 250 mm civarındadır (DMİGM 2022). Bu dönemde Aras Vadisinde oluşan kurak koşulların bu alandaki bitkisel varlığı sonlandırması nedeniyle arıcılık faaliyetleri ilin yağışlı ve serin özellikteki yüksek plato sahası ve çevre dağlık alanlara doğru kaymaktadır (Demir, 2015). Çalışmada, arıcılık üretimine etkisi bakımından yağış faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar dikkate alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 42,3'ünün yağış faktörü bakımından arıcılık üretimine elverişli özellikler taşıyan 1. ve 2. arazi ağırlık sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4, Şekil 7).



Şekil 7: Çalışma Sahası Arıcılık Faaliyetleri İçin Yağış Elverişlilik Haritası (2023).

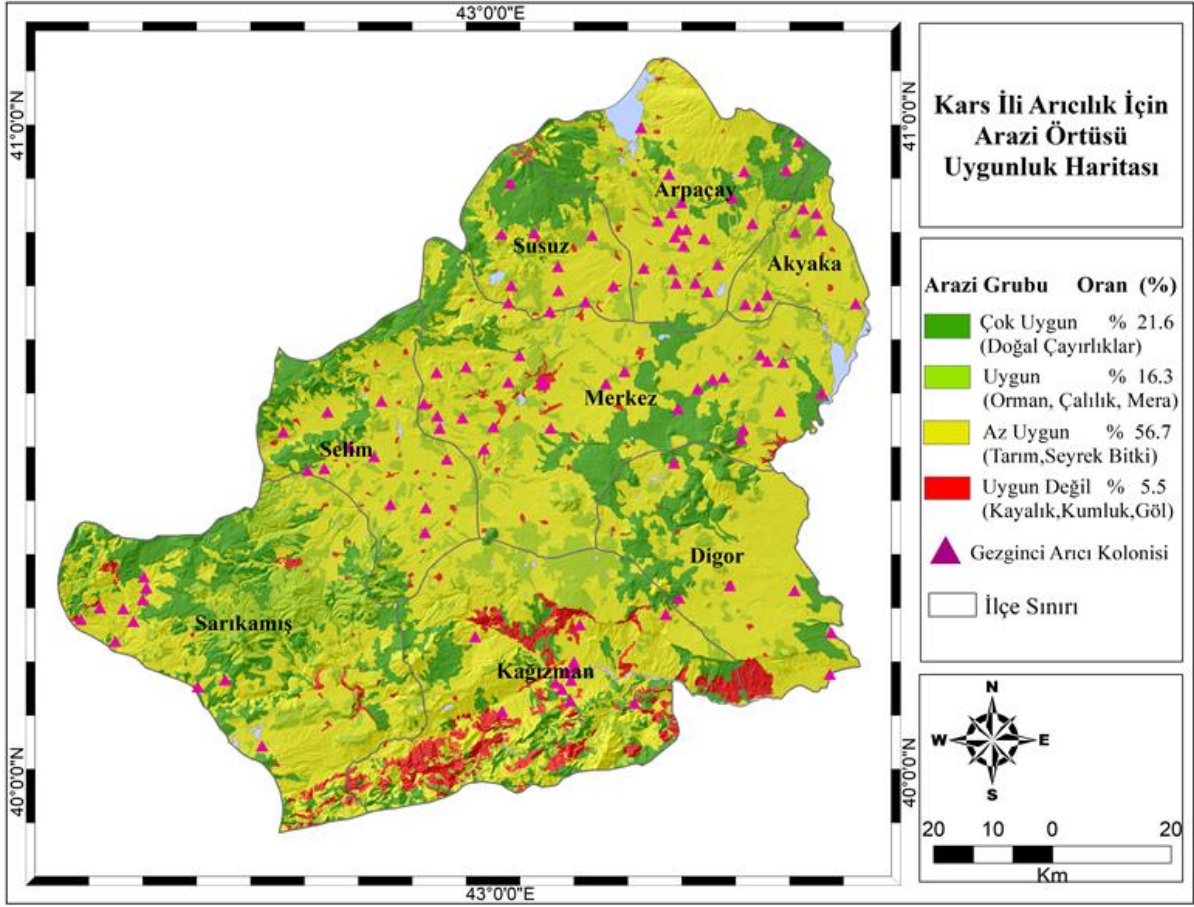
Figure 7: Precipitation Availability Map for Study Area Beekeeping Activities (2023).

Arazi Örtüsü ve Kullanımı Durumu Elverişliliği:

Arazi örtüsü ve arazi kullanım durumu, arı kolonilerinin besin maddelerini elde ederek yaşam faaliyetlerini sürdürebilecekleri alanları belirlenmesi için en temel kriter olup arıcılık üretiminde ürün verimini, kalitesini ve çeşidini etkiler (Sarı ve Kandemir 2022). Genel olarak arıcılık faaliyetleri için mera, çayır, orman ve çalılık araziler uygun, Seyrek bitkili ve tarım arazileri kısmi uygun, çıplak araziler ve yerleşim alanları uygun değildir.

İlde arıcılık üretimine arazi örtüsü ve kullanımı kriteri bakımından elverişli kabul edilen ve önemli kaynak oluşturan yüzlerce çiçek türüne sahip doğal alpin çayırlar il geneline yayılmış olup tüm arazi varlığının % 22'sini oluşturmaktadır. İlde geven gibi kurakçıl bitkilere sahip arıcılık üretimi için nispeten elverişli olabilecek seyrek bitkili araziler ise daha çok düşük irtifalı ve erken yaz kuraklığı görülen Aras vadisinde bulunmaktadır.

Çalışmada, arıcılık üretimine etkisi bakımından arazi kullanım faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar dikkate alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 39'unun arazi kullanım faktörü bakımından arıcılık üretimine oldukça elverişli özellikler taşıyan 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4, Şekil 8).



Şekil 8: Çalışma Alanı Arıcılık Faaliyetleri İçin Arazi Elverişlilik Haritası (2023).

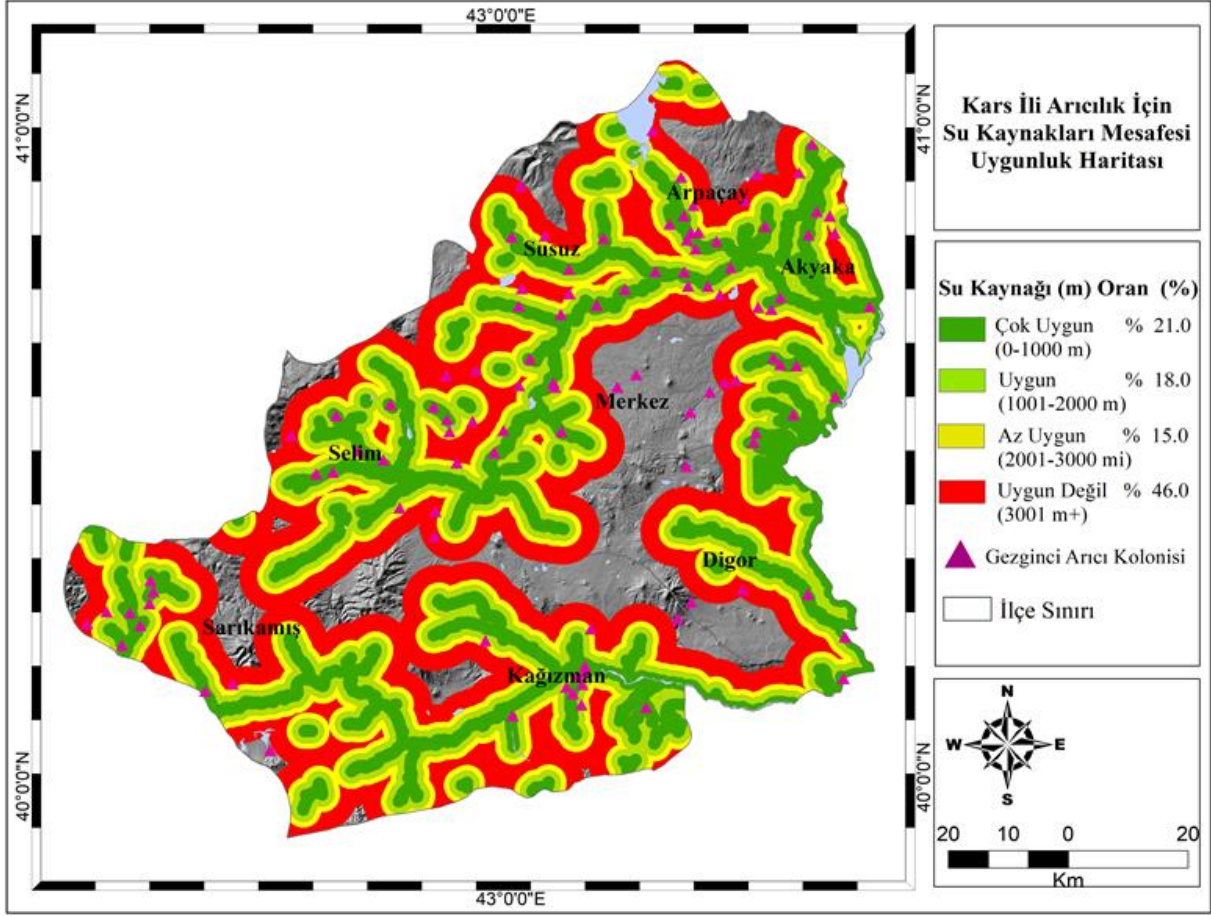
Figure 8: Land Availability Map for Study Area Beekeeping Activities (2023).

Tatlı Su Kaynakları Mesafesi Elverişliliği: Arılar yaşam faaliyetlerini sürdürmeleri için temiz su kaynaklarına ihtiyaç duyarlar. Arılar suyu hayatta kalma, üretim ve kovan nemliliğinin düzenlenmesinde kullanmakta olup suyun bir kısmını direkt olarak bitkilerden önemli bir kısmını da doğadaki akarsu, göl ve yeraltı su kaynaklarından elde ederler bu nedenle arı kovanlarının su kaynaklarına yakın alanlarda konumlandırılması hayati önem taşımaktadır (Amiri, vd. 2011, Mercan, 2023, Elmastaş, vd. 2022).

Kars ili karasal iklime sahip ve genel nemliliği düşük bir alanda yer almış olmasına rağmen arıcılık faaliyetlerinin sürdürüldüğü dönemdeki yağış

miktarının artışına bağlı olarak yeterli miktarda temiz su kaynağına ağına sahiptir. İlde arıcılık faaliyetleri için çok sayıda dere akarsu ve küçük boyutlu göl bulunmakta olup bu su kaynakların önemli bir kısmı dağlık alanlar ve plato düzlükleri üzerinde yer almaktadır (Şekil 9).

Çalışmada, arıcılık üretimine etkisi bakımından su kaynaklarına mesafe faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar dikkate alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 39'unun tatlı su kaynakları mesafesi bakımından arıcılık üretimine oldukça elverişli özellikler taşıyan 1. ve 2. arazi ağırlık sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4, Şekil 9).



Şekil 9: Çalışma Alanının Arıcılık Faaliyetleri İçin Tatlı Su Kaynakları Mesafesi Elverişlilik Haritası (2023).

Figure 9: Fresh Water Resources Distance Availability Map for Study Area Beekeeping Activities (2023).

Karayolu Ulaşım Ağı Mesafesi Elverişliliği:

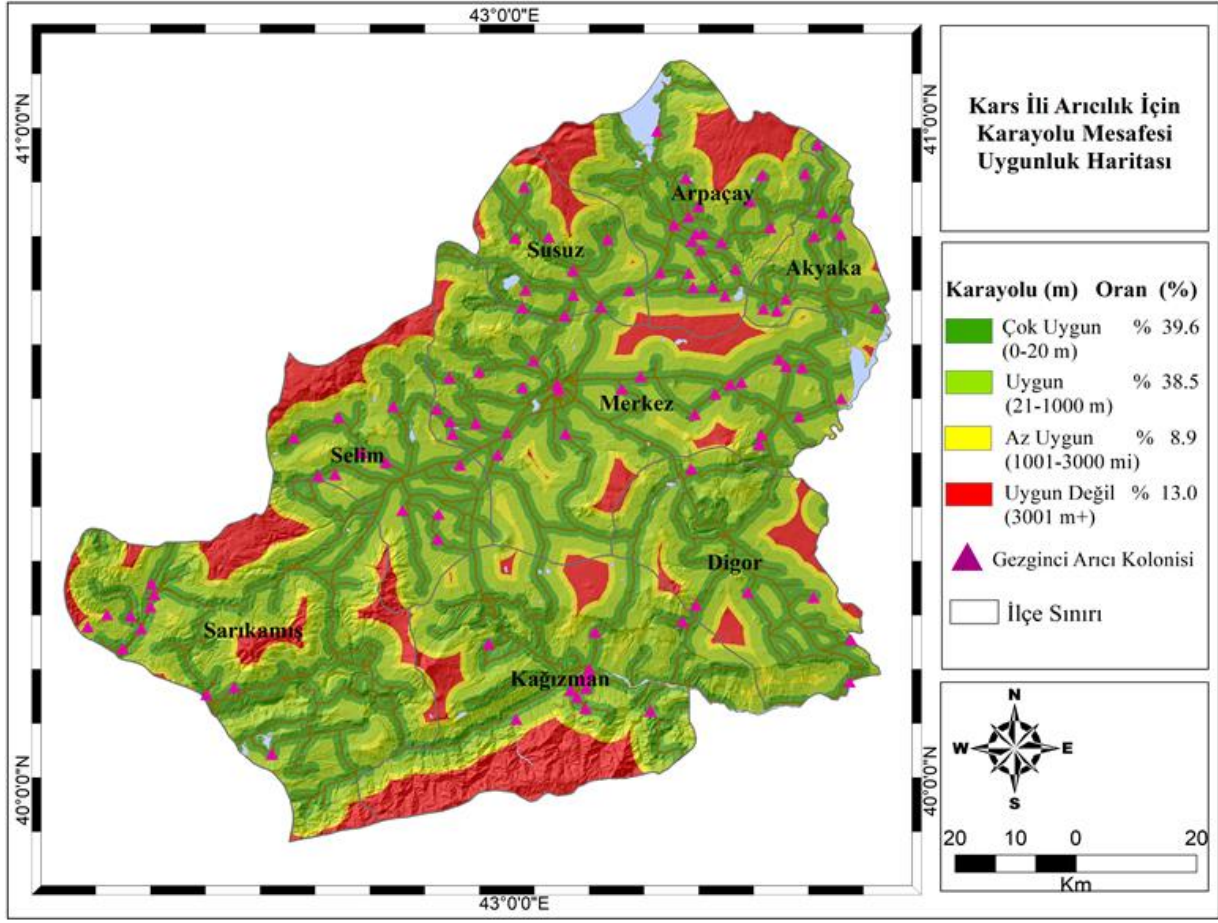
Arıların güvenli bir şekilde yaşam faaliyetlerini sürdürmeleri için arı kovanlarının mümkün olduğu kadar karayollarına uzak olması, arıcılık için gerekli lojistik ihtiyaçların sağlanması için ise arı kovanlarının ulaşılabilir alanlarda konumlandırılması gerekmektedir. Bu nedenle gezginci arıcılık yasal mevzuatına göre arı kovanları düşük araç yoğunluğuna sahip karayollarının 30 metre, araç yoğunluğu fazla karayollarının ise 200 metre uzağına konumlandırılmaları gerekmektedir (Arıcılık Yönetmeliği 2011).

Araştırma alanının önemli bölümünün topografik bakımdan düşük eğimli olması arıcılık faaliyetleri için önemli ulaşım imkânı sunmaktadır. İlde karayollarının % 45'ini oluşturan 685 km'si nispeten

yoğun trafiğe sahip devlet karayollarından oluşmakta olup çevreleri arıcılık faaliyetleri için tercih edilmemektedir. İldeki karayollarının %55'ini oluşturan 857 km'si ise oldukça düşük yoğunluklu trafiğe sahip kırsal yerleşimler arasında ulaşım için kullanılmakta olup yakın çevreleri arıcılık faaliyetleri için tercih edilebilmektedir. (KGM 2023), (Şekil 10).

Çalışmada, arıcılık üretimine etkisi bakımından karayolu ulaşım ağı mesafe faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar dikkate alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 78 'inin karayolu ulaşım ağı mesafesi bakımından arıcılık üretimine oldukça elverişli özellikler taşıyan 1. ve 2. arazi ağırlık sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4, Şekil 10).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE



Şekil 10: Araştırma Sahası Arıcılık İçin Ulaşım Ağı Elverişlilik Haritası (2023).

Figure 10: Transportation Network Availability Map for Research Site Beekeeping (2023).

Araştırma Kriterlerinin AHP Analizi

AHP algoritması, Arıcılık yer seçiminde de kullanılan en popüler ÇKKV yöntemlerinden biri olup matematik ve psikolojiye dayalı karmaşık karar verme problemlerini çözmek için yapılandırılmış bir tekniktir. (Saaty 1980),

Dört adımda gerçekleştirilebilen AHP algoritması uygulamasında sırayla;

Adım 1. Hiyerarşik bir yapı oluşturulur. Karar Probleminin hiyerarşik yapısının oluşturulması AHP'nin temelidir. Bu aşamada karar problemini tanımlayan ana kriterler ve alternatifler belirlenir.

Daha sonra araştırma problemi belirlenen amaca uygun şekilde kriterlere, alt kriterlere ve alternatiflere bölünür (Saaty, 2008).

Adım 2. İkili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Ana ve alt kriterlerin ikililer halinde karşılaştırılarak göreceli önemlerinin belirlenmesi amacıyla AHP'nin özü olarak kabul edilen ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Bu aşamada hiyerarşinin her kümesindeki öğeler karşılık gelen diğer grup üyeleriyle, göreceli önemlerinin belirlenmesi amacıyla birden dokuzda kadar değişen bir önem ölçüğü kullanılarak karşılaştırılır (Tablo 5).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo 4. Çalışma Kriterleri, Ağırlık Derece ve Sınıfları

Table 4. Working Criteria, Weight Degrees and Classes

Kriter	Kriter Faktörleri	Ağırlık Derecesi	Ağırlık Sınıfı
Eğim	0,0°-15°	1	Çok Uygun
	15,1° -30 °	2	Uygun
	30,1°-55,0°	3	Az Uygun
	55,1°+	4	Uygun Değil
Bakı	Düz, Güney, Güneybatı	1	Çok Uygun
	Batı	2	Uygun
	Doğu, Güneydoğu, Kuzeybatı	3	Az Uygun
	Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeydoğu	4	Uygun Değil
Sıcaklık	15,4 °C - 19,1 °C	1	Çok Uygun
	19,2 °C - 23,2 °C	2	Uygun
	23,3 °C - 27,1°C	3	Az Uygun
	27,2 °C - 28,1 °C	4	Uygun Değil
Rüzgâr	0,21 – 2,1 m/sn	1	Çok Uygun
	2.11 – 2,6 m/sn	2	Uygun
	2.61 – 3,3 m/sn	3	Az Uygun
	3,31 – 12 m/sn	4	Uygun Değil
Yağış	306 mm – 400 mm	4	Uygun Değil
	401 mm – 500 mm	3	Çok Uygun
	501 mm – 600 mm	2	Uygun
	601 mm - 887 mm	1	Az Uygun
Arazi Kullanımı	Doğal Çayırliklar,	1	Çok Uygun
	Geniş Yapraklı Orman, Çalılık, Meralar	2	Uygun
	Tarım Alanları, Seyrek Bitkili Alanlar	3	Az Uygun
	Çıplak Kayalık, Kumluk, Göl, Akarsu, Yrış	4	Uygun Değil
Tatlı Su Kaynakları Mesafesi	0-1000 m	1	Çok Uygun
	1001-2000 m	2	Uygun
	2001-3000 m	3	Az Uygun
	3001 m+	4	Uygun Değil
Karayolu Mesafesi	0-20 m	4	Uygun Değil
	21-1000 m	1	Çok Uygun
	1001-3000 m	2	Uygun
	3000 m +	3	Az Uygun

Tablo 5: AHP İkili Karşılaştırma Ölçeği

Table 5: AHP Scale Of Binary Comparison

	Tanım
1	Her iki faktörün eşit önemde olması durumu,
3	<i>i.</i> faktörün <i>j.</i> faktörden biraz daha önemli olması durumu,
5	<i>i.</i> faktörün <i>j.</i> faktörden fazla önemli olması durumu
7	<i>i.</i> faktörün <i>j.</i> faktöre göre çok güçlü bir öneme sahip olması durumu,
9	<i>i.</i> faktörün <i>j.</i> faktöre göre aşırı derecede önemli olması durumu,
2,4,6,8	Ara değerler.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Adım 3. İkili karşılaştırma matrisi satır ve sütunları normalize edilir. Bu aşamada matrisin sütunlarında bulunan elemanlar, sütunların toplamına bölünerek her bir sütunun toplamı 1 olacak şekilde normalize edilirler.

Adım 4. İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı hesaplanır. Bu aşamanın amacı karar vericinin ikili karşılaştırmalardaki tercihlerinin tutarlılığının belirlenmesidir. Saaty (2008), tutarlılık oranının hesaplanmasında, $CR = \frac{CI}{RI}$ formülünün kullanımını önermektedir. Bu aşamada tutarlılık oranının *CR* 0.10 değerini aşmaması gerekir. Bu değer aşılması karar vericinin tutarsızlığını göstermekte olup bu durumda yapılan ikili karşılaştırmaların tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Saaty (2008), tutarlılık indeksinin hesaplanması için ise; $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$ formülünün kullanımını önermektedir.

AHP, coğrafi bilgi sistemleri yazılımlarıyla entegre şekilde yapılan araştırmalarda kullanılan mevcut en gelişmiş yöntemlerin başında gelmektedir. Buna rağmen, yüksek düzeyde aritmetik işlem gerektirmesi ve öz vektör kavramına dayanması nedeniyle AHP ile ilgili hesaplamaların Microsoft Excel, Google Sheets vb. tabanlı elektronik tablolar programlarında yapılmasını gerektirmektedir. Buna rağmen bu programların kullanım karmaşıklığı ve AHP yönteminin işlem basamaklarında bulunan hata yapmaya açık formüllerin varlığı da uygulamayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle aritmetik yoğun kısmı otomatikleştiren ve kullanıcıların, basit bir veri toplama metodolojisini izleyerek sonuca ulaşmalarını sağlayan ve çoğu internet üzerinden de kullanıma açık yazılım araçları oluşturulmuştur. (Prachi, 2021). Bu çalışmada, bu nedenle kriterlerin AHP ağırlıklarının, sıralarının ve tutarlılık oranlarının hesaplanmasını için Goepel (2018), tarafından geliştirilen web tabanlı çevrimiçi (AHP-OS) sistemi kullanılmıştır.

Araştırma temel amacı ve literatürdeki mevcut araştırma sonuçları baz alınarak belirlenen, eğim, baki, sıcaklık, rüzgar, yağış, arazi kullanımı, su kaynakları mesafesi ve ulaşım ağı kriterlerinin ikili karşılaştırmaları için Saaty (2008), tarafından geliştirilmiş 9 önem derecesine göre 28 ikili karşılaştırma yapılabilen AHP ön karar anketi hazırlanmıştır. Bu ön anket, Goepel (2018), tarafından geliştirilen web tabanlı çevrimiçi (AHP-OS) sistemi kullanılarak Kars Tarım İl Müdürlüğü gezginci arıcılık komisyonunda görevli 3 karar verici ziraat mühendisi ile Kars İli Arı Yetiştiricileri Birliği

üyeleri 6 arıcıdan oluşan toplam 9 uzmana uygulanmıştır. Bu ön anketlerin geometrik ortalamalarının alınmasıyla araştırmanın ikili karşılaştırma sonuç matrisi oluşturulmuştur. Bu matris kullanılarak yapılan AHP ikili karşılaştırmaları sonucunda araştırma kriterlerinin ağırlıkları ve tutarlılıkları hesaplanmıştır (Tablo 6; Şekil 11).

	A - wrt AHP priorities - or B?	Equal	How much more?
1	<input checked="" type="radio"/> Arazi Eğimi	<input type="radio"/> Arazi Güneş Bakışı Yönü	1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
2	<input type="radio"/> Arazi Eğimi	<input checked="" type="radio"/> Sıcaklık	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
3	<input type="radio"/> Arazi Eğimi	<input checked="" type="radio"/> Rüzgar Hızı	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
4	<input type="radio"/> Arazi Eğimi	<input checked="" type="radio"/> Yağış	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
5	<input type="radio"/> Arazi Eğimi	<input checked="" type="radio"/> Arazi Örtüsü ve Kullanımı	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
6	<input checked="" type="radio"/> Arazi Eğimi	<input type="radio"/> Hidrografik Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
7	<input checked="" type="radio"/> Arazi Eğimi	<input checked="" type="radio"/> Karayollarına Olan Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
8	<input type="radio"/> Arazi Güneş Bakışı Yönü	<input checked="" type="radio"/> Sıcaklık	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
9	<input type="radio"/> Arazi Güneş Bakışı Yönü	<input checked="" type="radio"/> Rüzgar Hızı	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
10	<input type="radio"/> Arazi Güneş Bakışı Yönü	<input checked="" type="radio"/> Yağış	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
11	<input type="radio"/> Arazi Güneş Bakışı Yönü	<input checked="" type="radio"/> Arazi Örtüsü ve Kullanımı	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
12	<input checked="" type="radio"/> Arazi Güneş Bakışı Yönü	<input type="radio"/> Hidrografik Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
13	<input type="radio"/> Arazi Güneş Bakışı Yönü	<input checked="" type="radio"/> Karayollarına Olan Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
14	<input checked="" type="radio"/> Sıcaklık	<input type="radio"/> Rüzgar Hızı	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
15	<input checked="" type="radio"/> Sıcaklık	<input checked="" type="radio"/> Yağış	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
16	<input checked="" type="radio"/> Sıcaklık	<input checked="" type="radio"/> Arazi Örtüsü ve Kullanımı	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
17	<input checked="" type="radio"/> Sıcaklık	<input type="radio"/> Hidrografik Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
18	<input checked="" type="radio"/> Sıcaklık	<input type="radio"/> Karayollarına Olan Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
19	<input checked="" type="radio"/> Rüzgar Hızı	<input type="radio"/> Yağış	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
20	<input type="radio"/> Rüzgar Hızı	<input checked="" type="radio"/> Arazi Örtüsü ve Kullanımı	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
21	<input checked="" type="radio"/> Rüzgar Hızı	<input type="radio"/> Hidrografik Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
22	<input checked="" type="radio"/> Rüzgar Hızı	<input type="radio"/> Karayollarına Olan Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
23	<input type="radio"/> Yağış	<input checked="" type="radio"/> Arazi Örtüsü ve Kullanımı	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
24	<input type="radio"/> Yağış	<input type="radio"/> Hidrografik Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
25	<input type="radio"/> Yağış	<input type="radio"/> Karayollarına Olan Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
26	<input checked="" type="radio"/> Arazi Örtüsü ve Kullanımı	<input type="radio"/> Hidrografik Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
27	<input checked="" type="radio"/> Arazi Örtüsü ve Kullanımı	<input type="radio"/> Karayollarına Olan Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9
28	<input type="radio"/> Hidrografik Mesafe	<input checked="" type="radio"/> Karayollarına Olan Mesafe	0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9

CR = 7.3% OK

Şekil 11: AHP İkili Karşılaştırma Sonuç Anketi.

Figure 11: AHP Pairwise Comparison Outcome Survey.

Araştırma için belirlenmiş olan kriterler arasında 28 ikili karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmaların AHP ikili karşılaştırma tutarlılık oranı nicel araştırmalar için kriter kabul edilen CR 0.1 genel tutarlılık oranının altında CR = 0,70 olarak belirlenmiştir (Tablo 6).

Çalışma kriterleri için yapılan AHP ikili karşılaştırmalarda en küçük (0,11) ve en büyük (0,025) standart sapma değerleri arası genlik 0,25, ortalama standart sapma 0,057 olarak belirlenmiş olup 0.1 baz tutarlılık değerinin altındadır (Tablo 6).

Araştırmada kriterleri arasında en yüksek standart sapma değeri 0.26 ile en büyük kriter ağırlık değerine sahip olan arazi örtüsü ve kullanımına, en küçük standart sapma değeri ise 0.008 ile en küçük kriter ağırlık değerine sahip olan güneş bakışı için belirlenmiştir (Tablo 7).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo 6. Çalışma Kriterleri İkili Karşılaştırma Matrisi.

Table 6. Study Criteria Pairwise Comparison Matrix.

Sıra	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	0.25	0.20	0.50	0.14	4.00	1.00
2	1.00	1	0.14	0.20	0.33	0.12	1.00	0.50
3	4.00	7.00	1	1	2.00	0.17	5.00	6.00
4	5.00	5.00	1.00	1	1.00	0.17	7.00	5.00
5	2.00	3.00	0.50	1.00	1	0.14	5.00	4.00
6	7.00	8.00	6.00	6.00	7.00	1	9.00	8.00
7	0.25	1.00	0.20	0.14	0.20	0.11	1	0.20
8	1.00	2.00	0.17	0.20	0.25	0.12	5.00	1

Araştırma sahası için yapılan AHP analizleri neticesinde; arazi örtüsü ve kullanım durumu uygunluk kriterinin, % 46.4 ile en yüksek, Tatlı su kaynakları mesafesi kriterinin ise % 2.2 ile en düşük ağırlığa sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 7).

Çalışmanın veri analiz aşamasında, araştırma kriterlerinin ağırlık değerlerinin belirlenmesi

amacıyla AHP ikili karşılaştırmaları sonucunda belirlenen kriter ağırlık değerlerinin kullanılmasıyla CBS yazılımı üzerinde bindirme analizi yapılmıştır. Bu analizde Çok uygun alanlar “1” uygun alanlar için “2” az uygun alalar için “3” uygun olamayan alanlar için “4” önem sınıf kodu kullanılmış böylece araştırma sahasında arıcılık potansiyeli taşıyan alanlar haritalandırılarak tespit edilmiştir.

Tablo 7 Çalışma kriterlerinin öncelik ağırlıkları sıralaması.

Table 7. Order of priority weights of study criteria.

Sıra	Kriter	Öncelik Ağırlığı	Sıralama	+/-
6	Arazi Örtüsü ve Kullanım	46.4%	1	0,026
3	Sıcaklık	15.4%	2	0,056
4	Rüzgâr	14.1%	3	0,047
5	Yağış	9.8%	4	0,036
8	Karayolu Ulaşım Ağı Mesafesi	4.6%	5	0,027
1	Arazi Eğimi	4.5%	6	0,014
2	Güneş Bakısı	3.0%	7	0,011
7	Tatlı Su Kaynakları Mesafesi	2.2%	8	0,012

BULGULAR

Çalışma analizleri sonucunda arıcılık üretimi için 5,116 km² elverişli potansiyele sahip arazi tespit edilmiştir bu araziler il toplam yüzey alanının % 50.3'ünü oluşturmaktadır (Şekil 12; Tablo 8).

Kars ilinin 10,193 km² olan yüzey alanının arıcılık bakımından % 6,7'sini oluşturan 683 km²'si “çok uygun”, % 44'ün oluşturan 4432 km²'si “uygun”, % 49'unu oluşturan 4984 km²'si ise “az uygun”, arazilerden oluşmaktadır (Şekil 12; Tablo 8).

Araştırma analizleri sonucunda belirlenen alanlar mevcut arıcılık yapılan alanlarla büyük oranda örtüşmektedir. Örtüşme oranı “çok uygun” arazilerde % 11, “uygun” arazilerde % 60, “az uygun” arazilerde % 28, “uygun olmayan” arazilerde % 0 olarak belirlenmiştir (Şekil 12; Tablo 8).

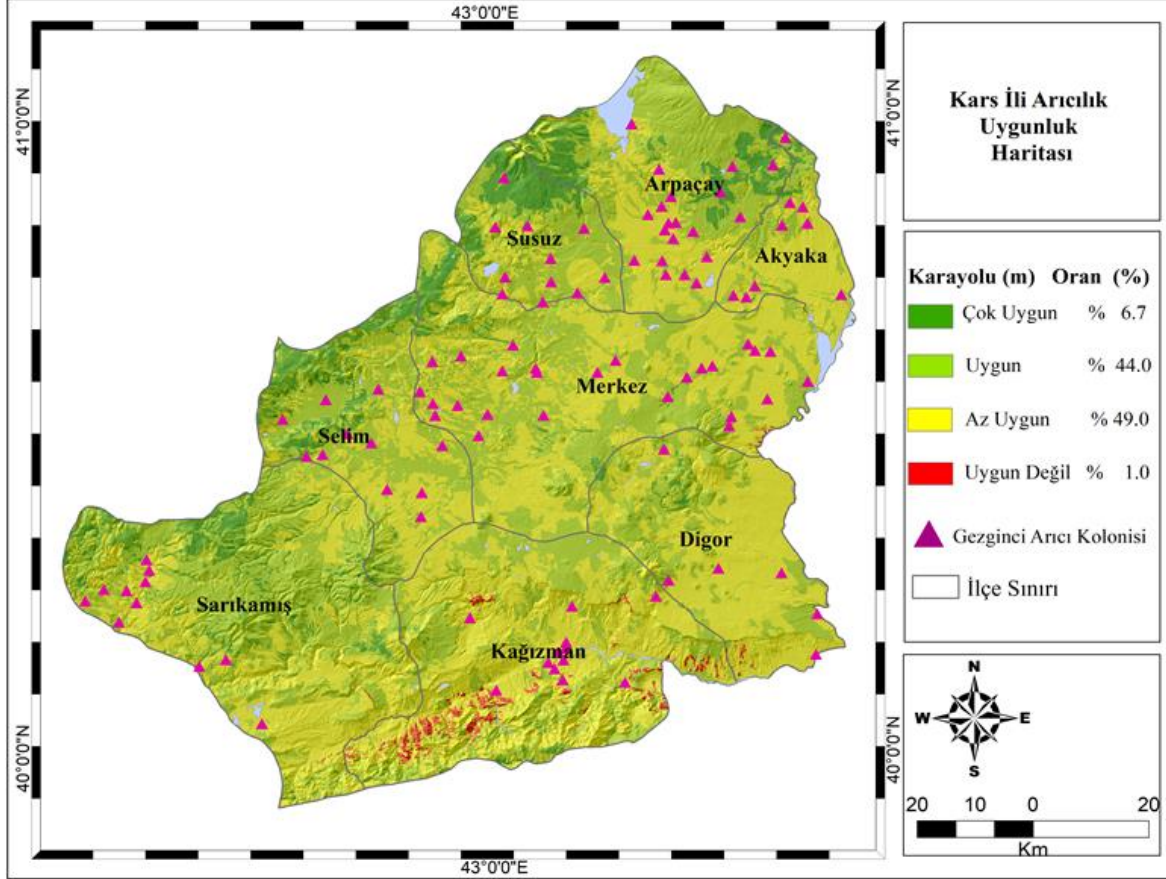
Kars ilinde arıcılık üretimi için elverişli araziler nispeten yüksek irtifaya sahip Sarıkamış, Selim, Susuz ve Merkez ilçelerinde yoğunlaşmaktadır. İlde arıcılık üretimine en elverişsiz koşullar ise Kağızman

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

ve Digor ilçeleri kırsal yerleşimlerinin yer aldığı Aras Vadisinde bulunmaktadır (Şekil 12).

Kars ili arazisinin büyük kısmının arıcılık faaliyetleri için önemli kaynak sağlayan alpin çayırlar ve yem

bitkisi tarımı yapılan arazilerden oluşması nedeniyle arıcılık faaliyetleri elverişli koşullara sahip toplam alan miktarı önemli oranda yüksek çıkmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12: Çalışma Sonuçları Dağılımı (2023).

Figure 12: Study Results Distribution (2023).

Tablo 8 Çalışma Sahası Arıcılık İçin Uygunluk ve Örtüşme Oranları Dağılımı.

Table 8. Distribution of Suitability and Overlap Rates for Beekeeping in the Study Area.

	Arazi Yüzölçümü (km ²)	Arazi Oranı (%)	Gezginci Arı Kolonisi	Örtüşme Oranı (%)
Çok Uygun	687	6,7	12	11,3
Uygun	4432	44	64	60,4
Az Uygun	4984	49	30	28,3
Uygun Değil	91	0,3	0	0
Toplam	10,193	100	106	100

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

TARTIŞMA

Kars ilinde arıcılık faaliyetleri için uygun potansiyele sahip alanların tespiti amacıyla gerçekleştirilen araştırmada belirlenen alanlar, aktif olarak mevcut arıcılık yapılan alanlarla %99,7 oranında örtüşmektedir. Farklı yersel özelliklere sahip farklı lokasyonlar için çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak yapılan literatürdeki diğer araştırmalarda da buna rağmen oldukça benzer sonuçlar elde edilmiştir. Örtüşme oranı Maris vd. (2009), tarafından AHP yöntemiyle Selangor, Malezya için %90, Sarı vd. (2020a), tarafından AHP yöntemiyle Konya, Türkiye için % 82, VIKOR yöntemiyle % 88, TOPSIS yöntemiyle % 91, Sarı vd. (2020b), tarafından PROMETHEE yöntemiyle Konya, Türkiye için %76,56, Elmastaş, vd. (2022), tarafından AHP yöntemiyle Adıyaman, Türkiye için % 74 olarak belirlenmiştir. Bu durum mevcut araştırmadan elde edilen örtüşme oranının oldukça yüksek olduğunu göstermekte olup büyük oranda araştırma alanının yersel özelliklerinin homojen dağılımından kaynaklanmaktadır.

Kars ilinde arıcılık faaliyetleri için uygun potansiyele sahip alanların tespiti amacıyla gerçekleştirilen araştırmada Arazi Örtüsü ve Klimatik kriterlerin toplam ağırlığı %86 olarak belirlenmiştir. Aynı kriterlerin ağırlığı farklı özelliklere sahip Sarı ve Ceylan. (2017), tarafından Konya Türkiye için yapılan çalışmada %70, Yaman ve Yaman (2023), tarafından Bolu, Türkiye için yapılan çalışmada % 64, Maris vd. (2009), tarafından Selangor, Malezya için yapılan araştırmada % 79, Sarı vd. (2020a), tarafından Konya, Türkiye için yapılan araştırmada % 81, Elmastaş, vd. (2022), tarafından Adıyaman, Türkiye için yapılan çalışmada % 61, Mercan, (2022), tarafından Bitlis, Türkiye için yapılan çalışmada ise % 71 olarak belirlenmiştir. Bu durum mevcut araştırma için belirlenen kriter ağırlıklarının güvenilirlik ve geçerliliğinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

Araştırma analizleri sonucunda il genelinde arıcılık üretimi için gezginci arıcı kolonileri tarafından en çok tercih edilen ve kullanılan araziler “çok uygun” arazi sınıfı yerine büyük oranda “uygun” arazi sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Bu durum büyük oranda arıcılık için önemli kaynak oluşturan zengin çiçekli alpin çayırlarının ve yem bitkisi ekimi yapılan arazilerin “uygun” sınıfında yer alması yanında bu arazilerin ulaşım bakımından elverişli koşullar sağlamasından kaynaklanmaktadır.

Araştırma analizleri sonucunda arıcılık üretimi için

en uygun alanların ilin batısında, kuzeydoğu güneybatı doğrultusunda uzanan Allahuekber Dağları ve Çıldır Gölü doğusundaki Akbaba Dağı üzerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Buna rağmen bu alanlarda konaklayan gezginci arıcı kolonisi miktarı oldukça düşük olup bu durum, bu alanlardaki yüksek irtifanın iklimik koşulları olumsuz etkileyerek arıcılık sezonunu oldukça kısaltması yanında arı kolonilerinin sahaya erişmesini kısıtlayan elverişsiz ulaşım koşullarından kaynaklanmaktadır.

Kars ilinde Kağızman ilçesi gerek arılı kovan varlığı gerekse arıcılık ürünleri üretiminde ilk sırada yer almasına rağmen (Demir, 2014) araştırmada baz alınan temel arıcılık kriterleri bakımından elverişsiz bir alan olarak görülmektedir. Bu uyumsuzluk Kağızman'ın da içinde bulunduğu Aras vadisinin erken ısınması ve bu olumsuz duruma bağlı olarak arı üreticilerinin kovanlarını il içinde daha elverişli koşullara sahip yüksek irtifalı alanlara taşımasından kaynaklanmaktadır. Ortaya çıkan bu sonuç araştırma da belirlenen sonuçlarla örtüşmekte olup araştırmanın güvenilirlik ve geçerliliğini göstermektedir.

Araştırma analizleri sonucunda arazi örtüsü ve arazi kullanım durumu ve iklimik ana kriterlerinin ağırlığı, araştırma toplam kriter ağırlığının %86,7'sini oluştururken literatürde daha önceden yapılmış çalışmalarda elde edilen kriter ağırlıklarıyla benzerlik göstermektedir.

Arıcılık üretim için temel üretim girdisi ve besin kaynağını oluşturan bitkisel varlığın tespitine yönelik olarak CORİNE arazi örtüsü ve arazi kullanım sisteminden elde edilen düşük hassasiyete sahip veriler kullanılmıştır. İldeki arıcılık için temel kaynak durumundaki bitki örtüsünün taşıdığı üretim potansiyelinin daha hassas ve tam olarak belirlenmesi için yerinde yapılacak saha çalışmalarıyla bitki fenolojik haritaların oluşturulmasının daha sağlıklı sonuçlar vereceği değerlendirilmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı: Araştırma tek yazar tarafından yapılmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı: Araştırmada herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik Beyanı: Bu araştırma için etik belgesi gerekli değildir.

Finans Kaynağı: Araştırma Kafkas Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

tarafından bir araştırma projesi olarak desteklenmektedir. (2023-SB-82).

Veri Kullanılabilirliği: Mevcut çalışma sırasında kullanılan ve/veya analiz edilen tüm veriler ve materyaller bu yazıda mevcut olup akademik etik kurallarına uygun bir şekilde verilmiştir. Mevcut çalışmada kullanılan veriler ilgili yazardan temin edilebilir.

KAYNAKLAR

- Abou-Shaara HF, Al-Ghamdi A, Mohamed A. suitability map for keeping honey bees under harsh environmental conditions using geographical information system. *Arabia Saudita. World Appl. Sci. J*, 2013; 22.8: 1099-1105, <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.22.08.7384>.
- Abou-Shaara, HF. Suitability of current and future conditions to apiculture in Egypt using Geographical Information System. *Journal of Agricultural Informatics*, 2015; 6 (2): 12-22, <https://doi.org/10.17700/jai.2015.6.2.189>.
- Açık, M. S. Konya, Karaman, Aksaray ve Niğde illerinde uygun arıcılık yerlerinin belirlenmesinde AHP ve TOPSİS yöntemlerinin incelenmesi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora tezi, Konya 2019, (erişim tarihi 29.10.2023) <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSoRguSonucYeni.jsp>.
- Amiri F, Shariff AB, Arekhi S. An approach for rangeland suitability analysis to apiculture planning in Gharah Aghach region, Isfahan-Iran. *World Applied Sciences Journal*, 2011;12(7):962-72 <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:16854213>.
- Amiri F, Shariff A. Application of geographic information systems in land-use suitability evaluation for beekeeping: A case study of Vahregan watershed (Iran). *African Journal of Agricultural Research*. 2012; 7(1): 89-97, <https://doi.org/10.5897/AJAR10.1037>.
- Akın, M, Ş; Yilanci, A. Kırsal kalkınma için aracılığın önemi: Refahiye örneği. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2022; 9.19: 33-48. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/izusbd>.
- Arıcılık Yönetmeliği, 2011. T.C. Resmi Gazete Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu, 5996 sayılı 1/6/2010 Ankara <https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/gkkgm/2010-33.pdf> (erişim tarihi: 29.09.2023).
- ASF, Alos Palsar <https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=6.812¢er=41.223,38.571&polygon> adresinden (Erişim tarihi: 29.10.2023).
- Ceylan DA, Sarı F. Konya İli İçin Çok Ölçütlü Karar Analizleri ile En Uygun Arıcılık Yerlerinin Belirlenmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2017;17(2):59-71, <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.373637>
- COPERNICUS, CORINE <https://land.copernicus.eu/paneuropean/CORINE-land-cover> 2018.(Erişim; 6. 6. 2023).
- Demir, M. Kars İlinin arıcılık potansiyeli ve değerlendirme durumu. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 2014; 19.32: 209-230. <https://doi.org/10.17295/dcd.34740>.
- Demir, M. Kars İlinin Nüfus Gelişimi ve Başlıca Demografik Özellikleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 2015; 20.34: 127-156. <https://doi.org/10.17295/dcd.76933>.
- Demir, M. CORINE Sistemine Göre Kars İlinde Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı, Değişimi ve Projeksiyonu. *Coğrafya Dergisi*, 2021; 43: 93-110. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2021-887753>.
- DMİGM 2022. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KARS> adresinden (erişim tarihi: 29. 10. 2023).
- Elmastaş N, Ölmez İ, Vural E. Suitability Analysis of Apiculture (Beekeeping) Activity Areas with Multi-Criteria Method: A Case Study of Adıyaman. *Coğrafya Dergisi*. 2022; (44): 19-30, <https://doi.org/10.26650/JGEOG2022-894419>.
- Estoque RC, Murayama Y. Suitability analysis for beekeeping sites in La Union, Philippnes Using GIS and Multi-Criteria Evaluation Techniques. *Research Journal of Applied Sciences*. 2010; 5(3): 242-253. <https://doi.org/10.3923/rjasci.2010.242.253>.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Fernandez P, Roque N, & Anjos O. Spatial multicriteria decision analysis to potential beekeeping assessment. Case study: Montesinho Natural Park (Portugal). 19th AGILE International Conference on Geographic Information Science-Geospatial Data in a Changing World, HelsinkiFinlandiya, Book of Proceedings, 14-17 June 2016.
- Fick SE, Hijmans R.J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*. 2017; 37(12):4302-4315, <https://doi.org/10.1002/joc.5086>.
- Goepel, K.D. Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 2018; Vol. 10 Issue 3 2018, pp 469-483. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590>.
- Googlemaps. <https://www.google.com/maps> 2021; (Erişim Tarihi 29. 10. 2023)
- Gorgi, M; Piri S, Hosein; N, S. Potential analysis of beekeeping land use development using Analytical Hierarchy Process (Case study: Tamin rangelands–Mirjaveh city). *Geography and Development*, 2019; 17.55: 237-256. <https://doi.org/10.22111/GDIJ.2019.4586>
- HGM 2023. Harita Genel Müdürlüğü. <https://www.harita.gov.tr/urun/il-ve-ilce-yuz-olcumleri/176> (erişim tarihi: 29. 10. 2023).
- KGM 2023. Karayolları Genel Müdürlüğü. <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/18Bolge/YolAgi.aspx> (erişim tarihi: 29. 10. 2023).
- Maris, N., Mansor, S., Shafri, H., Apicultural Site Zonation Using GIS and Multi-Criteria Decision Analysis. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 2008; 31(2), 147-162.
- Mercan Ç. Coğrafi bilgi sistemi ve ahp ile arıcılık faaliyet alanları için arazi uygunluk değerlendirmesi: Bitlis/Türkiye örneği *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2023,23(1):61-77. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.1245078>.
- OpenStreetMap Map of Kars Province 2022. <https://www.openstreetmap.org/#map=9/40.4908/42.6736> (erişim tarihi: 29. 10. 2023).
- Pantoja, G., Gómez, M., Contreras, C., Grimau, L., & Montenegro, G. Determination of suitable zones for apitourism using multi-criteria evaluation in geographic information systems: a case study in the O'Higgins Region, Chile. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 2017; 44(2), 139-153. <http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v44i2.1712>
- Saaty, T.L. *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill. Pittsburgh: RWS Publications 1980; ISBN: 0070543712, 9780070543713
- Saaty, T.L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *Interfaces*, 1994; 24(6), 19–43. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/25061950>.
- Saaty, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 2008; 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSci.2008.01759>.
- Sarı, F. Ceylan, DA, Özcan, MM Arıcılık uygunluğunun belirlenmesinde çok kriterli karar analiz tekniklerinin karşılaştırılması. *Apidologie* 2020a; 51, (481–498) <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00736-7>.
- Sarı F, Kandemir İ, Ceylan D.A, Gül A. Using AHP and PROMETHEE multi-criteria decision making methods to define suitable apiary locations. *Journal of Apicultural Research*.2020b; 59(4): 546-557. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020b.1718341>.
- Sarı, F, & Kandemir, I. A Geographic approach for determining honey bee conservation areas for sustainable ecosystem services. *Arabian Journal of Geosciences*, 2022; 15, 731. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10017-5>.
- Taherdoost, H., & Madanchian, M. Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, 2023; 3(1), 77-87. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>
- Tarım ve Orman Bakanlığı 2022. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/aricilik/Lin k/2/Arıcılık-Istatistikleri> (erişim tarihi: 29. 10. 2023).
- Tennakoon, S, Apan, A, Maraseni, T, Altarez R.D. Decoding the impacts of space and time on honey bees: GIS based fuzzy AHP and fuzzy

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

overlay to assess land suitability for apiary sites in Queensland, Australia. *Applied Geography*, 2023; 155: 102951. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.102951>.

Tunçel, H. Türkiye'de (1966-1986 yılları arasında) arıcılığa genel bir bakış. *Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 1992; 1, 97-126.

TÜİK 2023. Türkiye İstatistik Kurumu

<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri> (erişim tarihi: 29. 10. 2023).

Widiatmaka., Ambarwulan W, Sjamsudin CE, Syaufina L. Geographic information system and analytical hierarchy process for land use planning of beekeeping in forest margin of Bogor Regency, Indonesia. *Jurnal Silviculture Tropika*. 2016; 7(3): s50-S57, <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.7.3>.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

INVESTIGATION OF HEAVY METAL LEVELS OF BEESWAX IN BEE APIARIES IN ÇANKIRI

Çankırı'da Arı İşletmelerindeki Peteklerin Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması

Pınar PORTAKAL^a, Mustafa ÇİLTEPE^b

¹Department of Field Crops, Food and Agriculture Vocational School, Çankiri Karatekin University, Çankırı, TÜRKİYE, Corresponding author / Yazışma yazarı: pinarportakal@karatekin.edu.tr, ^aORCID No: 0000-0002-5994-5872; ^bORCID No: 0009-0003-7013-1305

Geliş Tarihi / Received: 05.11.2023

Kabul Tarihi / Accepted: 20.03.2024

DOI: 10.31467/uluaricilik.1386309

ABSTRACT

A total of 25 samples of beeswax (9 from the southern and 16 from the northern of Çankırı) were collected within the scope of this study. Heavy metal contents of these samples were analyzed by using inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP-MS). The mean iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu), manganese (Mn), lead (Pb), aluminum (Al), chromium (Cr), vanadium (V), cadmium (Cd), selenium (Se) levels in the samples were found to be 36.28 ppm, 1.69 ppm, 1.65 ppm, 1.14 ppm, 0.78 ppm, 0.68 ppm, 0.30 ppm, 0.13 ppm, 0.06 ppm, 0.01 ppm, respectively. Comparing the northern and southern regions, only Cd (1.10 ppm) was found to be higher in the southern region, whereas the other heavy metals were found to be higher in the northern region. No statistical difference was found between mean Fe, Pb, Zn, Al, Cr, V, and Se levels in the wax samples obtained from the northern and southern regions, whereas a statistically significant difference was found in Mn, Cu, and Cd concentrations. As a result, the heavy metal concentration in beeswax varied between the regions. Except for Cd element, all values were higher in the northern region of Çankırı and this region that is close to the highway with heavy traffic should be evaluated in terms of beekeeping.

Keywords: Beeswax, Heavy Metal, ICP-MS

ÖZ

Bu çalışma kapsamında Çankırı'nın güneyinden 9 ve kuzeyinden 16 olmak üzere toplam 25 örnek alınmıştır. Bu örneklerin ağır metal içerikleri indüktif eşleşmiş plazma kütle spektroskopisi (ICP-MS) kullanılarak analiz edilmiştir. Örneklerdeki ortalama demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn), kurşun (Pb), alüminyum (Al), krom (Cr), vanadyum (V), kadmiyum (Cd), selenyum (Se) değerleri sırasıyla 36,28 ppm, 1,69 ppm, 1,65 ppm, 1,14 ppm, 0,78 ppm, 0,68 ppm, 0,30 ppm, 0,13 ppm, 0,06 ppm, 0,01 ppm'dir. Kuzey ve güney bölgeleri arasında sadece Cd (1.10 ppm) güney bölgesinde yüksek bulunurken, diğer ağır metaller kuzey bölgesinde yüksek bulunmuştur. Çalışmada, kuzey ve güney bölgelerinden alınan balmumu örneklerindeki Fe, Pb, Zn, Al, Cr, V ve Se ortalamaları arasında istatistiksel bir fark bulunmazken, Mn, Cu ve Cd konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Sonuç olarak, arı ürünlerinden biri olan balmumundaki ağır metal konsantrasyonu bölgelere göre değişiklik göstermiştir. Cd elementi hariç tüm değerler Çankırı'nın kuzey bölgesinde daha yüksek olup, trafiğin yoğun olduğu karayoluna yakın olan bu bölgenin arıcılık açısından değerlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Balmumu, Ağır Metal, ICP-MS

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Amaç: Balmumu, arılar tarafından karınlarındaki bezlerden salgılanan bir maddedir. Arılar tarafından kovanlarında petek yapısını inşa etmek ve bal içeren hücreleri veya gelişmekte olan arıları mühürlemek için kullanılır. Doğal ve yenilenebilir bir kaynak olması açısından önemlidir ve kullanımı kültürel, tarihi ve çevresel öneme sahiptir. Geniş bir uygulama alanına sahiptir. Balmumunun lipit bazlı bileşimi, çevreden çok çeşitli maddeleri emmesini ve biriktirmesini sağlayarak onu kirlilik seviyelerini değerlendirmek için yararlı bir araç haline getirir. Balmumu petekleri, özellikle metallerin ve pestisitlerin varlığı olmak üzere çevre kirliliğinin biyoindikatörleri olarak kullanılmıştır. Araştırmacılar peteklerdeki bu kirliticilerin seviyelerini analiz ederek, arıların yiyecek aradıkları ve kovanlarını inşa ettikleri alanın çevresel kalitesi hakkında bilgi edinebilirler. Peteklerdeki kirlitici seviyelerinin izlenmesi, belirli bir alandaki kirliliğin boyutu ve bunun ekosistem ve insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkisinin yanı sıra arı popülasyonlarının sağlığı ve refahı hakkında da bilgi sağlayabilir. Endüstriyel alanlar ve araç trafiği nedeniyle havaya ve çevreye Al, Ca, Cu, Fe, Pb, Mg, Si, Zn, Ba, Cd, Ni, Pd, Pt gibi ağır metaller yayılabildiği gibi özellikle yoğun araç trafiği nedeniyle sularda arı ve arı ürünlerini kirlitebilecek ağır metaller de bulunabilmektedir. Yapılan literatür taramasında Çankırı'da üretilen balmumunun ağır metal düzeyleri ile ilgili bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, 2022 Hava Kirliliği raporuna göre ulusal mevzuat limitlerinin altında olan Çankırı ilindeki 25 işletmeden alınan balmumlarındaki ağır metal seviyelerini belirlemektir (Şekil 1).

Gereç ve Yöntem: Arıların yaklaşık 3 km yarıçaplı bir alanda yoğun olarak uçtukları ve bu nedenle arıların ve arı ürünlerinin çevresel kirliliğinin belirlenmesinde biyoindikatör olarak kullanılabilmesi bildirilmiştir. Bu amaçla Çankırı Arı Yetiştiricileri Birliği'nin yardımıyla basit rastgele örnekleme yöntemiyle belirlenen 25 farklı arı işletmesinden balmumu örnekleri alınmıştır. Çankırı'nın güney ve kuzey kesimlerini temsilen alınan örneklerde işletmelerin konumları ve trafik yoğunluğunun en fazla olduğu D-765, D-180, E-80 karayollarına olan uzaklıkları dikkate alınmış ve analiz sonuçları buna göre değerlendirilmiştir (Tablo 1). Örnekler (ICP-MS) kullanılarak analiz edilmiştir.

Bulgular ve sonuç: Bu çalışmada analiz edilen balmumu örneklerinde bulunan ağır metallerin en

düşük, en yüksek, ortalama miktarları ve standart sapmaları Tablo 4'te verilmiştir. Analiz edilen toplam 25 balmumu örneğinde en fazla bulunan ağır metallerin Fe, Pb, Mn, Zn, Cu, Al, Cr, Cd, V, Se olduğu tespit edilmiştir. İncelenen balmumundaki ağır metallerin bölgesel konsantrasyonlarını karşılaştırmak için bağımsız örneklem t-testi yapılmıştır. Çalışmada kuzey ve güney bölgelerdeki Mn, Cu ve Cd konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. İncelenen diğer tüm ağır metallerin konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir (Tablo 5). Kuzey ve güney bölgeleri arasında sadece Cd (1.10 ppm) güney bölgesinde yüksek bulunurken, diğer ağır metaller kuzey bölgesinde yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, arı ürünlerinden biri olan balmumundaki ağır metal konsantrasyonu bölgelere göre değişiklik göstermiştir. Cd elementi hariç tüm değerler Çankırı'nın kuzey bölgesinde daha yüksek olup, trafiğin yoğun olduğu karayoluna yakın olan bu bölgenin arıcılık açısından değerlendirilmesi gerekmektedir.

INTRODUCTION

Beeswax is a substance secreted by bees from glands located in their abdomen. It is used by bees to build honeycomb structures in their hives and to seal cells containing honey or rearing broods (Samarghandian et al. 2017). It consists of high fatty acid esters, hydrocarbons, alcohols, and proteins and contains trace amounts of minor components such as pigments, vitamins, and minerals (Fratini, et al. 2016). It is important because it is a natural and renewable resource and its use has cultural, historical, and environmental importance. It has a wide range of applications. It is mainly used in the beekeeping industry to make the foundation for combs, as well as in lip balms, lotions, creams, and other cosmetic products thanks to its moisturizing and protective qualities. It has been used historically in some traditional medicines and ointments. Beeswax can be used to protect wood since it provides a natural and non-toxic alternative to commercial wood finishes. Sometimes it is used in food preparation, such as in the process of making cheese, as a coating on certain types of products, and even in the production of mead (honey wine). Beeswax coatings serve as an eco-friendly alternative to plastic coatings, used to cover and

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

store food items (Chaireh et al. 2020, Metin and Koçyiğit 2022, Topal et al. 2020).

Beeswax is a valuable instrument for determining pollution levels because of its lipid-based nature, which enables it to absorb and accumulate a wide range of pollutants from the environment (Valdovinos-Flores et al. 2017). Beeswax combs have been employed as bioindicators of environmental pollution, particularly indicating the presence of metals and pesticides. Examining the combs containing these pollutants, scientists can learn more about the state of the environment, where bees are feeding and establishing their colonies. Monitoring the concentrations of pollutants in combs can also reveal information on the level of pollution in a given area and its possible effects on human health, ecosystem, and bee populations' well-being (Gajger et al. 2019).

Heavy metals are elements that have a high atomic weight and density, and they can be toxic to both humans and the environment. Even though they are naturally present in the Earth's crust, human activities such as industrial processes, mining, and agriculture can release these elements into the air, water, and soil, which causes pollution (Sankhla et al. 2016). There are hazardous consequences of heavy metal exposure for both consumers (humans) and bees. In humans, many heavy metals, such as lead, cadmium, and mercury may accumulate in the kidneys and can cause damage to these vital organs, potentially leading to chronic kidney diseases (Johri et al. 2010, Mishra et al. 2022). Exposure to high levels of lead can result in lead poisoning. This can lead to various health issues, including neurological problems, cognitive deficits (especially in children), and high blood pressure. Some heavy metals, such as arsenic, cadmium, and nickel, have been associated with an increased risk of cancer in humans (Türker 2023). Ingestion or exposure to certain heavy metals can cause gastrointestinal problems such as nausea, vomiting, diarrhea, and abdominal pain (Aalami et al. 2022). Certain heavy metals, such as lead and cadmium, have the potential to affect reproductive health and fertility in both men and women by disrupting

hormone regulation and causing damage to the reproductive organs (Emek 2023). Bees, which serve as important pollinators, play a fundamental role in ecosystems and agriculture. Exposure to heavy metals might alter bee behavior by affecting foraging patterns, navigational abilities, and communication within the hive. In addition, heavy metals can impair the immune system of bees, which makes them more susceptible to disease and infection. As in humans, it can disrupt the reproductive systems of bees and affect their ability to reproduce and maintain healthy populations. It can lead to deformations, decreases in growth rates, and even death in bee broods during larval development, as well as shortening the life span of adult bees. These effects disrupt the normal development of the colony and can weaken the colony's overall health and reduce pollination efficiency (Hassona and El-Wahed 2023).

Beeswax can vary between the regions, where bees live, depending on vegetation, climate, and other environmental factors. Clean and safely produced beeswax has a wide range of uses in various industries and is important for health. Manufacturers should produce quality and reliable products by considering these factors (Valdovinos-Flores, et al. 2017). Due to industrial areas and heavy vehicle traffic, heavy metals such as Al, Ca, Cu, Fe, Pb, Mg, Si, Zn, Ba, Cd, Ni, Pd, and Pt can spread into the air, water, and the environment and contaminate bees and bee products (Ernest et al. 2018). In this context, it was reported that bees and bee products can be used as bioindicators to determine environmental pollution (Sitarz-Palczak et al. 2015, Yarsan et al. 2007).

No study on the heavy metal content of beeswax produced in Çankırı was found in the existing literature. Therefore, the present study aims to evaluate the levels of heavy metals in beeswax samples obtained from 25 apiaries in Çankırı province, a region that is currently below the national legal limits as reported in the 2022 Air Pollution Report (Figure 1).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE



Figure-1 Pollution Level in Provinces in 2021 (Dirim 2023)

MATERIALS AND METHODS

It was reported that bees fly intensively in an area of approximately 3 km radius and therefore bees and bee products can be used as bioindicators to determine environmental contamination (Aygün 2020, Sitarz-Palczak et al. 2015). For this purpose, beeswax samples were obtained from 25 different bee apiaries determined by using the simple random sampling method with the help of Çankırı Beekeepers Association. In the samples representing the southern and northern parts of Çankırı, the locations of the apiaries and their distances to the D-765, D-180, and E-80 highways, where the traffic density is very high, were taken into consideration while taking the samples and the analysis results were evaluated accordingly (Table 1).

Sample Collection

Honeybee wax samples were collected from 25 different beekeeping apiaries in Çankırı province (Figure 2). Nine of the beekeeping apiaries were selected from the southern part of Çankırı and 16 apiaries were selected from the northern part of Çankırı, with large forest areas. Five of the apiaries in the southern region were located on the Çankırı-Ankara highway, where the level of traffic density is

high, and the others were in rural areas where the level of traffic density is low. While seven of the apiaries in the northern region were located near the Çankırı-Istanbul highway where traffic is heavy, the rest were in areas with less traffic. Wax samples made by the bees themselves were collected in the first weeks of May and June 2023 and then stored in a dark and cool place until analysis.

Microwave Oven Dissolution for ICP-MS analysis: In sample preparation for ICP-MS method, approximately 1 gram of the samples were weighed, transferred to Teflon containers of the microwave oven, and then added with 10ml of 65% nitric acid (Merck). For the blank, 10ml of 65% nitric acid was added to an empty Teflon container. The Teflon containers were tightly closed and placed in a CEM brand MARS6 ONE TOUCH (USA) model microwave disintegrator oven. The maximum temperature was increased to 200 °C within 15 minutes and kept at this level for 15 minutes. In total, the samples were kept in the closed system for 30 minutes and the dissolution process was carried out. After the microwave oven temperature cooled down to ambient conditions, the solution in the Teflon containers was washed thoroughly with ultrapure water and the Teflon containers were taken into 50 ml balloon jugs.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 1. Locations where samples were obtained

Regions	Samp.No	Location	Distance to Highway (km)
Northern Çankırı Region	1	Ömerli	0.8 (E-80)
	2	İlgaz-a	1.8 (E-80)
	3	İlgaz-b	1.8 (E-80)
	4	İlgaz-c	1.8 (E-80)
	5	İlgaz-d	1.8 (E-80)
	6	Gaziler Köyü	1.5 (E-80)
	7	Cendere	2 (E-80)
	8	Yazı Köyü	3.3 (E-80)
	9	Kızılıprik	4.5 (E-80)
	10	Süleyman Hacılar-a	4.6 (E-80)
	11	Süleyman Hacılar-b	4.6 (E-80)
	12	Ödemiş	5.3 (E-80)
	13	Güney Köyü-a	7 (E-80)
	14	Güney Köyü-b	7 (E-80)
	15	Yeşildumlupınar-a	8.2 (E-80)
	16	Yeşildumlupınar-b	8.2 (E-80)
Southern Çankırı Region	17	Tüney-a	0.7 (D-765)
	18	Tüney-b	0.7 (D-765)
	19	Tüney-c	0.7 (D-765)
	20	Çankırı/Merkez-a	0.2 (D-765)
	21	Çankırı/Merkez-b	0.2 (D-765)
	22	Gölezkayı	6.7 (D-765)
	23	Eldivan	9.4 (D-765)
	24	Kırovacık-a	11.7 (D-180)20 (D-765)
	25	Kırovacık-b	11.7 (D-180)20 (D-765)

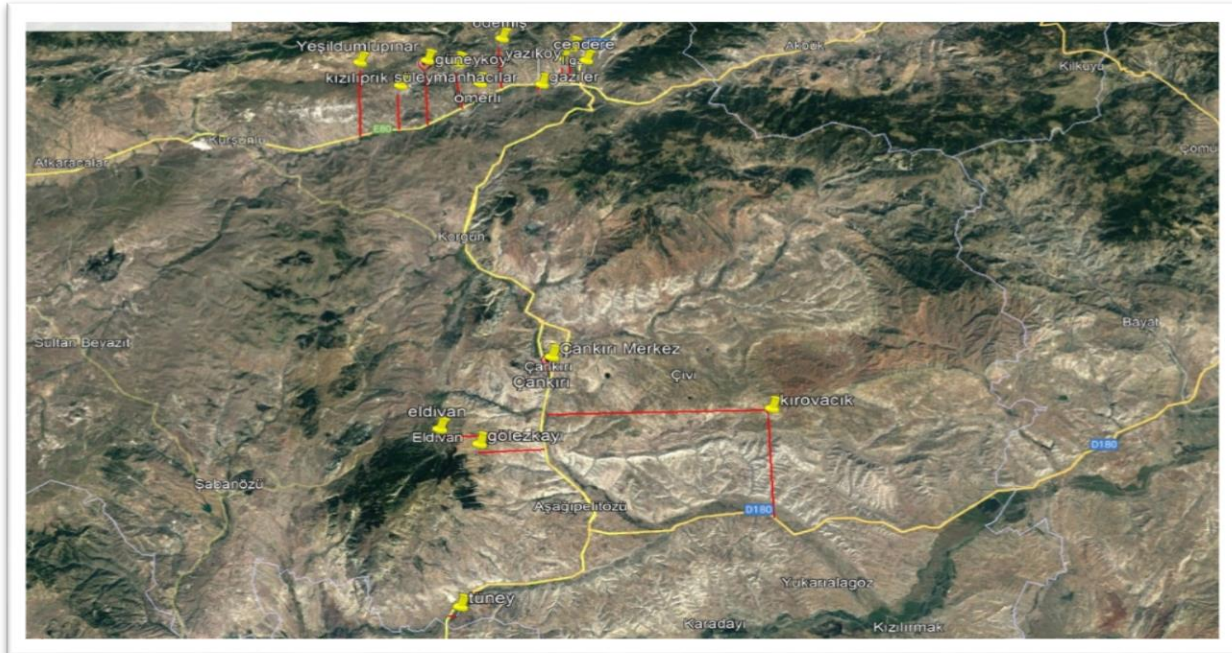


Figure-2 Southern and Northern Parts of Çankırı (Google Earth pro)

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 2. Calibration standards

Analytes	Std1 (ppb)	Std2 (ppb)	Std3 (ppb)	Std4 (ppb)	Std5 (ppb)	Std6 (ppb)	Internal standards
Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, Se, V, Zn	0.5	1	5	25	50	100	⁸⁹ Y
Fe	12.5	25	125	625	1250	2500	

ICP-MS Method for elemental analysis: ICP-MS calibration solutions were prepared by diluting commercially available multi-element standards with 1% (suprapure nitric acid ultrapure water) and the calibration graph was prepared by preparing the concentrations specified in Table 2. ICP-MS NexION 2000 (PerkinElmer Inc., USA) with a quartz nebulizer, cyclonic spray chamber, and an integrated auto-sampler was used for elemental analysis of the samples. Using 18.2 MΩ ultrapure water from the Sartorius™ Wall Mounted Arim pro-Ultrapure Water System, a washing solution containing 1% suprapure nitric acid-ultrapure water was prepared at the concentrations indicated in

Table 2. In addition, ICP-MS calibration was performed before each measurement. ⁸⁹Y internal standard at a concentration of 100 ppb was used for control of elemental analyses.

By using a peristaltic pump, the samples were sent into the cyclonic spray chamber with a flow of argon gas. A high percentage of helium gas was used in addition to argon gas to avoid interferences. Syngistix for ICP-MS software version 2.2 was used to control the instrument, including setup, interferences, data acquisition, and data analysis (Table 3).

Table 3. Operating conditions of the ICP-MS

Parameter	Explanation/ Value
Nebulizer	MEINHARD® plusGlassType C
Spray Chamber	Glass cyclonic (baffled), 4 °C
One-Piece Torch	w/2.5 mm i.d.
Nebulizer Flow	Optimized for<2% oxides
RF power	1600 W
Cones	Ni
Replicates	3
Dwell time	50 ms
Aerosol Dilution	Set to 2.5x
Sample Delivery Rate	350 µl/min
Rinse time	45 second
Nebulizer gas flow rate	0.93 L/min
Deflector voltage	-12 V
Analog stage voltage	-1750 V
Pulse stage voltage	1100V
Discriminator threshold	26
Sample Tubing (Orange-Yellow)	Flared PVC PumpTubes 0.51 mm/0.89 mm
Internal Standard Tubing (Orange-red)	Flared PVC PumpTubes 0.19 mm/0.91 mm
Peristaltic pump speed	35 rpm
Alternating current (AC) rod offset	-4

RESULTS

The lowest, highest, average amounts, and standard deviations of the heavy metals found in the beeswax

samples analyzed in this study are given in Table 4. It was determined that the most abundant heavy metals in a total of 25 wax samples analyzed were Fe, Pb, Mn, Zn, Cu, Al, Cr, Cd, V, and Se.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 4. Heavy metal levels of 25 beeswax samples analyzed

Regions	Samp. No	Elements									
		Al (ppm)	V (ppm)	Cr (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Se (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)
Northern Çankırı Region	1	0.59	0.10	0.19	1.13	24.41	2.29	3.21	0.03	0.03	0.49
	2	0.45	0.66	0.06	0.38	15.34	1.00	1.26	0.01	0.01	0.07
	3	0.86	0.13	0.28	1.89	61.70	1.62	2.18	0.17	0.03	0.51
	4	0.67	0.11	0.15	1.32	33.17	1.28	1.58	0.03	0.02	0.40
	5	0.90	0.15	0.25	1.52	53.87	1.46	1.60	0.02	0.06	1.13
	6	0.61	0.09	0.14	1.02	20.45	1.21	1.34	0.03	0.01	0.40
	7	0.53	0.08	0.17	0.51	16.97	1.30	1.34	0.00	0.02	0.37
	8	1.71	0.36	0.49	4.27	178.07	1.38	1.42	0.02	0.01	0.58
	9	0.64	0.10	0.17	1.29	28.30	2.34	1.56	0.01	0.02	0.42
	10	0.64	0.10	0.21	1.34	34.16	2.27	1.53	0.01	0.03	0.50
	11	0.58	0.09	0.15	0.89	20.39	1.87	4.11	0.02	0.02	1.11
	12	0.58	0.08	1.58	0.60	27.59	1.05	1.34	0.01	0.03	7.13
	13	0.76	0.13	0.24	1.48	48.24	2.18	1.45	0.05	0.02	0.44
	14	0.76	0.12	0.22	1.39	40.73	2.29	1.60	0.01	0.03	0.47
	15	0.53	0.09	0.17	1.48	26.32	2.83	1.48	TE	0.04	0.54
	16	0.60	0.11	0.21	1.48	30.98	3.63	1.46	0.01	0.03	0.45
Southern Çankırı Region	17	0.55	0.08	0.14	0.63	15.03	1.13	1.44	0.01	0.03	0.45
	18	0.63	0.10	0.22	0.82	38.26	1.32	1.42	TE	0.02	0.44
	19	0.55	0.08	0.14	0.48	15.09	1.04	1.36	0.01	0.02	0.40
	20	0.72	0.13	0.24	0.78	23.05	1.78	1.99	TE	0.03	0.52
	21	0.66	0.09	0.19	0.73	21.50	1.17	1.51	TE	0.04	0.99
	22	0.57	0.08	0.15	0.79	20.15	1.19	1.46	TE	0.02	0.40
	23	0.51	0.10	0.81	0.51	15.12	1.13	1.29	0.01	0.02	0.41
	24	0.86	0.18	0.79	1.31	81.33	1.44	1.75	TE	1.10	0.62
	25	0.57	0.11	0.20	0.63	16.94	1.14	1.64	0.01	0.04	0.45
Min.	0.45	0.08	0.06	0.38	15.03	1.00	1.26	0.00	0.01	0.07	
Max.	1.71	0.66	1.58	4.27	178.07	3.63	4.11	0.17	1.10	7.13	
Av±St-De	0.68 ± 0.24	0.13 ± 0.12	0.30 ± 0.32	1.14 ± 0.77	36.28 ± 33.76	1.65 ± 0.65	1.69 ± 0.64	0.01 ± 0.33	0.06 ± 0.21	0.78 ± 1.34	

An independent sample t-test was performed to compare the regional concentrations of heavy metals in the investigated beeswax. The study found a statistically significant difference between Mn, Cu, and Cd concentrations in northern and southern locations. All the other heavy metals studied exhibited no statistically significant differences in concentrations (Table 5). Comparing the northern and southern regions, only Cd (1.10 ppm) was found

to be higher in the southern region, whereas the other heavy metals were found to be higher in the northern region. As a result, the heavy metal concentration in beeswax, which is one of the bee products, varied between the regions. Except for Cd element, all values were higher in the northern region of Çankırı and this region, which is close to the highway with heavy traffic, should be evaluated in terms of beekeeping.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 5. Regions differences in heavy metal concentration

Elements	Regions/N	Mean ± Standard deviation	t	p
Al	1/16	0.71±0.29	0.87	0.39
	2/9	0.62±0.10		
V	1/16	0.15±0.14	0.99	0.33
	2/9	0.10±0.03		
Cr	1/16	0.29±0.35	-0.20	0.84
	2/9	0.32±0.27		
Mn	1/16	1.37±0.87	2.10	0.04
	2/9	0.74±0.24		
Fe	1/16	41.29±38.77	0.98	0.33
	2/9	27.38±21.49		
Cu	1/16	1.87±0.72	3.13	0.00
	2/9	1.26±0.22		
Zn	1/16	1.77±0.78	0.89	0.38
	2/9	1.54±0.21		
Se	1/16	0.02±0.40	1.64	0.11
	2/9	0.00±0.00		
Cd	1/16	0.02±0.01	-1.01	0.34
	2/9	0.14±0.35		
Pb	1/16	0.93±1.67	0.74	0.46
	2/9	0.52±0.18		

P > 0.05 (no significant difference) N: number of samples

DISCUSSION

Beeswax is a substance produced by bees and used by honeybees to rear their young members, store their pollen and nectar, make honey, and sometimes even make the honeycomb cells used to ferment pollen. The environmental conditions in which bees live, especially heavy metal pollution in soil, vegetation, and water sources, can affect the quality of wax, which in turn can have negative effects on the health of bee colonies (Gajger et al. 2019). However, more studies should be carried out on this subject and the possible effects on bee colonies, the ecosystem, and human health should be better understood.

This study aims to evaluate the heavy metal content of beeswax at different locations. The heavy metal composition of beeswax depends on several variables, including the geography and proximity of the location of beekeeping apiaries to large settlements, waste incineration facilities, heavy vehicle traffic, and large industrial facilities (Arslan and Arıkan 2013, Gajger et al. 2019) The lowest Fe content in the wax samples analyzed in this study was found to be 15.03 ppm and the highest one to

be 178.07 ppm. In a study carried out by Gajger et al. (2019), Fe content in beeswax was determined to range between 56.470 and 285 ppm. In other studies carried out in different regions, Fe content was reported in the ranges of 2.068-5.041 ppm (Hassona and El-Wahed 2023), 1.080-334 µg/g (Formicki et al. 2013) and 5.972-18.516 mg/g (Aljedani 2020). The difference in Fe concentrations may vary depending on the geographical location of bee farms, soil composition, water sources, and other environmental pollution factors. Disruption of iron metabolism can lead to various health problems. Although it leads to common diseases such as anemia when the amount of Fe is low, it can also cause iron accumulation in the body and diseases such as hemochromatosis (Gürsel et al. 2015).

Hassona and Wahed (2023) determined the amount of Pb in beeswax collected in Behaira province of Egypt in the range of 0.040-0.185 ppm for a 5-year period between 2018 and 2022.

As a result of this study, it was observed that the concentration of heavy metals increased as the wax combs aged. In a study carried out by Bakırcı in Aydın province, the average level of Pb in beeswax

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

was determined to be 201.63 µg/kg (Bakirci 2019). In a study carried out by Zafeiraki et al. (2022) in Slovakia, the maximum concentration of Pb was found to be 3.193 mg/kg and the lowest one to be 59 µg/kg. However, in a study carried out by Gajger et al. (Gajger et al. 2019), the range was found to be 1.230-5.430 ppm was determined. In the present study, the lowest Pb value was 0.07 ppm and the highest was 7.13 ppm. Exposure to lead occurs through environmental and industrial means. Daily lead intake in humans varies between 20 and 400 mg. The committee of experts established in cooperation with the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization set the provisional tolerable weekly intake (PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake) for lead at 3000 mg. However, half of this amount has been accepted as the safe limit for children (Özboilat and Tuli 2016). Di et al. (2016) examined the effects of Cd, Cu, and Pb on *A. mellifera* larvae and foragers and revealed that each heavy metal individually slowed larval development and caused a decrease in prepupal and pupal weights. Heavy metals accumulated in beeswax have negative effects not only on human health but also on bees. Therefore, since lead accumulation varies depending on the region where beeswax is produced, it is thought that beekeeping regions should be kept under control.

Bakirci (2019) determined the Mn concentration in beeswax to be 361.30-10359.37 µg/kg in his study carried out in Aydın province in 2019. In other studies on beeswax, Mn values were determined between 0.182 and 41.904 mg/kg (Zafeiraki et al. 2022), 16.630 and 32.870 ppm (Gajger et al. 2019), 22.200 and 450 µg/g (Formicki et al. 2013), and 0.365, 0.501, 1.311, and 0.414 mg/g (Aljedani 2020). In the wax samples analyzed in this study, Mn was found to range between 0.38 and 4.27 and was observed to be at lower levels when compared to the results reported in other studies (Bakirci 2019).

Zn was determined to range between 1.26 and 4.11 ppm in the wax samples analyzed in this study, when compared to 1 to 81,200 µg/g (Formicki et al. 2013), 5,707 µg/g (Ullah et al. 2022), 19,699, 6,272 and 0,776 mg/g (Aljedani 2020) in other studies.

Cu was detected within the range of 1.00-3.63 ppm in the wax samples analyzed in this study. In a study in other studies by Gajger et al. (2019) in areas where copper preparations are widely used for plant protection, Cu concentration was found to be

between 12.8 and 40.93 ppm, suggesting that environmental contamination is important.

The lowest Al content in the wax samples analyzed in this study was 0.45 ppm and the highest one was 1.71 ppm. The World Health Organization (WHO) and other health organizations do not recommend a specific upper limit for daily aluminum intake, because aluminum is an element commonly found in our bodies and is naturally present in many foods. However, excessive intake of aluminum can have adverse health effects, which is of particular concern for some groups. Also, some studies suggested that aluminum may be associated with an increased risk of Alzheimer's disease, but there is no conclusive evidence on this subject and the issue is still under investigation (Öztürk and Karan 2009, Pastacı, et al. 2010).

The presence of Cr accumulated in beeswax is considered an indicator of environmental pollution (Ullah et al. 2022). In the present study, Cr concentration was found to be 0.06-1.58 ppm. In previous studies, Cr content was reported to range between 41,030 and 56,280 ppm (Gajger et al. 2019), 2,016, 2,300, and 3,920 mg/g (Aljedani 2020), 82 982 µg/kg (34), 432 µg/kg (Bommuraj et al. 2019), 131,200, 85,770 and 247,600 µg/kg (Ćirić et al. 2021), and between 1,008 and 2,728 ppm (Hassona and El-Wahed 2023). It is thought that the difference between the results reported in these studies is related with environmental pollution.

In a study in other studies by Van der Steen et al. (2015) on the determination of Cd, Pb, and V heavy metal concentrations in honeybees in the Netherlands, it was concluded that honeybees may be useful as an alternative to mechanical devices in monitoring air pollution. In the present study, V concentration in samples was found to be 0.08-0.66 ppm.

The concentration of Se in the wax samples analyzed in this study was found to be 0.00-0.17 ppm. Hladun et al. (2012) concluded in their study that, if honeybees are fed with nectar containing Se, then there may be a decrease in population due to toxicity. Therefore, excessive selenium accumulation will negatively affect bee health.

Monitoring heavy metal concentrations contributes to environmental protection efforts and helps protect ecosystem health and human health. The differences in the concentrations of heavy metals in bee products may be associated with many factors.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

The main reasons for these differences are soil conditions, vegetation, and weather conditions in the regions where bees collect nectar and pollen, as well as pesticides, beekeeping medicines, and various chemicals used in agricultural areas. Besides that, factors such as intensive industrial activities and traffic can affect the concentrations of heavy metals.

Heavy metals can negatively affect the larval development of bees and the health of adult bees, causing bee colonies to be weak and productivity to decrease. This can be a major economic problem for beekeepers. In addition, heavy metal residues in bee products raise food safety concerns and may pose a health risk to consumers. Efforts to reduce heavy metal exposure include stricter industrial regulations, proper waste disposal, and the adoption of sustainable agricultural practices. Monitoring and reducing heavy metal contamination are important steps both for protecting human health and the environment.

Author Contributions: PP, MÇ conceived and planned the experiments. PP and MÇ carried out the experiments. PP and MÇ planned and carried out the simulations. PP and MÇ contributed to sample preparation. PP and MÇ contributed to the interpretation of the results. PP took the lead in writing the manuscript. All authors provided critical feedback and helped shape the research, analysis and manuscript.

Conflict of Interest: The authors declared that there is no conflict of interest.

Data Availability Statement: The data supporting this study's findings are available from the corresponding author upon reasonable request.

Ethical Statement: This study does not present any ethical concerns.

Financial support: This research has been supported within the content of the project no 2209 by Tübitak.

REFERENCES

Aalami AH, Hoseinzadeh M, Hosseini Manesh P, Jiryai Sharahi A, Kargar Aliabadi E. Carcinogenic effects of heavy metals by inducing dysregulation of microRNAs: A review. *Molecular Biology Reports*, 2022; 49(12): 12227-12238, doi.org/10.1007/s11033-022-07897-x.

Aljedani DM. Revealing some elements and heavy metals in honeybee and beeswax samples collected from different environments. *Entomology and Applied Science Letters*, 2020;7(4): 89-101.

Arslan S, Arıkan A. Arı Ürünlerindeki Ağır metal Birikimine Karayollarından Uzaklığın Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2013; 1(2): 90-93, doi.org/10.24925/turjaf.v1i2.90-93.38.

Aygün O. Elazığ'da Üretilen Balların Bazı Toksik Ağır Metal Düzeyleri. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2020;32(1):119-125 doi.org/10.35234/fumbd.593396.

Bommuraj V, Chen Y, Klein H, Sperling R, Barel S, Shimshoni JA. Pesticide and trace element residues in honey and beeswax combs from Israel in association with human risk assessment and honey adulteration. *Food chemistry*, 2019;299:125123. doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125123.

Bakirci S. Aydın ilinde üretimi yapılan bazı arı ürünlerindeki ağır metal düzeylerinin karşılaştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Master's thesis, Aydın, 2019.

Chaireh S, Ngasatool P, Kaewtatip K. Novel composite foam made from starch and water hyacinth with beeswax coating for food packaging applications. *Int J Biol Macromol*, 2020; 165: 1382–1391 doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.007.

Ćirić J, Spirić D, Baltić T, Lazić IB, Trbović D, Parunović N et al. Honey bees and their products as indicators of environmental element deposition. *Biological Trace Element Research*, 2021; 199 (6): 2312-2319 doi.org/10.1007/s12011-020-02321-6.

Di N, Hladun KR, Zhang K, Liu TX, Trumble, JT. Laboratory bioassays on the impact of cadmium, copper and lead on the development and survival of honeybee (*Apis mellifera* L.) larvae and foragers. *Chemosphere*, 2016; 152: 530-538, doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.03.033.

Dirim N. Kara rapor 2022 hava kirliliği ve sağlık etkileri. 2023; Available at <https://www.temizhavahakki.org/wp->

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- content/uploads/2023/03/KaraRapor_v6.pdf (Accessed Oct 10, 2023).
- Emek, G. Aydın İli Efeler İlçesi Çeşme Sularındaki Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Master's thesis, Aydın, 2023.
- Ernest E, Okeke Onyeka O, Ozuah A, Benard N. Comparative assessment of the heavy and trace metal levels in honey produced within Nsukka and Enugu Metropolis. *Food Public Health*, 2018; 8(2): 42-46, doi: 10.5923/j.fph.20180802.02.
- Formicki G, Greń A, Stawarz R, Zyśk B, Gał A. Metal Content in Honey, Propolis, Wax, and Bee Pollen and Implications for Metal Pollution Monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2013; 22(1): 99-106.
- Fratini F, Cilia G, Turchi B, Felicoli A. Beeswax: a minireview of its antimicrobial activity and its application in medicine. *Asian Pac J Trop Med*, 2016; 9(9): 839-843, <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2016.07.003>.
- Gajger IT, Kosanović M, Oreščanin V, Kos S, Bilandžić N. Mineral content in honeybee wax combs as a measurement of the impact of environmental factors. *Bull Environ Contam Toxicol*, 2019; 103: 697-703, doi:10.1007/s00128-019-02713-y.
- Gürsel O, Eker İ, Kürekçi AE. Demir Metabolizması ve Bozuklukları. *Journal of Pediatric Disease*, 2015; 9(1): 71-77, doi: 10.12956/tjpd.2014.110.
- Hassona, NM, El-Wahed AAA. Heavy Metal Concentrations of Beeswax (*Apis mellifera* L.) at Different Ages. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2023; 111(3): 26, doi:10.1007/s00128-023-03779-5.
- Hladun KR, Smith BH, Mustard JA, Morton RR, Trumble JT. Selenium toxicity to honeybee (*Apis mellifera* L.) pollinators: effects on behaviors and survival. *PloS one*, 2012; 7(4): e34137, doi:10.1371/journal.pone.0034137.
- Johri N, Jacquillet G, Unwin R. Heavy metal poisoning: the effects of cadmium on the kidney. *Biometals*, 2010; 23, 783-792, doi: 10.1007/s10534-010-9328-y.
- Metin E, Koçyiğit M. Arı ürünlerinden apilarnil, apiair ve balmumu'nun sağlığımız için önemi. In: Orient publications, Tamamlayıcı ve Geleneksel Tıp, Ankara, 2022, s.155-171.
- Mishra M, Nichols L, Dave A. Molecular Mechanisms of Cellular Injury and Role of Toxic Heavy Metals in Chronic Kidney Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022; 23(19): 11105, doi:10.3390/ijms231911105.
- Özbolat G, Tuli A. Ağır Metal Toksikitesinin İnsan Sağlığına Etkileri. *akt.*, 2016; 25(4): 502-521, doi:10.17827/akt.253562.
- Öztürk GB, Karan MA. Alzheimer hastalığının fizyopatolojisi. *Klinik gelişim*, 2009; 22(3): 36-45.
- Pastacı N, Bahtiyar N, Karalük S, Gönül R, Or M, Dursun Ş et al. Köpeklerde alüminyum toksikasyonunun alzheimer hastalığı üzerine etkisi. *Tübvav Bilim Dergisi*, 2010; 3(3): 271-275.
- Samarghandian S, Farkhondeh, T, Samini F. Honey and health: A review of recent clinical research. *Pharmacognosy research*, 2017; 9(2): 121-127, doi: 10.4103/0974-8490.204647.
- Sankhla MS, Kumari M, Nandan M, Kumar R, Agrawal P. Heavy metals contamination in water and their hazardous effect on human health-a review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 2016; 5(10): 759-766, doi:10.2139/ssrn.3428216.
- Sitarz-Palczak E, Kalembkiewicz J, Dagmara Galas D. Evaluation of the content of selected heavy metals in samples of Polish honeys. *J Ecol Eng*, 2015; 16(13): 130-138, doi: 10.12911/22998993/2946.
- Topal E, Ceylan Ö, Kösoğlu M, Märgäoan R, Cıpcıgan MC. Bal mumunun yapısı, kullanım alanları ve bazı temel sorunları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2020; 20(2): 209-220, doi:10.31467/uluaricilik.781259.
- Türker NP. Kanser Gelişiminde Ağır Metallerin Rolü. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 2023; 6(1): 101-118, doi:10.38001/ijlsb.1176738.
- Ullah R, Jan FA, Gulab H, Saleem S, Ullah N, Wajidullah. Metals contents in honey,

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

beeswax and bees and human health risk assessment due to consumption of honey: a case study from selected districts in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2022; 82 (3): 341-354, doi.org/10.1007/s00244-021-00910-7.

Valdovinos-Flores C, Alcantar-Rosales VM, Gaspar-Ramírez O, Saldaña-Loza LM, Dorantes-Ugalde JA. Agricultural pesticide residues in honey and wax combs from Southeastern, Central and Northeastern Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 2017; 56 (5): 667-679, doi.org/10.1080/00218839.2017.1340798.

Van der Steen JJ, de Kraker J, Grotenhuis T. Assessment of the potential of honeybees (*Apis mellifera* L.) in biomonitoring of air

pollution by cadmium, lead and vanadium. *Journal of Environmental Protection*, 2015; 6(02): 96, doi: 10.4236/jep.2015.62011.

Yarsan E, Karacal F, Ibrahim IG, Dikmen B, Koksal A, Das YK. Contents of some metals in honeys from different regions in Turkey. *Bull Environ Contam Toxicol*, 2007; 79: 255-258, doi: 10.1007/s00128-007-9034-9.

Zafeiraki E, Sabo R, Kasiotis KM, Machera K, Sabová L, Majchrák T. Adult honeybees and beeswax as indicators of trace elements pollution in a vulnerable environment: distribution among different apicultural compartments. *Molecules*, 2022; 27(19): 6629, doi.org/10.3390/molecules27196629.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

VARIATIONS IN HEAT SHOCK PROTEINS BETWEEN DIFFERENT HONEY BEES AND BEE TAXA UTILIZING BIOINFORMATICS

Biyoinformatik Kullanılarak Farklı Bal Arıları ve Arı Taksonları Arasında Isı Şoku Proteinlerindeki Varyasyonlar

Hossam F. ABOU-SHAARA

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Damanhour University, Damanhour, 22516, EGYPT, ORCID No: 0000-0001-7208-6526, E-posta: hossam.farag@agr.dmu.edu.eg

Geliş Tarihi / Received: 14.11.2023

Kabul Tarihi / Accepted: 07.02.2024 DOI: 10.31467/uluaricilik.1390515

ABSTRACT

The changes in climate and exposure to heat stress are major concerns for agricultural communities as it affects pollinators like bees. Bees from different taxa play a crucial role in plant pollination, and their exposure to heat stress induces the expression of heat shock proteins (HSPs) to protect their cells. Several studies have analyzed the variations in HSPs expression levels and amino acid sequences. Databases for sequences of HSPs with different molecular weights are currently available. Variations in HSPs expression levels have been noted among individuals belonging to the same or different bee taxa exposed to heat stress. The properties of HSPs could help in understanding these variations. This study utilized bioinformatics and protein analysis tools to investigate the variations in sequences of heat shock proteins 60 (HSP60) and 83 (HSP83) in 18 bee taxa (15 from Family Apidae, 2 from Family Halictidae, and one from Megachilidae). The analysis showed some identical values to bees from genus *Apis* and *Bombus*. For HSP60, all bee taxa had high G content (587-602), followed by A (438-444), then C (389-404), and finally T (282-291). For HSP83, all bee taxa had high A content (730-759), followed by G (572-592), then C (406-419), and finally T (415-429). The conserved domains were highly identical in case of HSP60 versus HSP83. The motifs were from one or more protein families with variation among taxa. All proteins showed hydrophilic properties with variable isoelectric points. The study suggested an identical 3-D structure for proteins in all bee taxa. The role of the detected variations in affecting the response of HSPs to stress was discussed. This study paves the way for more investigations on HSPs and encourages the use of bioinformatics and protein analysis tools to explain any observable variations.

Key Words: Honey bees, Bioinformatics, Stress, Climate, HSP

ÖZ

İklimdeki değişiklikler ve tozlaştırıcıların ısı stresine maruz kalması, tarım topluluklarının en büyük endişeleri arasında yer alıyor. Farklı taksonlara ait arıların bitkilerin tozlaşmasında büyük rolü vardır. Arıların ısı stresine maruz kalması, vücut hücrelerini korumak için ısı şoku proteinlerinin (HSP'ler) ekspresyonuna neden olur. Birçok çalışma HSP'lerin ekspresyon seviyelerindeki farklılıkları araştırmış ve amino asit dizilerini analiz etmiştir. Şu anda, farklı molekül ağırlıklarına sahip HSP dizileri için veritabanları mevcuttur. Aynı arı taksonuna ait veya ısı stresine maruz kalan farklı taksonlara ait bireyler arasında HSP'lerin ekspresyon seviyelerindeki farklılıklar kaydedilmiştir. HSP'lerin özelliklerinin bu tür farklılıkların anlaşılmasına yardımcı olabileceği varsayılmaktadır. Bu çalışmada, 18 arı taksonunda (15'i Apidae familyasından, 2'si Halictidae familyasından ve bir Megachilidae'den). Amino asitlerin ve nükleotidlerin analizi, *Apis* ve *Bombus* cinsinden arılarla aynı değerleri gösterdi. Korunan alanlar, HSP60 durumunda HSP83'e göre oldukça özdeşti. Motifler, taksonlar arasında

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

çeşitlilik gösteren bir veya daha fazla protein ailesindendi. Tüm proteinler değişken izoelektrik noktalarla hidrofilik özellikler gösterdi. Çalışma, tüm arı taksonlarındaki proteinler için aynı 3 boyutlu yapıyı öne sürdü. Tespit edilen varyasyonların HSP'lerin strese tepkisini etkilemedeki rolü tartışıldı. Bu çalışma HSP'ler hakkında daha fazla araştırmanın önünü açıyor ve gözlemlenebilir varyasyonları açıklamak için biyoinformatik ve protein analiz araçlarının kullanımını teşvik ediyor.

Anahtar Kelimeler: Bal arıları, Biyoinformatik, Stres, İklim, HSP

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Çalışmanın amacı: Bu çalışma, farklı arı taksonlarının HSP60 ve HSP83 arasındaki benzerliklerine/farklılıklarına ışık tutmayı amaçlamaktadır. Bu, arı türleri/alt türleri arasında HSP'lerin gen ekspresyon düzeylerindeki farklılıkların açıklanmasına yardımcı olabilir. Ayrıca bu çalışma, biyoinformatik kullanarak arıların HSP'lerini moleküler düzeyde daha ayrıntılı olarak incelemek için yollar sunmaktadır.

Gereçler ve yöntemler: Isı şoku proteinleri (HSP'ler), farklı arı taksonları için GenBank'tan tarandı. Son olarak bu çalışmada 18 takson ele alınmış olup bunların 15'i Apidae familyasına, 2'si Halictidae familyasına ve 1'i Megachilidae familyasına aittir. Proteinlerin moleküler ağırlıkları, moleküler ağırlık hesaplayıcı kullanılarak değerlendirildi. Daha sonra çalışmada iki protein türü dikkate alındı: HSP60 ve HSP83. Proteinlerin amino asit bileşimleri moleküler ağırlık hesaplayıcı kullanılarak değerlendirildi. Amino asit dizileri, çevrimiçi bir çeviri aracı kullanılarak yaklaşık nükleotid dizilerine çevrildi. Daha sonra, her bir nükleotid tipinin sayısı ve %G~C, dizi analiz aracı kullanılarak hesaplandı. Dizilerdeki korunan alanlar, ncbi.nlm.nih.gov/Structure adresindeki "korunan alanları tanımlama" aracı kullanılarak tanımlandı. Ayrıca çalışılan proteinlerdeki motifler MOTIF Search kullanılarak tarandı. Çalışılan arıların proteinleri arasındaki farklılıkları anlamak için bioinformatics.org'da bulunan protein analizi seçeneklerinden yararlanıldı. Çalışmada kullanılan proteinlerin en özdeş 3 boyutlu yapısı incelendi.

Bulgular: Farklı arı taksonlarının HSP60 için amino asit kompozisyonları bazı taksonlar dışında aynıydı. HSP83 için farklı arı taksonlarının amino asit kompozisyonlarındaki farklılıklar, bazı türler/alt türler arasında aynı kompozisyonları göstermiştir. HSP60 için tüm arı taksonları yüksek G içeriğine (587-602) sahipti, bunu A (438-444), ardından C (389-404) ve son olarak T (282-291) izledi. HSP83 için tüm arı taksonları yüksek A içeriğine (730-759), ardından G (572-592), ardından C (406-419) ve son olarak T

(415-429) içeriğine sahipti. %G~C değeri %44.9-46.7 aralığındaydı. Dizilerdeki korunmuş alanlar, HSP60 için 23'ten 541'e kadar yüksek özdeş değerler gösterdi. Dizilerdeki korunan alanlar, HSP83 için bazı arı taksonlarında özdeşti. HSP60 ve HSP83'ün motifleri taksonlara dayalı bir veya daha fazla protein ailesine aitti. HSP60 ve HSP83'ün negatif GRAVY değerleri tespit edildi. Sonuçlar, çalışılan proteinlerin 3 boyutlu yapısının, çalışılan arı taksonlarında oldukça aynı olduğunu gösterdi.

Sonuç: Çalışma, özellikle *Apis* ve *Bombus* cinsi arılarda bazı özelliklerde aynı değerlerin varlığını göstermiştir. Bununla birlikte, HSP60 ve HSP83'teki farklılıklar, stres koşulları altında arı taksonları arasındaki tepki seviyelerindeki potansiyel farklılıklara bir açıklama sunmaktadır. Çalışma, yalnızca HSP'lerin ekspresyonunu incelemenin değil, aynı zamanda dizileri analiz etmeye devam etmenin ve proteinler üzerinde daha fazla analiz yapmanın önemini ortaya koyuyor.

INTRODUCTION

Pollination is very essential for agriculture worldwide (Winfree et al, 2011; Lautenbach et al, 2012). The pollination is achieved by many insect taxa, especially bees (Kearns & Inouye 1997, Heard 1999; Nicholls & Altieri 2013). Thus, any decline in pollinators poses a public concerns with worries related to food security (Kevan & Viana, 2003; Thomann et al, 2013). The genus *Apis* contains the most important plant pollinators and includes the managed honey bee, *Apis mellifera* (Aslan et al, 2016, Hung et al, 2018). There are about 33 subspecies of *A. mellifera* distributed geographically in many countries (Engel 1999, Ilyasov et al, 2020, Sheppard & Meixner 2003). In addition to *Apis*, there are different genera that contribute to pollination such as *Bombus*, *Melipona*, and various species of wild bees (Arretz & Macfarlane 1986, Bernauer et al, 2022, Hausmann et al, 2016, Whitehorn et al, 2013). One of the major threats to biodiversity in the future is the change in climate due to global warming

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

(Bellard et al, 2012, Easterling et al, 2000; Thomas et al, 2004, Sangle et al, 2015). Climate change is expected to affect distribution, activities, and physiology of insects (Abou-Shaara and Al-Khalaf, 2022, Abou-Shaara et al, 2022 David et al, 2005, Du et al, 2007, Karl et al, 2011, Pettis et al, 2016, Sales et al, 2018), and harming the managed bee colonies (Abou-Shaara, 2016, Le Conte & Navajas, 2008, Reddy et al, 2012).

Bees, as major pollinators, are affected by any changes in the ambient temperature (ectothermic organisms). Such changes can affect their development and activities (Abou-Shaara et al, 2017, Alqarni, 2006, Blažytė-Čereškienė et al, 2010, Stabenheiner et al, 2010, Tautz et al, 2003). In the European context, the *Apis mellifera mellifera* subspecies, commonly known as the dark European honey bee, stands out as the subspecies most well-suited to endure extremely low temperatures, reaching about -30°C. Additionally, this subspecies undergoes an extended wintering period lasting around 6 months, during which the bees do not engage in flight. However, the resilience of these cold-hardy bees is being notably challenged by the effects of global warming (Ilyasov et al, 2020). The variations in heat resistance have been observed for different bee taxa such as honey bees, *Apis* spp., and bumble bees, *Bombus* spp. (Abou-Shaara et al, 2012, Martinet et al, 2015, Oyen et al, 2016, Zambra et al, 2020). The exposure of bees to several stressors such as pathogens, chemicals, and heat stress induces the expression of heat shock proteins (HSPs) (Candido 2001, Elekonich, 2009, Koo et al, 2015, Severson et al, 1990). Thus, HSPs can serve as biomarkers for cellular stress (Gibney et al, 2001, Nazir et al, 2003); especially, they are highly expressed cellular proteins across divergent organisms (Csermely et al, 1998). The expression of HSPs has been linked with longevity, fecundity, inhibition of cell death, stress tolerance, and mitochondrial damage suppression (Hoffmann et al, 2003, Feder & Hofmann 1999, Mosser et al, 1997, Qi et al, 2011, Vermeulen & Loeschcke, 2007). The molecular weight is generally used to classify HSPs

into categories such as HSP60, HSP70, and HSP90 (Candido, 2001, Feder & Hofmann 1999, Romanucci et al, 2008, Schlesinger, 1990).

Several studies have investigated the expression levels of HSPs in bees under different stressors (Severson et al, 1990; Alqarni et al, 2019; Zhao et al, 2021; Al-Ghzawi et al, 2022; Abou-Shaara, 2024). Exposure time to heat stress can also affect the expression of HSP subfamily genes, such as Hsp40 in *Apis cerana cerana* (Li et al, 2020). While few amino acid sequences are available for HSPs from different bee taxa, HSP60 and HSP83 are more accessible than HSPs with other molecular weights. Therefore, this study focused on these two types of HSPs. Comparative studies on the sequences, structure, and properties of HSPs between different bee taxa are lacking. However, bioinformatics has the potential to detect variations among organisms (Abou-Shaara, 2019, Abou-Shaara and Elbanoby, 2020, Abou-Shaara and Bayoumi, 2021). This study aims to explore the similarities and differences between HSP60 and HSP83 of various bee taxa, which could help explain variations in HSP gene expression levels among bee species and subspecies. Furthermore, this study presents avenues for exploring HSPs of bees at the molecular level using bioinformatics tools.

MATERIALS AND METHODS

Heat shock proteins

The heat shock proteins (HSPs) were screened from the GenBank (ncbi.nlm.nih.gov/) for different bee taxa. Finally, 18 taxa were considered in this study, 15 out of them belong to Family Apidae, 2 from Family Halictidae, and one from Megachilidae. The molecular weights of proteins were assessed using molecular weight calculator tool (aatbio.com/tools/calculate-peptide-and-protein-molecular-weight-mw). Then two protein types were considered in the study: HSP60 (Table 1), and HSP83 (Table 2), which are the available HSPs for most bee taxa, including those selected in this study.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 1: Heat shock proteins with molecular weight about 60kDa (HSP60) for 18 bee taxa.

Table 1: On sekiz arı taksonu için moleküler ağırlığı yaklaşık 60kDa (HSP60) olan ısı şok proteinleri.

Family	Scientific name	GenBank
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	XP_392899.2
Apidae	<i>Apis mellifera carnica</i>	KAG9427898.1
Apidae	<i>Apis mellifera caucasica</i>	KAG6796173.1
Apidae	<i>Apis cerana</i>	AEY60808.1
Apidae	<i>Apis cerana cerana</i>	PBC25875.1
Apidae	<i>Apis laboriosa</i>	XP_043798027.1
Apidae	<i>Apis florea</i>	XP_003691286.1
Apidae	<i>Melipona quadrifasciata</i>	KOX67167.1
Apidae	<i>Bombus affinis</i>	XP_050588307.1
Apidae	<i>Bombus huntii</i>	XP_050485730.1
Apidae	<i>Bombus impatiens</i>	XP_003491864.1
Apidae	<i>Bombus pyrosoma</i>	XP_043595839.1
Apidae	<i>Bombus bifarius</i>	XP_033301540.1
Apidae	<i>Bombus terrestris</i>	XP_003399629.2
Apidae	<i>Bombus vosnesenskii</i>	XP_033365710.1
Halictidae	<i>Megalopta genalis</i>	XP_033338920.1
Halictidae	<i>Nomia melanderi</i>	XP_031827026.1
Megachilidae	<i>Osmia lignaria</i>	XP_034186903.1

Table 2: Heat shock proteins with molecular weight about 83kDa (HSP83) for 18 bee taxa.

Table 2: On sekiz arı taksonu için moleküler ağırlığı yaklaşık 83kDa (HSP83) olan ısı şok proteinleri.

Family	Scientific name	GenBank
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	NP_001153536.1
Apidae	<i>Apis mellifera carnica</i>	KAG9434369.1
Apidae	<i>Apis mellifera caucasica</i>	KAG6802498.1
Apidae	<i>Apis cerana</i>	AEY61732.1
Apidae	<i>Apis cerana cerana</i>	PBC32016.1
Apidae	<i>Apis laboriosa</i>	XP_043799257.1
Apidae	<i>Apis florea</i>	XP_003694932.1
Apidae	<i>Melipona quadrifasciata</i>	KOX70250.1
Apidae	<i>Bombus affinis</i>	XP_050583884.1
Apidae	<i>Bombus huntii</i>	XP_050481870.1
Apidae	<i>Bombus impatiens</i>	XP_003492149.1
Apidae	<i>Bombus pyrosoma</i>	XP_043586281.1
Apidae	<i>Bombus bifarius</i>	XP_033311555.1
Apidae	<i>Bombus terrestris</i>	XP_003396897.1
Apidae	<i>Bombus vosnesenskii</i>	XP_033352687.1
Halictidae	<i>Megalopta genalis</i>	XP_033328903.1
Halictidae	<i>Nomia melanderi</i>	XP_031847184.1
Megachilidae	<i>Osmia lignaria</i>	XP_034173570.1

Analysis of amino acids and nucleotides.

The amino acid compositions of proteins were assessed using the molecular weight calculator (aatbio.com/tools/calculate-peptide-and-protein-molecular-weight-mw). The amino acid sequences

were translated into approximate nucleotide sequences using an online translation tool (bioinformatics.org/sms2/rev_trans.html). Then, the number of each nucleotide type and %G~C were calculated using sequence analysis tool (sciencebuddies.org/science-fair-

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

projects/references/genomics-g-c-content-calculator). Tables comparing between proteins of the studied bees were used to summarize the results.

Conserved domains and motifs

The conserved domains in the sequences were identified using tool “identify conserved domains” from ncbi.nlm.nih.gov/Structure. Also, motifs were screened in the studied proteins using MOTIF Search (genome.jp/tools/motif/).

Protein properties

Protein analysis options available from bioinformatics.org were utilized to figure out variations among proteins of the studied bees. This contained two parameters: (1) The GRAVY value or grand average of hydropathy for the protein sequences (bioinformatics.org/sms2/protein_gravy.html). The GRAVY value was calculated according to Kyte and Doolittle (1982), and (2) Protein Isoelectric Point (bioinformatics.org/sms2/protein_iep.html), which calculates the theoretical isoelectric point for the protein sequences. The protein isoelectric point can help in specifying the approximately location of a particular protein on a 2-D gel.

The 3D structure of the protein

The website <https://www.rcsb.org> was used to find out the most identical 3D structure of proteins used in the study. The computed structure models were included in the search criteria. Then, the similarities between the studied bees were spotted.

RESULTS

Analysis of amino acids and nucleotides

The amino acid compositions of different bee taxa for HSP60 were mostly identical, except for some cases where variations were observed (Fig. 1). The identical compositions were found in *A. mellifera*, *A. m. carnica*, *A. m. caucasica*, *A. cerana*, *A. laboriosa*, and *A. florea*, as well as in *B. affinis*, *B. huntii*, *B. impatiens*, *B. bifarius*, *B. terrestris*, and *B. vosnesenskii*. It is noteworthy that some species belonging to the genus *Apis* and *Bombus* are 100% identical to each other. The observed variations (Fig. 2) were only in Alanine and Valine (*M. genalis*), Arginine (*A. c. cerana*), Aspartic acid, Glutamic acid, Leucine (*M. quadrifasciata*), Cysteine (*O. lignaria*), Isoleucine, Phenylalanine (*B. pyrosoma*), and Threonine (*N. melanderi*). Additionally, clear variations were observed in Serine.

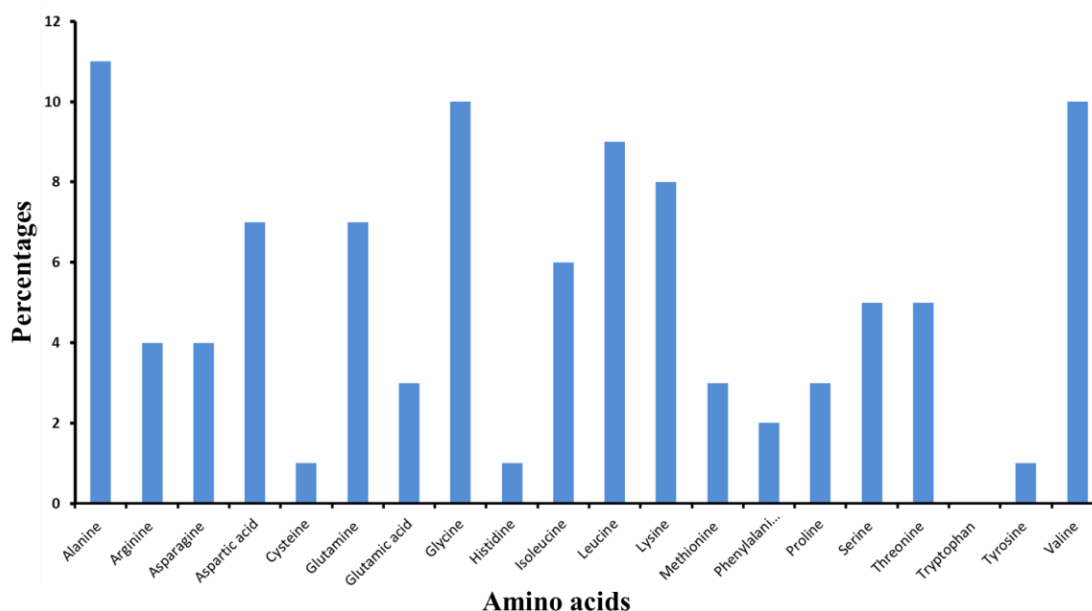


Fig. 1: Percentages of amino acids in the heat shock proteins (HSP60) of the studied bee taxa, except those with unique values for some amino acids listed in Fig.2

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Şekil 1: Şekil 2'de listelenen bazı amino asitler için benzersiz değerlere sahip olanlar hariç, çalışılan arı taksonlarının ısı şok proteinlerindeki (HSP60) amino asit yüzdeleri

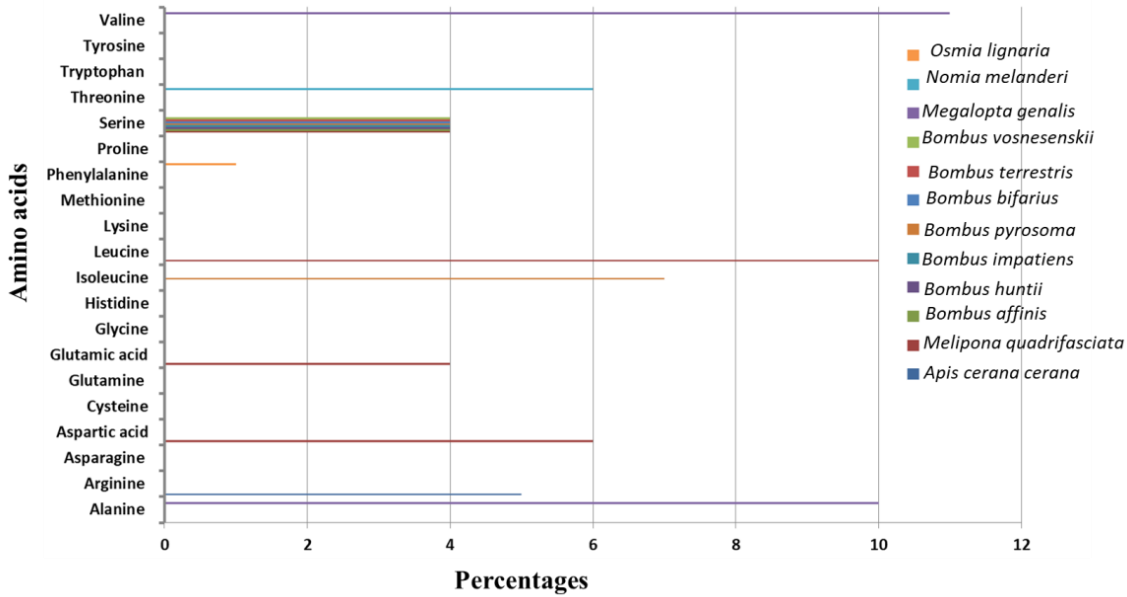


Fig. 2: Unique percentages of amino acids in the heat shock proteins (HSP60) of the studied bee taxa

Şekil 2: Çalışılan arı taksonlarının ısı şok proteinlerindeki (HSP60) amino asitlerin benzersiz yüzdeleri

The amino acid compositions of different bee taxa for HSP83 showed mostly identical compositions between *A. mellifera*, *A. m. carnica*, and *A. cerana cerana*, between *A. cerana* and *A. laboriosa*, between *B. huntii*, *B. impatiens*, and *B. bifarius*, and

between *B. pyrosoma*, *B. terrestris*, and *B. vosnesenskii* (Fig. 3). However, some variations were observed in one or more amino acids among the remaining taxa with only 1% difference among them (Fig. 4).

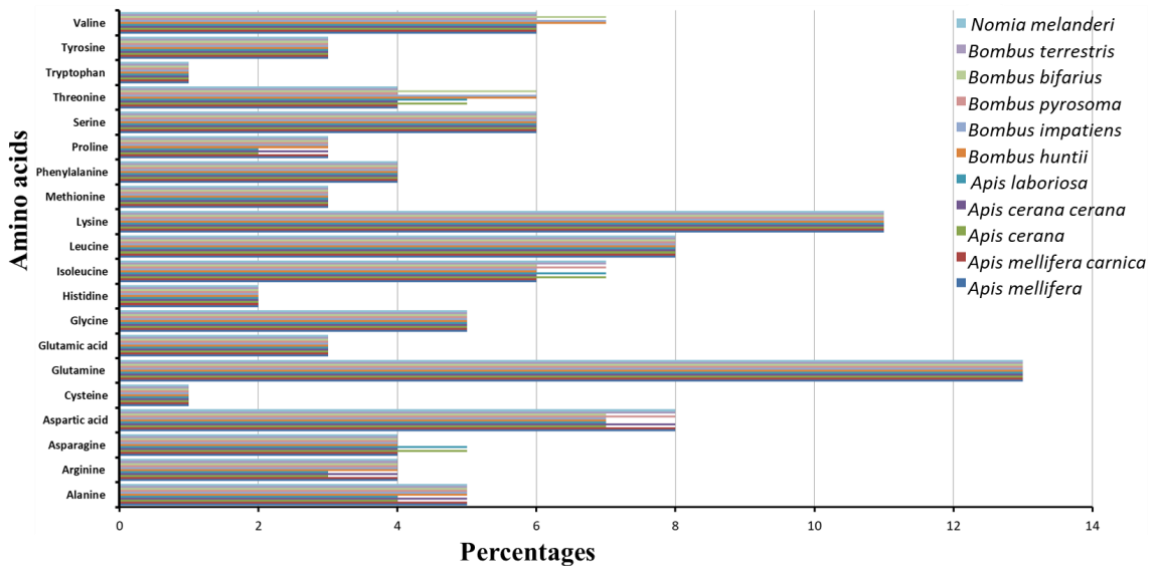


Fig. 3: Percentages of amino acids in the heat shock proteins (HSP83) of the studied bee taxa with identical percentages

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Şekil 3: Çalışılan arı taksonlarının ısı şok proteinlerindeki (HSP83) amino asit yüzdeleri ve aynı yüzdeler

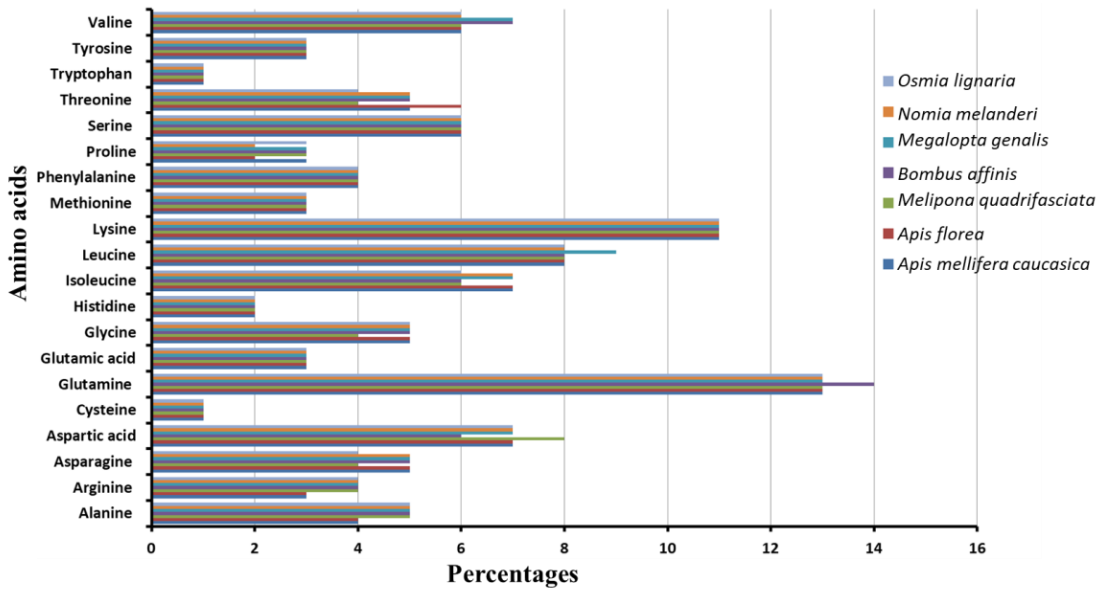


Fig. 4: Bee taxa with variations in their percentages of amino acids in the heat shock proteins (HSP83)

Şekil 4: Isı şok proteinlerindeki (HSP83) amino asit yüzdelerinde farklılık gösteren arı taksonları

The sequence analysis of HSP60 is presented in Table 3, revealing high G content (587-602), followed by A (438-444), then C (389-404), and finally T (282-291) for all bee taxa. The %G~C value ranged from 57.4 to 58%. Only *A. mellifera*, *A. m. carnica*, *A. m. caucasica*, and *A. cerana* had identical values, while the other taxa showed variations in their sequences.

The sequence analysis of HSP83 is presented in Table 4. All bee taxa had high A content (730-759), followed by G (572-592), then C (406-419), and finally T (415-429). The %G~C value ranged from 44.9-46.7%. The identical values were only to *B. pyrosoma*, *B. terrestris*, and *B. vosnesenskii*, and between *A.m. carnica*, and *A.cerana cerana*. The other taxa showed variations in their sequences.

Table 3: Sequence analysis of the heat shock protein (HSP60) of different bee taxa

Tablo 3: Farklı arı taksonlarının ısı şok proteininin (HSP60) sekans analizi

Species	A	T	G	C	%G~C
<i>Apis mellifera</i>	440	288	589	393	57.4
<i>Apis mellifera carnica</i>	440	288	589	393	57.4
<i>Apis mellifera caucasica</i>	440	288	589	393	57.4
<i>Apis cerana</i>	440	288	589	393	57.4
<i>Apis cerana cerana</i>	444	291	590	400	57.4
<i>Apis laboriosa</i>	439	287	591	393	57.5
<i>Apis florea</i>	439	288	591	392	57.5
<i>Melipona quadrifasciata</i>	442	286	602	404	58
<i>Bombus affinis</i>	439	287	592	392	57.5
<i>Bombus huntii</i>	443	288	596	392	57.5
<i>Bombus impatiens</i>	440	287	590	393	57.5
<i>Bombus pyrosoma</i>	444	288	587	391	57.2
<i>Bombus bifarius</i>	442	288	591	389	57.3
<i>Bombus terrestris</i>	439	287	592	392	57.5
<i>Bombus vosnesenskii</i>	442	287	591	390	57.4
<i>Megalopta genalis</i>	438	286	593	390	57.6
<i>Nomia melanderi</i>	443	282	591	391	57.5
<i>Osmia lignaria</i>	443	284	593	390	57.5

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 4: Sequence analysis of the heat shock protein (HSP83) of different bee taxa

Tablo 4: Farklı arı taksonlarının ısı şok proteininin (HSP83) sekans analizi

Species	A	T	G	C	%G~C
<i>A. mellifera</i>	742	428	592	410	46.1
<i>A. mellifera carnica</i>	744	428	591	409	46
<i>A. mellifera caucasica</i>	757	427	564	406	45
<i>A. cerana</i>	758	428	558	407	44.9
<i>A. cerana cerana</i>	744	428	591	409	46
<i>A. laboriosa</i>	759	427	558	407	44.9
<i>A. florea</i>	756	427	559	409	45
<i>M. quadrifasciata</i>	736	418	572	392	45.5
<i>B. affinis</i>	746	415	581	412	46.1
<i>B. huntii</i>	739	418	581	416	46.3
<i>B. impatiens</i>	738	417	580	416	46.3
<i>B. pyrosoma</i>	746	429	592	408	46
<i>B. bifarius</i>	739	418	580	417	46.3
<i>B. terrestris</i>	746	429	592	408	46
<i>B. vosnesenskii</i>	746	429	592	408	46
<i>M. genalis</i>	730	418	588	418	46.7
<i>N. melanderi</i>	752	415	583	419	46.2
<i>O. lignaria</i>	732	417	592	413	46.7

Table 5: The motifs in the sequences of the heat shock proteins (HSP60 and HSP83) of different bee taxa

Tablo 5: Farklı arı taksonlarının ısı şok proteinlerinin (HSP60 ve HSP83) dizilerindeki motifler

Species	HSP60		HSP83	
	Interval	Interval 1	Interval 2	Interval 3
<i>A. mellifera</i>	42to540	192to706	36to189	35to155
<i>A. mellifera carnica</i>	42to540	192to706	36to189	35to155
<i>A. mellifera caucasica</i>	42to540	191to700	35to188	34to154
<i>A. cerana</i>	42to540	192to699	35to188	34to154
<i>A. cerana cerana</i>	42to540	192to706	36to189	35to155
<i>A. laboriosa</i>	42to540	191to699	34to154	34to154
<i>A. florea</i>	42to540	191to699	35to188	34to154
<i>M. quadrifasciata</i>	270to549	172to688	36to151	35to157
<i>B. affinis</i>	42to540	192to702	36to189	35to155
<i>B. huntii</i>	42to540	192to701	36to189	35to155
<i>B. impatiens</i>	42to540	191to700	35to188	34to154
<i>B. pyrosoma</i>	42to540	192to707	36to189	35to155
<i>B. bifarius</i>	42to540	192to701	36to189	35to155
<i>B. terrestris</i>	42to540	192to707	36to189	35to155
<i>B. vosnesenskii</i>	42to540	192to707	36to189	35to155
<i>M. genalis</i>	42to540	191to701	35to188	34to154
<i>N. melanderi</i>	42to540	191to714	35to188	34to154
<i>O. lignaria</i>	42to540	191to700	35to188	34to154

Conserved domains and motifs

The conserved domains in the sequences of HSP60 showed high identical values with intervals ranging from 23 to 541, except for *M. quadrifasciata* with an interval from 69 to 550. For HSP83, the conserved domains in the sequences were identical in some bee taxa with intervals ranging from 13 to 717, 13 to 718, 13 to 723, 14 to 724, and 14 to 725. However,

M. quadrifasciata had more distinct conserved domain intervals than the other bee taxa, with an interval from 14 to 706. The variations observed in the conserved domains were higher in HSP83 than in HSP60.

The motifs present in the sequences of heat shock proteins (HSP60 and HSP83) of different bee taxa are listed in Table 5. The motifs of HSP60 belonged

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

to one protein family (Pfam: Cpn60_TCP1) for all taxa except *M. genalis* and *N. melanderi*, which belonged to two protein families (Pfam: Cpn60_TCP1 and AcnX_swivel_put). The interval for motifs (Pfam: Cpn60_TCP1 range from 42 to 540, AcnX_swivel_put range from 233 to 283; E-value: 1.9e-41 to 7.6e-83) in bee taxa for HSP60. *M. genalis* and *N. melanderi* had two motifs compared to other taxa. For HSP83, the motifs belonged mainly to three major protein families (Pfam: HSP90, HATPase_c, and HATPase_c_3). Pfam: HSP90 ranged from 191 to 707 (E-value: 1.2e-230 to 8.5e-231), Pfam: HATPase_c ranged from 35 to 189 (E-

value: 1.2e to 14-8e-11), and Pfam: HATPase_c_3 ranged from 34 to 157 (E-value: 1.6e-10 to 9e-10).

Protein properties

The GRAVY values for HSP60 ranged from -0.063 to -0.102, with some taxa having identical values. The isoelectric point for HSP60 ranged from 5.26 to 5.89, with identical values for all taxa except *A. cerana cerana*, *M. genalis*, and *O. lignaria* (Table 6). Regarding HSP83, the GRAVY values ranged from -0.661 to -0.714, and variations between taxa were observed. The isoelectric point for HSP83 ranged from 4.61 to 4.73, with few identical values among taxa.

Table 6: The GRAVY and isoelectric point values of the heat shock proteins (HSP60 and HSP83) of different bee taxa

Table 6: Farklı arı taksonlarının ısı şok proteinlerinin (HSP60 ve HSP83) GRAVY ve izoelektrik nokta değerleri

Species	HSP60		HSP83	
	GRAVY	Isoelectric Point	GRAVY	Isoelectric Point
<i>A. mellifera</i>	-0.083	5.51	-0.693	4.70
<i>A. mellifera carnica</i>	-0.083	5.51	-0.697	4.68
<i>A. mellifera caucasica</i>	-0.083	5.51	-0.691	4.69
<i>A. cerana</i>	-0.083	5.51	-0.681	4.72
<i>A. cerana cerana</i>	-0.102	5.89	-0.697	4.68
<i>A. laboriosa</i>	-0.084	5.51	-0.697	4.71
<i>A. florea</i>	-0.079	5.51	-0.681	4.70
<i>M. quadrifasciata</i>	-0.080	5.51	-0.714	4.61
<i>B. affinis</i>	-0.072	5.51	-0.675	4.71
<i>B. huntii</i>	-0.068	5.51	-0.662	4.73
<i>B. impatiens</i>	-0.076	5.51	-0.666	4.73
<i>B. pyrosoma</i>	-0.075	5.51	-0.694	4.69
<i>B. bifarius</i>	-0.063	5.51	-0.662	4.73
<i>B. terrestris</i>	-0.072	5.51	-0.694	4.69
<i>B. vosnesenskii</i>	-0.071	5.51	-0.694	4.69
<i>M. genalis</i>	-0.072	5.26	-0.623	4.72
<i>N. melanderi</i>	-0.090	5.51	-0.695	4.71
<i>O. lignaria</i>	-0.084	5.38	-0.661	4.69

The 3D structure of the protein

The results indicate that the 3-D structure of the studied proteins is highly conserved across different

bee taxa. Specifically, the structure of HSP60 closely resembles that of *Drosophila melanogaster*, while HSP83 shows high similarity to the structure found in *Bombyx mori* (Fig. 2).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

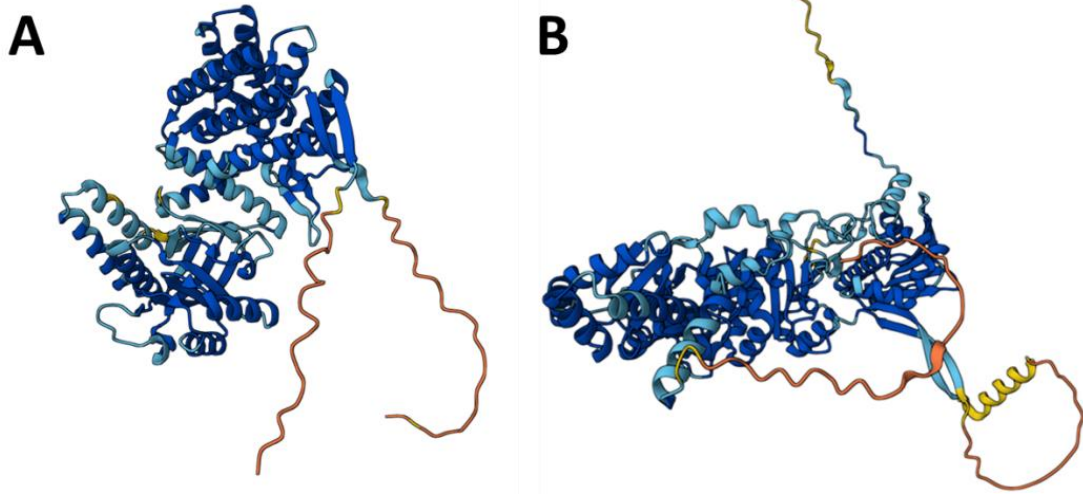


Fig. 5: The most identical 3-D structure of HSP60 (A) (from *Drosophila melanogaster*) and HSP83 (B) (from *Bombyx mori*) of studied bees based on the computed structure models

Şekil 5: Hesaplanan yapı modellerine göre incelenen arıların HSP60 (A) (*Drosophila melanogaster*'den) ve HSP83 (B) (*Bombyx mori*'den) en benzer 3 boyutlu yapısı

DISCUSSION

The molecular weight of HSP60 from different bee taxa ranged from 60.27 to 61.44 kDa, which is not precisely 60 kDa. It is possible that the tissue type at which the HSPs were expressed had an impact on their molecular weight since HSP expression can be influenced by the type of tissue (Elekonich, 2009; Abou-Shaara, 2024). Al-Ghzawi et al. (2022) found that HSP60 expression dynamics were more stable in the head than in the thorax after heat stress exposure. In this study, the HSPs used were expressed in the whole body or specific body parts, such as the abdomen or thorax, and not from the same tissue for all bee taxa. HSP60 has a role in mitochondrial protein homeostasis, cellular proliferation, and apoptosis (Bukau and Horwich, 1998, Caruso Bavisotto et al., 2020, Henderson et al., 2013, Meng et al., 2018). As a mitochondrial chaperone, HSP60 occurs in the mitochondria and other parts of eukaryotic cells (Gupta, 1995, Parnas et al., 2012). The functions of HSP60 are expected to be similar in all bee taxa, which could explain the few variations in amino acid compositions, with some species/subspecies having highly identical values. The amino acid compositions had the same pattern based on the percentage of each amino acid, with alanine, glycine, and valine being the highest in percentage for all bee taxa. The amino acid compositions contained essential amino acids, except for tryptophan. The sequences showed a

similar distribution pattern for G, A, C, and T, with somewhat similar %G~C. The conserved domains in the sequences showed high identical values for HSP60, except for *M. quadrifasciata*. The results showed the presence of only one motif from Pfam: Cpn60_TCP1, except for *M. genalis* and *N. melanderi*, which had two motifs from Pfam: Cpn60_TCP1 and AcnX_swivel_put. Such low variations between HSP60 from different bee taxa could be explained by the high similarity in the amino acid compositions.

In a similar way to HSP60, the exact molecular weight of HSP83 ranged from 81.63 to 83.64 kDa. HSP83 as a molecular chaperone protein belongs to HSP90 family (Arya et al., 2007, Li et al., 2007, Rutherford and Lindquist 1998) has role in protein chaperoning (Ray et al., 2019). High identical amino acid compositions were detected in some cases. All the 9 essential amino acids were detected in the amino acid compositions of all bee taxa. The highest amino acids in their percentages were glutamine, lysine, and Leucine. The sequences showed similar distribution pattern for nucleotides, with somewhat similar %G~C. However, the identical values were only between few taxa. Additionally, the conserved domains in the sequences were identical in some bee taxa for HSP83. The motifs belonged to three protein families (Pfam: HSP90, HATPase_c, and HATPase_c_3). In general, HSP83 showed high

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

variations among bee taxa. This can be explained by the complex roles of this protein on the cell level.

The variations in HSP83 are greater than those observed in HSP60, indicating that increasing the molecular weight of a protein can lead to higher variability among HSPs in different taxa. The differences in amino acid composition between any two bee taxa were only 1 to 3 amino acids. Both HSP60 and HSP83 contain essential amino acids that are not synthesized by bees and are therefore dietarily essential. However, HSP83 contains 9 essential amino acids, while HSP60 contains only 8 without tryptophan. These variations can be explained by the differences in their functions, with HSP83 expected to have more functions than HSP60. Furthermore, HSP60 has a high content of G, followed by A, C, and T, while HSP83 has a high A content, followed by G, C, and T. The %G~C values were higher in HSP60 than in HSP83. These variations can be explained by the differences in the amino acid composition of the two protein types. The sequences of HSP83 show greater variation than those of HSP60. All bee taxa showed variations in the sequences of Hps83 with less identical values compared to HSP60. HSPs are known to have highly conserved sequences and domains among divergent organisms (Schlesinger, 1990). So, the sharing of identical values between some bee taxa in this study can be attributed to this conservation.

The conserved domains showed high variations in HSP83 than HSP60. A motif, critical for domain function, is a short conserved sequence pattern and made up of connectivity between secondary structural pieces of protein. A motif is linked with specific protein structural site performing a certain function. The motif was overlapped with the high conserved domains in case of HSP60. No overlap was observed in case of HSP83. The variations between the two protein types in their amino acid composition and sequences can explain the detected conserved domains and motifs.

The negative GRAVY values indicate that HSP60 and HSP83 are hydrophilic, which is consistent with previous studies (Yano et al., 1994; Shamrock et al., 2009). HSP60 has lower GRAVY values than HSP83 but with a higher isoelectric point, which suggests that HSP83 is more hydrophilic than HSP60. The difference in isoelectric points also indicates that HSP60 and HSP83 have different locations on a 2-D gel, which also can be linked to the variations in their molecular weights. HSP83

showed more variations among bee taxa than HSP60 across all measured parameters. The few variations in HSP60 may be related to its chaperone activity in preventing protein misfolding under stressful conditions (Brocchieri and Karlin 2000, Cappello et al., 2014), while HSP83 has more complex roles (Abou-Shaara 2024) such as juvenile hormone signaling (He et al., 2014) and ovary development (Chen et al, 2018). Therefore, the observed variations in HSP83 compared to HSP60 are likely due to their different functions. The 3-D structures of proteins are determined by their amino acid sequences and bond types, and the maintenance of this structure is essential for their functionality. The study found highly conserved 3-D structures of HSPs in the studied bee taxa, with each protein having a unique shape.

Conclusion

Heat shock proteins (HSPs) are widely studied in different bee taxa, and their expression levels vary among individuals from the same or different taxa. This study aimed to investigate the sequence and amino acid level properties of two HSP types (60 and 83) in 18 bee taxa. The study found highly conserved 3-D structures and amino acid compositions in both HSPs, with some species/subspecies having highly identical values, especially for bees from genus *Apis* and *Bombus*. However, HSP83 showed greater variations among bee taxa than HSP60, and the conserved domains showed high variations in HSP83 than HSP60. The study suggests that the observed variations in HSPs could explain the potential variations in their response levels among bee taxa under stress conditions. Therefore, it is important to not only study the expression of HSPs but also to analyze their sequences and perform more protein-level analyses. The study also highlights the impact of the rearing environment of bees on the properties of HSPs, which requires further investigation. Future comparative studies among bee taxa under the same experimental conditions are highly recommended. The analysis of phylogenetic relationships could be helpful when comparing HSPs expressed in the same tissues and under the same stressors for various taxa, which need further studies. This study encourages researchers to conduct more investigations on HSPs, especially under current climate change challenges.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Author contribution: The author designed, performed, analyzed the data, wrote and revised the manuscript.

Conflict of Interest: No conflict of interests to be reported.

Ethical issue: Not applicable because this study on honey bees and not animals or humans.

Source of Finance: Not applicable.

REFERENCES

- Abou-Shaara H.F. Expectations about the potential impacts of climate change on honey bee colonies in Egypt. *J. Apic.*, 2016; 31, 157-164.
- Abou-Shaara H.F. Utilizing bioinformatics to detect genetic similarities between African honey bee subspecies. *J. Genet.*, 2019; 98, 96. doi:10.1007/s12041-019-1145-7.
- Abou-Shaara H.F. The response of heat shock proteins in honey bees to abiotic and biotic stressors. *J. Therm. Biol.*, 2024; 119, 103784.
- Abou-Shaara H.F., & Bayoumi S.R. Genetic variations and relationships between deformed wing virus strains infesting honey bees based on structural proteins. *Biologia*, 2021; 76(12), 3865-3873.
- Abou-Shaara H.F., & Elbanoby M.I.A. bioinformatics study to detect the genetic characteristics of *Vespa* hornets (Hymenoptera: Vespidae). *J. Entomol. Res. Soc.*, 2020; 22, 227-237.
- Abou-Shaara H.F., Al-Ghamdi A.A. & Mohamed, A.A. Tolerance of two honey bee races to various temperature and relative humidity gradients. *Env. Exp. Biol.*, 2012; 10, 133-138.
- Abou-Shaara H.F., Al-Khalaf A.A. Using Maximum Entropy Algorithm to Analyze Current and Future Distribution of the Asian hornet, *Vespa velutina*, in Europe and North Africa Under Climate Change Conditions. *J. Entomol. Res. Soc.*, 2022; 24, 07-21.
- Abou-Shaara H.F., Amiri E. & Parys K.A. Tracking the effects of climate change on the distribution of *Plecia nearctica* (Diptera, Bibionidae) in the USA using MaxEnt and GIS. *Diversity* 2022; 14, 690.
- Abou-Shaara H.F., Owayss A.A., Ibrahim Y.Y. & Basuny N.K. A review of impacts of temperature and relative humidity on various activities of honey bees. *Insect. Soc.*, 2017; 64, 455-463.
- Al-Ghzawi A.A.M.A., Al-Zghoul M.B., Zaitoun S., Al-Omary I.M. & Alahmad N.A. Dynamics of heat shock proteins and heat shock factor expression during heat stress in daughter workers in pre-heat-treated (rapid heat hardening) *Apis mellifera* mother queens. *J. Ther. Biol.*, 2022; 104, 103194.
- Alqarni A.S. Tolerance of summer temperature in imported and indigenous honeybee *Apis mellifera* L. races in central Saudi Arabia. *Saudi J. Biol. Sci.*, 2022; 13, 123–127.
- Alqarni A.S., Ali H., Iqbal J., Owayss A.A. & Smith B.H. Expression of heat shock proteins in adult honey bee (*Apis mellifera* L.) workers under hot-arid subtropical ecosystems. *Saudi J. Biol. Sci.*, 2019; 26, 1372–1376.
- Arretz P.V. & Macfarlane R.P. The introduction of *Bombus ruderatus* to Chile for red clover pollination. *Bee World*, 1986; 67, 15-22.
- Arya R., Mallik M. & Lakhota S.C. Heat shock genes - integrating cell survival and death. *J. Biosci.*, 2007; 32, 595–610.
- Aslan C.E., Liang C.T., Galindo B., Kimberly H. & Topete W. The role of honey bees as pollinators in natural areas. *Nat. Areas J.* 2016; 36, 478-488.
- Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W. & Courchamp F. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecol. Lett.* 2012; 15, 365–377.
- Bernauer O.M., Tierney S.M. & Cook J.M. Efficiency and effectiveness of native bees and honey bees as pollinators of apples in New South Wales orchards. *Agri. Ecosyst. Environ.* 2022; 337, 108063.
- Blažytė-Čereškienė L., Vaitkevičienė G., Venskutonytė S. & Būda, V. Honey bee foraging in spring oilseed rape crops under high ambient temperature conditions. *Žemdirb. (Agric.)* 2010,97, 61-70.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Brocchieri L. & Karlin S. Conservation among HSP60 sequences in relation to structure, function, and evolution. *Prot. Sci.* 2000; 9, 476-486.
- Bukau B. & Horwich A.L. The Hsp70 and Hsp60 chaperone machines. *Cell* 1998; 92, 351-366.
- Candido E.P.M. Heat shock proteins. In: Brenner, S., Miller, J.H. (Eds.), *Encyclopedia of Genetics*. Academic Press, New York, 2001, 914–915.
- Cappello F., Marino Gammazza, A., Palumbo Piccionello A., Campanella C., Pace A., Conway de Macario, E. & Macario, A.J. Hsp60 chaperonopathies and chaperonotherapy: targets and agents. *Exp. Opin. Ther. Tar.* 2014, 18, 185-208.
- Caruso Bavisotto C., Alberti G., Vitale A.M., Paladino L., Campanella C., Rappa, F., Gorska M., Conway de Macario E., Cappello F., Macario A.J.L. & Marino Gammazza A.. Hsp60 post-translational modifications: functional and pathological consequences. *Front. Mol. Biosci.* 2020, 7, 95.
- Chen D., Wang S., Tao X., Zhou L., Wang J., Sun F., Sun M., & Gao X. Hsp83 regulates the fate of germline stem cells in *Drosophila* ovary. *J. Genet. Genom.* 2018, 45, 219-222.
- Csermely P., Schnaider T., So C., Prohászka Z. & Nardai G. The 90-kDa molecular chaperone family: structure, function, and clinical applications. A comprehensive review. *Pharmacol. Therapeut.* 1998, 79, 129-168.
- David J.R., Araripe L.O., Chakir M., Legout H., Lemos B., Petavy G., Rohmer C., Joly D., Moreteau B. Male sterility at extreme temperatures: a significant but neglected phenomenon for understanding *Drosophila* climatic adaptations. *J. Evol. Biol.* 2005, 18, 838–846.
- Du Y., Ma A., Zha Q.H., Ma G. & Yang H.P. Effects of heat stress on physiological and biochemical mechanisms of insects: a literature review. *Acta Ecol. Sin.* 2007, 27, 1565–1572.
- Easterling D.R., Meehl G.A., Parmesan C., Changnon S.A., Karl, T.R. & Mearns, L.O. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Sci.* 2000; 289, 2068–2074.
- Elekovich M.M. Extreme thermotolerance and behavioral induction of 70-kDa heat shock proteins and their encoding genes in honey bees. *Cell Stress Chaperones* 2009; 14, 219-226.
- Engel M.S. The taxonomy of recent and fossil honey bees (Hymenoptera, Apidae, Apis). *J. Hymenoptera Res.* 1999, 8, 165–196.
- Feder M.E. & Hofmann G.E. Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology. *Annu. Rev. Physiol.* 1999; 61, 243–282.
- Gibney E., Gault J. & Williams J. The use of stress proteins as a biomarker of sublethal toxicity: induction of heat shock protein 70 by 2-isobutyl piperidine and transition metals at sub-lethal concentrations. *Biomarkers* 2001, 6, 204-217.
- Gupta R.S. Evolution of the chaperonin families (Hsp60, Hsp 10 and Tc1) of proteins and the origin of eukaryotic cells. *Mol. Microbiol.* 1995; 15, 1–11.
- Hausmann S.L., Petermann J.S. & Rolff J. Wild bees as pollinators of city trees. *Insect Conserv. Div.* 2016; 9, 97-107.
- He Q., Wen D., Jia Q., Cui C., Wang J., Palli S.R., Li S. Heat shock protein 83 (Hsp83) facilitates methoprene-tolerant (Met) nuclear import to modulate juvenile hormone signaling. *J. Biol. Chem.* 2014; 289, 27874-27885.
- Heard T.A. The role of stingless bees in crop pollination. *Ann. Rev. Entomol.* 1999; 44, 183-206.
- Henderson B., Fares M.A. & Lund P.A. Chaperonin 60: a paradoxical, evolutionarily conserved protein family with multiple moonlighting functions. *Biol. Rev. Camb. Phil. Soc.* 2013; 88, 955–987.
- Hoffmann A.A., Sørensen J.G. & Loeschcke V. Adaptation of *Drosophila* to temperature extremes: bringing together quantitative

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- and molecular approaches. *J. Therm. Biol.* 2003; 28, 175–216.
- Hung K.L.J., Kingston J.M., Albrecht M., Holway D.A. & Kohn J.R. The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proc. Royal Soc. B: Biol. Sci.* 2018; 285, 20172140.
- Ilyasov R.A., Lee M.L., Takahashi J.I., Kwon H.W. & Nikolenko A.G. A revision of subspecies structure of western honey bee *Apis mellifera*. *Saudi J. Biol. Sci.* 2020; 27, 3615-3621.
- Ilyasov R.A., Lee M.-L., Yunusbaev U.B., Nikolenko A.G. & Kwon H.-W. Estimation of C-derived introgression into *A. m. mellifera* colonies in the Russian Urals using microsatellite genotyping. *Genes and Genom.* 2020; 42 (9), 987–996.
- Karl I., Stoks R., De Block, M., Janowitz S. & Fischer K. Temperature extremes and butterfly fitness: conflicting evidence from life history and immune function. *Global Change Biol.* 2011; 17, 676–687.
- Kearns C.A. & Inouye D.W. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *Bioscience* 1997; 47, 297-307.
- Kevan P.G. & Viana B.F. The global decline of pollination services. *Biodiversity*, 2003; 4, 3-8.
- Koo J., Son T.G., Kim S.Y. & Lee K.Y. Differential responses of *Apis mellifera* heat shock protein genes to heat shock, flower-thinning formulations, and imidacloprid. *J. Asia Pac. Entomol.* 2015; 18, 583–589.
- Kyte J. & Doolittle R.F. A simple method for displaying the hydropathic character of a protein. *J. Mol. Biol.* 1982; 157, 105-132.
- Lautenbach S., Seppelt R., Liebscher J. & Dormann, C.F. Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLoS One* 2012; 7, e35954.
- Le Conte, Y. & Navajas M. Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Sci. Tec.* 2008; 27, 499-510.
- Li G., Zhao, H. Guo, H., Wang Y., Cui, X., Li H., Guo X. Analyses of the function of DnaJ family proteins reveal an underlying regulatory mechanism of heat tolerance in honeybee. *Sci. Total Env.* 2020; 716, 137036.
- Martinet B., Lecocq, T., Smet, J. & Rasmont, P. A protocol to assess insect resistance to heat waves, applied to bumblebees (*Bombus Latreille*, 1802). *PLoS One* 2015; 10, e0118591.
- Meng Q., Li B.X. & Xiao X. Toward developing chemical modulators of Hsp60 as potential therapeutics. *Front. Mol. Biosci.* 2018; 5, 35.
- Mosser D.D., Caron A.W., Bourget L., Denis-Larose C. & Massie B. Role of the human heat shock protein hsp70 in protection against stress-induced apoptosis. *Mol. Cell Biol.* 1997; 17, 5317–5327.
- Nazir A., Saxena D.K. & Kar Chowdhuri D. Induction of hsp70 in transgenic *Drosophila*: biomarker of exposure against phthalimide group of chemicals. *Biochim. Biophys. Acta* 2003; 1621, 218–225.
- Nicholls C.I. & Altieri M.A. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agron. Sust. Develop.* 2013; 33, 257-274.
- Oyen K.J., Giri S. & Dillon M.E. Altitudinal variation in bumble bee (*Bombus*) critical thermal limits. *J. Thermal Biol.* 2016; 59, 52-57.
- Parnas A., Nisemblat S., Weiss C., Levy-Rimler G., Pri-Or A., Zor T., Lund P.A., Bross P., Azem A. Identification of elements that dictate the specificity of mitochondrial Hsp60 for its co-chaperonin. *PLoS One* 2012; 7, e50318.
- Pettis J.S., Rice N., Joselow K., vanEngelsdorp, D. & Chaimanee V. Colony failure linked to low sperm viability in honey bee (*Apis mellifera*) queens and an exploration of potential causative factors. *PLoS One* 2016; 11, e0147220.
- Qi, Y., Wang H., Zou, Y., Liu C., Liu Y., Wang Y. & Zhang W. Over-expression of mitochondrial heat shock protein 70 suppresses programmed cell death in rice. *FEBS Lett.* 2011; 585, 231-239.
- Ray M., Acharya S., Shambhavi S. & Lakhotia S.C. Over-expression of Hsp83 in grossly

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- depleted hsromega lncRNA background causes synthetic lethality and l(2)gl phenocopy in *Drosophila*. *J. Biosci.* 2019; 44.
- Reddy P.V., Verghese A. & Rajan V.V. Potential impact of climate change on honeybees (*Apis* spp.) and their pollination services. *Pest Manag. Horticul. Ecosyst.* 2012; 18, 121-127.
- Romanucci M., Bastow T. & Della Salda L. Heat shock proteins in animal neoplasms and human tumours—a comparison. *Cell Stress Chaperones* 2012; 13, 253–262.
- Rutherford S.L. & Lindquist S. Hsp90 as a capacitor for morphological evolution. *Nature* 1998; 396, 336.
- Sales K., Vasudeva R., Dickinson M.E., Godwin J.L., Lumley A.J., Michalczyk L., Hebberecht, L., Thomas P., Franco A. & Gage M.J.G. Experimental heatwaves compromise sperm function and cause transgenerational damage in a model insect. *Nat. Commun.* 2018; 9, 4771.
- Sangle P.M., Satpute S.B., Khan F.S. & Rode N.S. Impact of climate change on insects. *Trends Biosci* 2015; 8, 3579-3582.
- Schlesinger M.J. Heat shock proteins. *J. Biol. Chem.* 1990; 21, 12111-12114.
- Severson D.W., Erickson, E.H., Williamson, J.L., Aiken, J.M. Heat stress induced enhancement of heat shock protein gene activity in the honey bee (*Apis mellifera*). *Experientia* 1990; 46, 737-739.
- Shamrock V.J., Duval J.F., Lindsey G.G., & Gaboriaud F. The role of the heat shock protein Hsp12p in the dynamic response of *Saccharomyces cerevisiae* to the addition of Congo red. *FEMS yeast research*, 2009; 9(3), 391-399.
- Sheppard W.S. & Meixner M.D. *Apis mellifera pomonella*, a new honeybee subspecies from Central Asia. *Apidologie* 2003; 34, 367–375.
- Stabentheiner A., Kovac H. & Brodschneider R. Honeybee colony thermoregulation—regulatory mechanisms and contribution of individuals in dependence on age, location and thermal stress. *PLoS One* 2010; 5, e8967.
- Tautz J., Maier S., Groh C., Rössler W., Brockmann A. Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2003; 100, 7343–7347.
- Thomann M., Imbert E., Devaux C., Cheptou P.O. Flowering plants under global pollinator decline. *Trend. Plant Sci.* 2013; 18, 353-359.
- Thomas C.D., Cameron A., Green R.E., Bakkenes M., Beaumont L.J., Collingham, Y.C., Erasmus B.F., De Siqueira M.F., Grainger A., Hannah L., Hughes L., Huntley B., Van Jaarsveld A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson A.T., Phillips O.L., Williams S.E. Extinction risk from climate change. *Nature* 2004; 427, 145–148.
- Vermeulen C.J. & Loeschcke V. Longevity and the stress response in *Drosophila*. *Exp. Gerontol.* 2007; 42, 153–159.
- Whitehorn P.R., Tinsley M.C, Brown M.J., Goulson D. Investigating the impact of deploying commercial *Bombus terrestris* for crop pollination on pathogen dynamics in wild bumble bees. *J. Apic. Res.* 2013; 52, 149-157.
- Winfree R, Gross, B.J. & Kremen C. Valuing pollination services to agriculture. *Ecol. Econ.* 2011; 71, 80-88.
- Yano K, Hasegawa T, Kuboi R, Komazawa I, & Tsuchido T. Characterization of surface properties of heat shock proteins for the separation using aqueous two-phase systems. *J. Chem. Eng. Japan*, 1994; 27(6), 808-814.
- Zambra E, Martinet B, Brasero N, Michez D. & Rasmont P. Hyperthermic stress resistance of bumblebee males: test case of Belgian species. *Apidologie* 2020; 51, 911-920.
- Zhao H, Li G, Guo D, Li H, Liu Q, Xu B. & Guo X. Response mechanisms to heat stress in bees. *Apidologie* 2021; 52, 388-399.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

IMPACT OF ACARICIDES ON *VARROA DESTRUCTOR* INFESTATION IN HONEY BEE COLONIES (*Apis mellifera* L.) AND THEIR HISTOLOGICAL EFFECTS ON HYPOPHARYNGEAL GLANDS

Bal Arısı Kolonilerinde (*Apis mellifera* L.) *Varroa Destructor* Bulaşıklığı Üzerine Akarisitlerin Etkisi ve Hipofaringeal Glandlar Üzerindeki Histolojik Etkileri

Rasha A. SALEM¹, Hashish M. EL-SAYIED¹, Abdulraouf M. AMRO^{1*}
Asmaa E. Abd ALLA²

¹Bee Research Department, Plant Protection Research Institution, Agriculture Research Center, Dokki, Giza, EGYPT, E-mail: Rashaadel83@yahoo.com, ORCID No: 0009-0007-7887-9755, E-mail: Mhas214263@yahoo.co.uk., ORCID No: 0000-00015530-2581, Corresponding author / Yazışma Yazarı E-mail: raouf_amro@yahoo.com, ORCID No: 0000-0001-6837-2298.

²Department of Economic Entomology and Pesticides, Faculty of Agriculture, Cairo University, Cairo, Giza, EGYPT, E-mail: Supersemema@agr.cu.edu.eg; ORCID No: 0000-0001-6140-8446

Received / Geliş: 26.12.2023

Accepted / Kabul: 10.02.2024

DOI: 10.31467/uluaricilik.1410005

ABSTRACT

This study aimed to determine the random role of some acaricides, which are the most commonly used in Egypt for controlling *Varroa destructor* on Hypopharyngeal Glands (HPGs) of honey bees (*Apis mellifera* L.). The acaricides used in this study were Varroakiller[®], Menthocaros[®], Amitraz[®], Varroby[®], and formic acid. Results showed that the total number of fallen mites was 53.5, 47, 28.6, 26, and 24.5 for Varroakiller[®], Menthocaros[®], Amitraz[®], Varroby[®], and formic acid, respectively, compared to 16 mites in the control group. For sealed worker brood areas (SWBA), the treatments included Varroakiller[®] (327.98 cm²), formic acid (228.92 cm²), Varroby[®] (222.25 cm²), Menthocaros[®] (129.72 cm²), and Amitraz[®] (101.73 cm²), while the SWBA for control colonies was 44.83 cm². Histological studies of the HPGs showed that although Varroakiller[®] effectively controlled *Varroa* mites and had no direct impact on worker bees or egg-laying areas, it considerably impacted the HPGs, which could ultimately affect the bee colony. Moreover, formic acid recorded a lower number of fallen *Varroa* with acceptable outcomes for egg-laying areas and sealed workers. This, coupled with the fact that formic acid was deemed the most significant due to its effectiveness over a short period, resulted in a reduction of 100% after 24 days.

Keywords: Acaricides, Amitraz[®], Varroby[®], Formic acid, Hypopharyngeal glands

ÖZ

Bu çalışma, bal arılarının (*Apis mellifera* L.) Hipofaringeal Bezleri (HPG'ler) üzerinde *Varroa destructor*'u kontrol etmek için Mısır'da en yaygın olarak kullanılan bazı akarisitlerin rastgele rolünü belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada kullanılan akarisitler Varroakiller[®], Menthocaros[®], Amitraz[®], Varroby[®] ve formik asittir. Sonuçlar, düşen toplam akar sayısının kontrol grubundaki 16 akara kıyasla Varroakiller[®], Menthocaros[®], Amitraz[®], Varroby[®] ve formik asit için sırasıyla 53,5, 47, 28,6, 26 ve 24,5 olduğunu göstermiştir. Kapalı işçi kuluçka alanları (SWBA) için, uygulamalar Varroakiller[®] (129,125 in²), formik asit (90,125 in²), Varroby[®] (87,50 in²), Menthocaros[®] (51,07 in²) ve Amitraz[®] (40,05 in²) içerirken, kontrol kolonileri için SWBA 17,65 in² olarak belirlenmiştir. HPG'lerin histolojik çalışmaları,

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Varroakiller®'in Varroa akarlarını etkili bir şekilde kontrol etmesine ve işçi arılar veya yumurtlama alanları üzerinde doğrudan bir etkisi olmamasına rağmen, sonuçta arı kolonisini etkileyebilecek olan HPG'leri önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Dahası, formik asit yumurta bırakma alanları ve kapalı işçiler için kabul edilebilir sonuçlarla birlikte daha düşük sayıda düşen Varroa kaydetmiştir. Bu durum, formik asidin kısa süredeki etkinliği nedeniyle en önemli olarak kabul edilmesiyle birleştiğinde, 24 gün sonra %100'lük bir azalma yüzdesi ile sonuçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Akarisitler, Amitraz®, Varroby®, Formik asit, Hipofaringeal bezler

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Çalışmanın amacı: Bu çalışma, Varroa destructor'u kontrol etmek için Mısır'da yaygın olarak kullanılan bazı akarisitlerin (Varroakiller®, Menthocaros®, Amitraz®, Varroby® ve formik asit) bal arılarının HPG'leri üzerindeki potansiyel etkisini araştırmıştır.

Gereç ve yöntemler: Bu araştırma, 17 Aralık 2020 ile 25 Şubat 2021 tarihleri arasında Mısır'ın Dokki kentindeki Arı Araştırma Departmanı arılığında bulunan bal arısı kolonileri üzerinde yürütülmüştür. Bu çalışma için, her biri bir yaşında çiftleşmiş bir ana arı tarafından yönetilen eşit güçte 18 yerel hibrit Karniyol bal arısı (*A. mellifera*) kolonisi seçilmiştir. Tedavi öncesi belirlenen bulaşıklık seviyesi %9 ile %11 arasında değişmekteydi. Seçilen 18 koloni, her biri üç koloniden oluşan altı gruba ayrılmıştır. İlk beş grup akarisitlerle muameleye tahsis edilirken, altıncı grup kontrol muamelesi yapılmadan bırakılmıştır. Seçilen her kovanın tabanına 30 cm² × 45 cm² ölçülerinde vazelin kaplı filtre kağıdı yerleştirilmiştir. Her dört günde bir, sekiz hafta boyunca toplam 11 ölçüm için, kağıtlar farklı uygulamalardan kaynaklanan Varroa akarları saymak üzere laboratuvara götürülmüştür.

Bulgular: Sonuçlara göre düşen toplam akar sayısının kontrol grubundaki 16 akara kıyasla Varroakiller®, Menthocaros®, Amitraz®, Varroby® ve formik asit için sırasıyla 53,5, 47, 28,6, 26 ve 24,5 olduğunu göstermiştir. SWBA için, uygulamalar Varroakiller® (129,125 in2), formik asit (90,125 in2), Varroby® (87,50 in2), Menthocaros® (51,07 in2) ve Amitraz® (40,05 in2) içerirken, kontrol kolonileri için SWBA 17,65 in2 olarak belirlenmiştir. HPG'lerin histolojik çalışmaları, Varroakiller®'in Varroa akarlarını etkili bir şekilde kontrol etmesine ve işçi arılar veya yumurtlama alanları üzerinde doğrudan bir etkisi olmamasına rağmen, sonuçta arı kolonisini etkileyebilecek olan HPG'leri önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Dahası, formik asit yumurta bırakma alanları ve kapalı işçiler için kabul edilebilir sonuçlarla birlikte daha düşük sayıda düşen Varroa kaydetmiştir. Bu durum, formik asidin kısa süredeki

etkinliği nedeniyle en önemli olarak kabul edilmesiyle birleştiğinde, 24 gün sonra %100'lük bir azalma yüzdesi ile sonuçlanmıştır.

Sonuç: Varroa istilası HPG'lerde dejeneratif değişikliklere yol açarak morfolojilerini ve işlevselliklerini etkiler. Bununla birlikte, Varroa'yı kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan akarisitlerin HPG'lerin gelişimi üzerindeki etkisi belirsizliğini korumaktadır. Bulgular, Varroakiller®'in Varroa popülasyonlarını önemli ölçüde azalttığını, işçi arılar veya yumurtlama alanları üzerinde doğrudan bir etkisi olmadığını, ancak HPG'ler üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. Formik asit kısa bir maruz kalma süresine yol açarak 7. ölçümde (24 gün sonra) %100 azalmaya neden olur ve bu yüzden tedavinin sonuna kadar (19. ölçümde) sabit kalmaktadır. Tedavi edilen koloniler için, arıların tedaviye maruz kaldığı uzun süre nedeniyle tedavi edilen tüm örneklerde histolojik yapı dejeneratif değişiklikler göstermiştir. Ek olarak, Menthocaros® Varroa miktarını önemli ölçüde azaltır ve yumurta ve SWBA gibi alanlar üzerinde mütevazı bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte, HPG'ler üzerinde ihmal edilebilir bir etkisi vardır. Akarisitler ve Varroa istilası arasındaki etkileşimi ele alan özel çalışmalar değerli bilgiler sağlayacaktır.

INTRODUCTION

Due to their crucial function in crop pollination and the high quality of their hive products (such as wax, propolis, pollen, royal jelly, bee venom, and honey), honey bees, *A. mellifera*, are known as the “wings of agriculture” (Tiwari *et al.* 2014). Nevertheless, various insect pests, mites, birds, and diseases can harm honey bees (Yousef *et al.* 2014). The parasitic bee mite *V. destructor* is the most destructive pest of honey bees and has a significant negative economic impact on the global beekeeping business (Al-Abbadi and Nazer 2003). Honey bee colonies suffer significant harm from severe infestations of a *Varroa* mite which infest broods, adult bees, and hive waste.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

However, during such infestations, pupae fail to mature into adult bees (Anderson and Trueman 2000). A serious physiological disease caused by *V. destructor* feeding on the hemolymph of pupa and adult bees results in a loss of up to 25% of adult weight, decreased worker and drone honey bee longevity, and deformed wings (Kanga and James, 2002). According to Murilhas (2002), colonies with a high infestation rate of *V. destructor* (> 7%) suffer a significant reduction in the bee population, and ultimately, the entire colony collapses unless appropriate measures are taken to treat the mite population.

Honey bees' immune systems are compromised, and the parasitic mite destroys the integument's mechanical protective barriers (Glinski 1991). Synthetic acaricides such as Amitraz[®], Coumaphos, fluvalinate, and flumethrin control *V. destructor* (Eguaras *et al.* 2003). According to Tihelka (2018), thymol was used in the screening as a positive control because beekeepers frequently use it as an acaricide. However, thymol may harm bees in various ways, such as being poisonous to bee brood, causing metabolic problems, or altering bee behavior (Charpentier *et al.* 2014, Colin *et al.* 2019). Nevertheless, the consistent use of these pesticides has led to the development of mite resistance in many parts of the world (Pettis 2004), which has significantly reduced the effectiveness of these acaricides for controlling the *Varroa* mite (Lodesani *et al.* 1995).

The HPGs in honey bee workers are part of the digestive system and are in charge of producing royal jelly (Fluri *et al.*, 1982), storing glycogen for the flight muscles (Kubo *et al.*, 1996), synthesizing key enzymes for turning nectar into honey (Ueno *et al.*, 2009), and maintaining social immunity (da Costa and Cruz-Landim 2000). Optimal gland function, characterized by the highest number and size of gland acini, secretory vacuoles, and density of secretory granules, is observed in 12-day-old workers. With *Varroa* infestation, these parameters decrease, indicating a decline in gland health (Yousef *et al.* 2014). According to Zhang *et al.* (2023), acaricides exposure may negatively impact colony maintenance, brood development, survival, necrotic and apoptotic cell death. However, the effects of acaricides for controlling *Varroa* on honey bee workers HPGs development remains obscure. Hence, this study investigated the impact of acaricides commonly used by Egyptian beekeepers to control the *Varroa destructor* mite on honey bee

colonies, specifically the histological structure of worker bees' hypopharyngeal glands (HPGs).

MATERIAL AND METHODS

Experimental design

The present investigation was conducted from December 17, 2020, to February 25, 2021, on honey bee colonies located in the apiary of the Bee Research Department at Dokki, Egypt. As documented earlier by Ghoniemy (1998), this period within the study area represents the season with the peak annual density of *Varroa* mites. For this study, we selected 18 colonies of equal strength from local hybrid Carniolan honey bees (*A. mellifera*). Each colony consisted of eight standard frames, seven of them were covered on both sides with bees and was headed by a one-year-old mated queen. The tested colonies remained acaricide-free for more than one year to ensure results that are clear and verifiable. Prior to treatment, we used the powdered sugar roll method (Pietropaoli *et al.*, 2021) to assess varroa infestation, which ranged from 9% to 11%. The 18 selected colonies were divided into six groups, each consisting of three colonies. The first five groups were treated with acaricides, while the sixth group remained untreated as a control. Vaseline-coated filter paper measuring 30 cm² × 45 cm² was placed at the base of each selected hive. To assess the effectiveness of the tested treatments, sheets were collected from the hives every four days over an eight-week period (11 measurements total). These sheets were then taken to the lab for counting the total number of *Varroa* mites that had fallen off the bees.

The tested acaricides

The tested acaricides were Varroakiller[®], Menthocaros[®], Amitraz[®], Varroby[®], and formic acid as described in Table 1.

The mean areas of eggs and sealed worker brood

In this experiment, over four mornings, the mean area of eggs was measured in square inches and then converted to square centimeters using a frame divided into one-inch squares, whereas the mean SWBA was measured in square inches every 13 days and then converted to square centimeters. The eggs and brood areas were counted and summed for each colony (Jeffrey, 1958). The test colonies were fed with a sugar solution with a 2:1 sugar-to-water ratio (W/W).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 1. Acaricides used against *Varroa destructor* in honey bee colonies

Commercial name	Composition	Form & Concentration	Manner	Add position
Formic acid	CH ₂ O ₂	Liquid 65%	5x10 cm ² Cardboard slices satisfied by 5 ml in pored sacks	Upper brood combs
Menthocaros®	Thymol (26%) Eucalyptol (22%) Menthol(crystals) (3.8%) Camphor syntgtie (3.8%) Antioxidant (3%) Aromatic oils (11%) Dried coriander (6%) Garic extract around (4.5%) Vaslin (20%)	Sticky substance	5x10 cm ² Cardboard slices coated one side with 5 gm	On hive bottom opposite the entrance foraging internally
Varroby®	Thymol (30 %) Camphor syntgtie (5%) Carvacrol (5 %) Menthol crystals (5%) Powder sugar (65%)	Yellow powder	topical application (3g. per colony)	On brood combs and adults
Varroakiller®	Molecular formula = C ₂₈ H ₂₂ Cl ₂ FNO ₃	One strip Contains 3.6 mg Flomethrin	Plastic strip	Strips were inserted vartically between two brood combs
Amitraz® (Mitac)	from amidine compound; N-(2,4-dimethylphenyl)-N- [[[(2,4-dimethylphenyl) amino]methyl]]-N- methylmethanimidamide.	Oily liquid EC 200% (w/v)	2 ml mixed with 5 ml food oil in polyethylene packet	On hive bottom under brood combs

Histopathological studies

The histological studies were conducted at the Central Laboratory of the Faculty of Agriculture, Cairo University. Ten adult honey bee workers were used for each treatment, anesthetized by cold exposure (4°C) for 3-5 minutes, and carefully dissected (Dade 1977). Samples from the HPGs of treated bees were collected at the end of the 2-month experiment. They then remained fixed for twenty-four hours in 10% formol saline. After washing with tap water, the subjects were dehydrated using a series of alcohol dilutions (methyl, ethyl, and 100% ethyl). Samples were cleaned in xylene and paraffin-embedded for 24 hours at 56 °C in a hot air oven. A sliding microtome created paraffin beeswax tissue blocks for sectioning at 4-micron thickness. Subsequently,

tissues were deparaffinized, mounted on slides, and stained with hematoxylin-eosin for microscopic examination under an electric light microscope, following the protocol described by Bancroft *et al.* (1996).

Statistical analysis

Parametric and non-parametric tests were performed on the data based on their normality, which was tested using the Shapiro-Wilk test (Shapiro and Wilk, 1965). Using MSTAT-C version 1.41, all collected data were entered into tables and statistically evaluated using a randomized complete block design (ANOVA) (Snedecor and Cochran, 1980). Duncan's multiple range test was used to compare all means±SD at a level of 0.05 (Duncan 1955).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

RESULTS

Varroa fallen mite

The results obtained in Figure 1 indicate that the total numbers of fallen mites for the different treatments could be arranged in descending order as follows: Varroakiller® (53.5), Menthocaros® (47.0), Amitraz® (28.6), Varroby® (26.0), and formic acid (24.5), respectively, after treating the colony with the different treatments, compared to the control colonies, which had 16 mites. At the seventh measurement, Varroakiller® was observed to be the most effective in eliminating *Varroa*, followed by Menthocaros®, Varroby®, Amitraz®, and formic acid. Regarding the period of exposure, formic acid was deemed the most significant due to its efficiency over a short time, where it resulted in a reduction of 100% at the seventh measurement (after 24 days). For the other treatments, Varroakiller® came in second place, causing a 100% reduction in the 8th measurement, followed by Amitraz® in third place, causing a 100% reduction in the 11th measurement; Menthocaros® in fourth place, causing a 100% reduction in the 12th measurement, and finally Varroby® in the 14th (Fig. 2).

Biological studies

Areas of eggs

According to Table 2, the mean areas of eggs (cm²/colony/4day) in treated honey bee colonies could be arranged in descending order as follows: Varroakiller® (64.03 cm²), Varroby® (53.54 cm²), formic acid (43.84 cm²), Menthocaros® (35.84 cm²), and Amitraz® (30.86 cm²), while for control colonies it was 18.69 cm². The statistical analyses showed significant differences between the treatments and the control, and among all treatments except for Amitraz® and Menthocaros®.

Areas of sealed worker brood

The data in Table 2 indicate that the mean of SWBA (cm²/colony/13day) in honey bee colonies treated with different acaricides could be arranged in descending order as follows: Varroakiller® (327.98 cm²), formic acid (228.92 cm²), Varroby® (222.25 cm²), Menthocaros® (129.72 cm²), and Amitraz® (101.73 cm²). By comparison, the SWB of control colonies was 44.83 cm². The statistical analyses indicated significant differences between the control and treatment groups, as well as among the various treatment groups (except between formic acid and Varroby®).

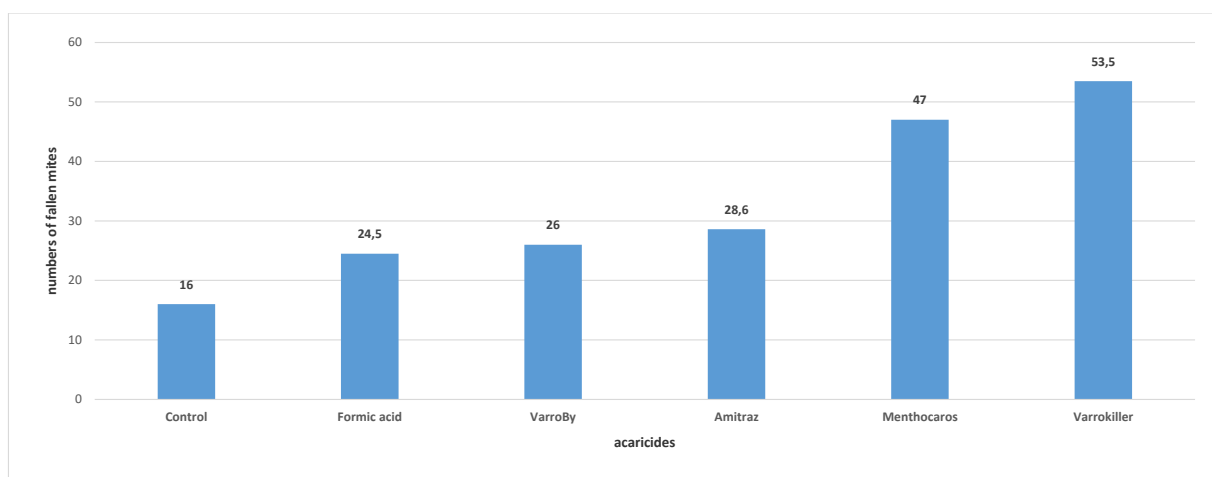


Figure 1. Total fallen mites after treated with different acaricide treatments.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

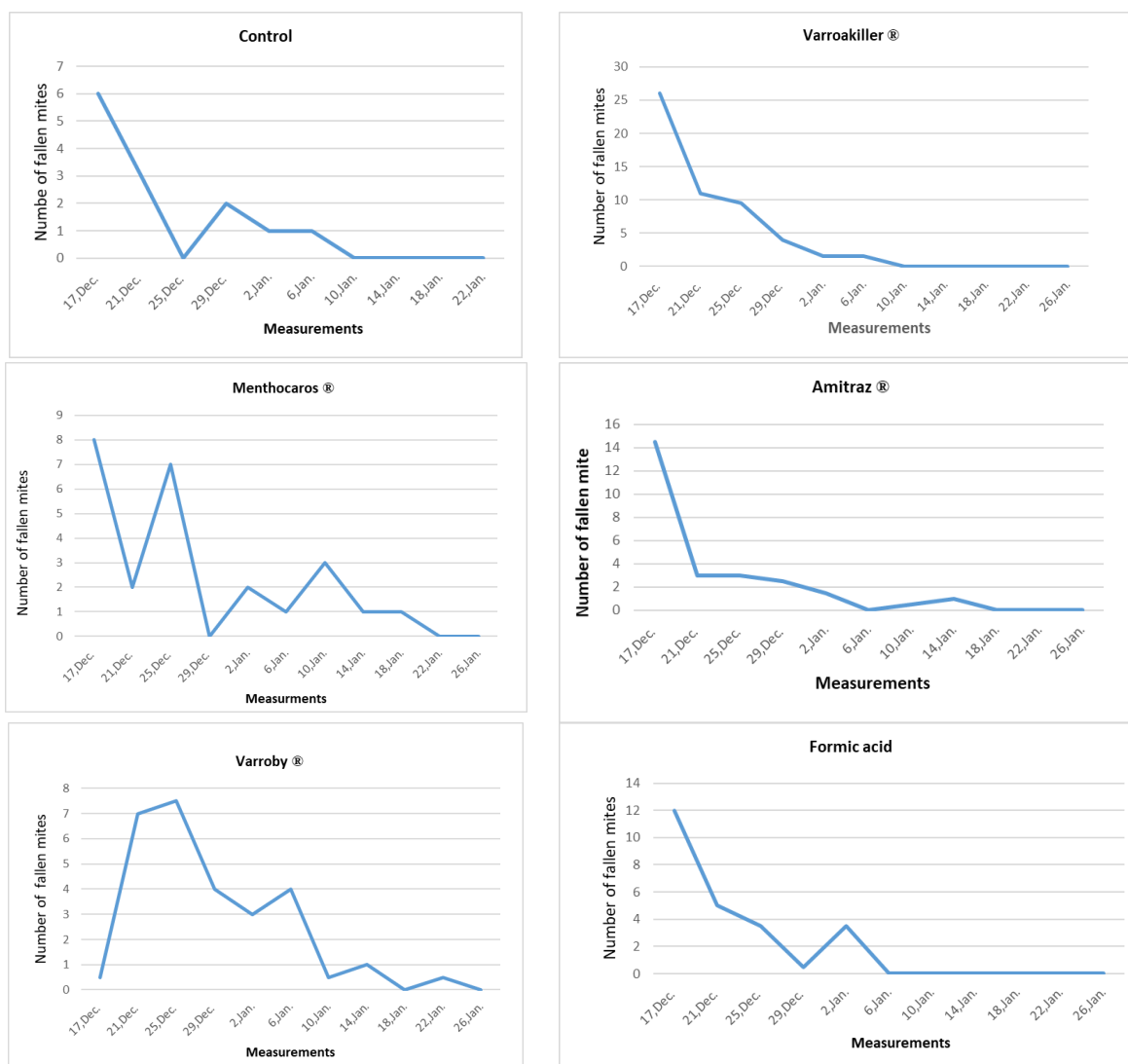


Figure 2. Number of fallen mites in colonies after treated with Acaricides compared to control colonies during the study period.

Histopathological studies

The histological changes of the worker bee HPGs were assessed and presented in Figure 3. In the control colonies, a normal histological structure of gland acini and secretory vacuoles was observed (Fig. 3a). Moderate histological changes were noticed in the treatments of formic acid and Menthocaros®, where treated bees with formic acid demonstrated atrophy in some gland acini while others exhibited vacuolization in the cytoplasm without nuclei (Fig. 3b). For Menthocaros®, the HPGs showed loss of intracytoplasmic vacuoles with the disintegration of the nuclei in the gland acini (Fig. 3c). On the other hand, there were significant

histological changes in the treatments of Varroakiller®, Amitraz®, and Varroby® (Fig. 3 d,e,f). The HPGs of treated bees with Varroakiller® revealed granular basophilic material in the compact eosinophilic cytoplasm with pyknotic nuclei in gland acini (Fig. 3d). Treated bees with Amitraz® showed fine basophilic granules distributed in the cytoplasm of gland acini (Fig.3 e). In the Varroby® treatment, pyknotic nuclei with deep eosinophilic compact cytoplasm were detected in the atrophied epithelial lining cells of gland acini (Fig. 3f). (Means in the same column followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level of probability. $p>0.05$).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 2. Mean areas of eggs, sealed workers brood (cm²/colony) of honey bee colonies and fallen numbers of mites as a result of acaricides treated. SD=standered division.

Treatments	Area of eggs (mean ± SD) (cm ² /colony/4day)	Area of sealed worker brood (mean ± SD) (cm ² /colony/13 day)	Numbers of fallen mites / day (mean ± SD)
Varroakiller®	64.03 ^A ± 4.53	327.98 ^A ± 17.8	5.35 ^A ± 2.63
Menthocaros®	35.84 ^D ± 0.28	129.72 ^C ± 8.23	4.70 ^A ± 1.14
Amitraz®	30.86 ^D ± 0.75	101.73 ^D ± 10.05	2.60 ^{BC} ± 1.38
Varroby®	53.54 ^B ± 0.52	222.25 ^B ± 14.27	2.80 ^B ± 0.88
Formic acid	43.84 ^C ± 0.20	228.90 ^B ± 15.21	2.45 ^{BC} ± 1.22
Control	18.69 ^E ± 2.71	44.83 ^E ± 4.67	1.60 ^C ± 0.53

Means in the same column followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level of probability. $p > 0.05$

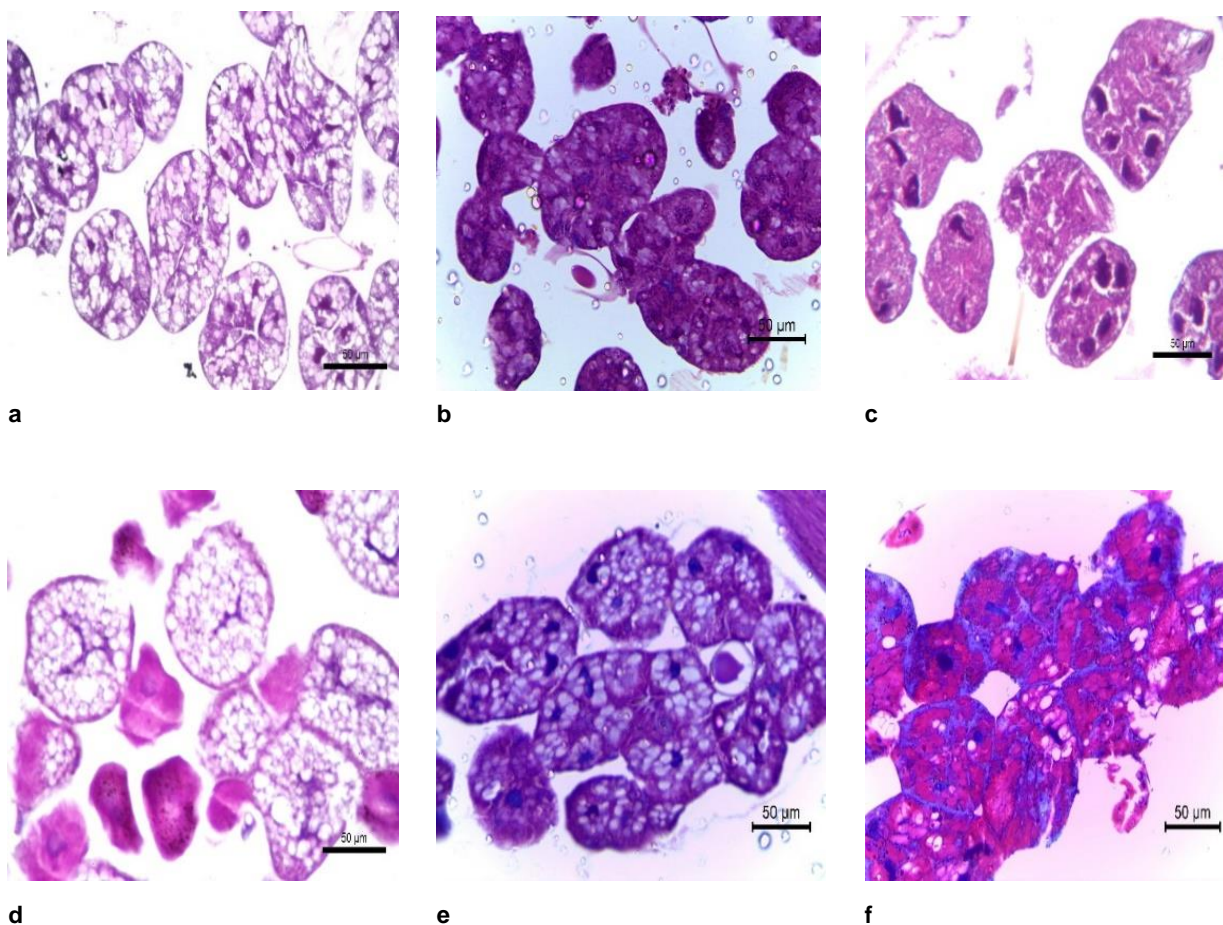


Figure 3. Light micrographs of the HPGs of honey bee workers, after two months of treatment with acaricides. (a) the control bees show the normal histological structure of the acini. (b) treated bees with Formic acid, showing atrophy in some acini while other acini showed vacuolization in the cytoplasm. (c) treated bees with Menthocaros®, showing loss of the intracytoplasmic vacuoles. (d) treated bees with Varroakiller®, showing granular basophilic material in the compact eosinophilic cytoplasm with pyknotic nuclei. (e) treated bees with Amitraz®, showing fine basophilic granules in the cytoplasm of the acini. (f) treated bees with Varroby®, a nuclear pyknosis with deep eosinophilic compact cytoplasm in the atrophied lining epithelial cells of the acini. Scale bar 100 µm.

DISCUSSION

Varroa mite

Understanding the morphological changes and functional implications is crucial for effective beekeeping practices and colony management. The parasitic bee mite *V. destructor* is the most destructive pest of honey bees and has a significant negative economic impact on the global beekeeping business (Al-Abadi and Nazer, 2003). Acaricides are currently widely used by beekeepers in Egypt to control *Varroa* mites in honey bee colonies. The negative effects of acaricides can be so cryptic that they may be challenging to recognize by beekeepers and may only cause acute poisoning when combined with other stressors (Gregorc *et al.* 2012). Therefore, this study was conducted to determine the effect of acaricides on the *Varroa* mite and their adverse effect on bee colony activities. This study represents the first attempt in Egypt to evaluate the effect of some acaricides on the HPGs using histological methods. Our results showed that the total fallen mite counts were 53.5, 47.0, 28.6, 26.0, and 24.5 for Varroakiller®, Menthocaros®, Amitraz®, Varroby®, and formic acid, respectively. This trend of results is consistent with the findings of Abu-Zeid and Ghoniemy (1992), who reported that Bayvarol and Apistan reduced the infestation percentages of *Varroa* mites from 36.00% and 33.00% to 2.7% and 4.7%, respectively.

There are very few acaricides available to manage the parasite, and so the evolution of the mite's resistance to acaricides poses a serious threat to controlling the mite. In our study, although Amitraz effectively has fallen out of an acceptable number of *Varroa* mites, global concerns and warnings necessitate caution regarding its use. Hernández-Rodríguez *et al.* (2021) documented that there is a significant variation in the expected efficacy of coumaphos and pyrethroids across the different region of Spain, indicating the presence of a different ratio of resistant individuals to these acaricides in each population. On the other hand, the expected efficacy of Amitraz was more consistent, though slightly below the expected efficacy according to the label.

In the same geographical and climatic scope for our plots, the results of Ghoniemy and Abu-Zeid (1993) highlighted the efficacy of formic acid in suppressing *Varroa* mites. They observed the number of fallen *Varroa* mites per hive over four days at two locations, Qalyobia and Fayoum. Their findings indicated that

the number of fallen *Varroa* mites at Qalyobia was 661.25, 302.75, 86.75, and 6.00 per hive for the respective four-day periods, while at Fayoum, the numbers were 319.75, 88.74, 79.50, and 47.50 for the corresponding periods. Untreated colonies in Qalyobia exhibited an average of 29.25, 21.50, 23.00, and 12.50 collected mites per colony. In contrast, those in Fayoum had averages of 12.25, 13.00, 17.00, and 14.25 mites, respectively. Additionally, the percentage of infestation decreased from 51.6% to 7.45% and from 41.82% to 10.90% in the Qalyobia and Fayoum apiaries, respectively. In a related study, Mahmoud *et al.* (2019) reported a mean of 118.00, 55.30, 55.00, 25.00, and 20.00 fallen *Varroa* mites per week after treating honey bee colonies with one Varroakiller® strip in Giza. In contrast, Sharaf El-Din and Elenany (2020) found that formic acid had the most significant impact on *Varroa* mites, with an average of 62.38 mites falling, followed by Bayvarol® at 44.38 fallen mites. Varoviga® showed a minor effect, with only 27.88 fallen mites. However, Aljedani (2021) discovered that garlic, cinnamon, Amitraz®, and thyme oil were the most effective treatments for falling *Varroa* mites, with minimal differences. The resulting values were 4.26 ± 1.57 , 4.13 ± 1.84 , and 2.73 ± 0.72 for garlic oil, cinnamon oil, and Amitraz®, respectively.

The areas of eggs and sealed worker brood

The SWB results showed that the treatments were arranged in the following order: Varroakiller® (327.98 cm²), formic acid (228.92 cm²), Varroby® (222.25 cm²), Menthocaros® (129.72 cm²), and Amitraz® (101.73 cm²). For the control colonies, the SWB was 44.83 cm². The statistical analyses demonstrated significant differences between the control and treatment groups and among the various treatment groups (except between formic acid and Varroby®). According to Ghoniemy (1998), in Fayoum, the SWBA in colonies treated with formic acid (applied as cardboard plates placed on top of frames) were 1.158 cm². According to Sharaf El-Din and Elenany (2020), treatments with Varoviga, Bayvarol, and formic acid significantly increased the brood area compared to the control group.

Histological studies of the hypopharyngeal glands

The worker honey bee produces the protein fraction of worker and royal jelly, which is fed to developing larvae and queens. The glands responsible for this production are located in the head of the bee and are highly sensitive to the quantity and quality of pollen

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

and pollen substitutes that the worker bee consumes (Kubo *et al.*, 1996; Ueno *et al.*, 2009). Our findings indicated a normal histological structure of gland acini, as well as secretory vacuoles, in control colonies. Treated bees with formic acid showed some gland acini with atrophy, vacuolization in the cytoplasm, and the absence of nuclei. In contrast, treated bees with Menthocaros® exhibited loss of intracytoplasmic vacuoles and nuclear disintegration in gland acini. Treatment with Varroakiller®, Amitraz®, and Varroby® resulted in significant histological changes. Bees treated with Varroakiller® showed granular basophilic in the compact eosinophilic cytoplasm with pyknotic nuclei in gland acini.

In contrast, those treated with Amitraz® demonstrated fine basophilic granules distributed in the cytoplasm of gland acini. Bees treated with Varroby® showed pyknotic nuclei with deep eosinophilic compact cytoplasm in the atrophied lining epithelial cells of gland acini. Our results are consistent with those of de Moraes and Bowen (2000), Gashout *et al.* (2020), and Zhang *et al.* (2023), who reported that acaricide-exposed HPGs of *A. mellifera* exhibited vacuoles, heterogeneous content of secretory vesicles, pyknosis, and degeneration of this gland in workers, with an impact on the amount of royal jelly produced and its proteomic profile. To obtain a comprehensive understanding of the overlapping effects of acaricides and Varroa parasites on HPGs, further research is necessary.

Conclusion

This research determined the effect of the five most popular mite acaricides on honey bee colonies in Egypt. Specific effects vary based on acaricide type, dosage, application method, and the overall health of the bee colony. Varroakiller® significantly reduces Varroa populations, has no direct impact on worker bees or egg-laying areas, but has a considerable impact on the HPGs. Formic acid results in a short exposure period, causing a 100% reduction by the 7th measurement (after 24 days), and this percentage remains constant until the end of the treatment (at the 19th measurement). For treated colonies, the histological structure showed degenerative changes in all treated samples due to the long period the bees were exposed to the treatment. Additionally, Menthocaros® significantly decreases Varroa quantity and has a modest impact on areas such as eggs and SWBA. However, it has

a negligible impact on the HPGs. Therefore, this study confirms that it is essential to consider the impact of these treatments on the bee colony and the quantity used to achieve this result when determining the acaricide's performance rather than relying solely on its ability to reduce Varroa populations. The interaction between Varroa infestation and acaricide exposure requires detailed and context-specific investigation and beekeepers should know how these drugs affect bees.

Acknowledgment: The authors would like to thank Prof. Dr. Helmy Abdou Ghoniemy, professor of Economic entomology faculty of agriculture, at Fayoum University for a scientific review of the research.

Author Contribution: RAS, MSEL, and AEA help with planning, data gathering, methodological planning, data gathering, experimenting, and putting up a study. All authors read and approved the final manuscript.

Competing interests: The authors declare no competing interests

Data availability statement: The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Ethics approval: Not applicable.

Funding: The authors declare that no funds, grants, or other support were received during the preparation of this manuscript

REFERENCES

- Abu-Zeid, MI, Ghoniemy, HA. Evaluation of the role of some chemical compounds for controlling *Varroa jacobsoni* Oudemans in Egypt. Minufiya journal of agricultural research, 1992;17(3):1465- 1470.
- Al-Abbadi, A, Nazer, IK. Control of Varroa mite (*Varroa destructor*) on honey bees by aromatic oils and plant materials. Agricultural and Marine Sciences, 2003;8(1):15-20.
- Aljedani, DM. Controlling Varroa mites infesting honey bees (*Apis mellifera* L.) Using some essential oils and Amitraz® under colony conditions. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2021;9(6):01-07 <https://doi.org/10.22271/j.ento.2021.v9.i6a.88> 70.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Anderson, DL, Trueman, JWH. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and applied acarology*, 2000;24:165-189. <https://doi.org/10.1023/A:1006456720416>
- Bancroft, JD, Stevens, A, Turner, DR. *Theory and practice of histological techniques*. 4th ed. Churchill Livingstone, New York, London, San Francisco, Tokyo. 1996.
- Charpentier, G, Vidau, C, Ferdy, J, Tabart, J, Vetillard, A. Lethal and sub-lethal effects of thymol on honey bee (*Apis mellifera*) larvae reared in vitro. *Pest management science*, 2014;70(1):140–147. <https://doi.org/10.1002/ps.3539>
- Colin, T, Lim, MY, Quarrell, SR, Allen, GR, Barron, AB. Effects of thymol on European honey bee hygienic behaviour. *Apidologie*, 2019;50:141–152. <https://doi.org/10.1007/s13592-018-0625-8>
- da Costa, RA, Cruz-Landim, C. Comparative study of the ultrastructure and secretory dynamic of hypopharyngeal glands in queens, workers and males of *Scaptotrigona postica* Latreille (Hymenoptera, Apinae, Meliponini). *Biocell: Official Journal of the Sociudades Latinoamericanas de Microscopia Electronica et. al*, 2000;24(1):39-48.
- Dade, HA. *Anatomy and dissection of honey bee*. Book published by the London Internet Bee Research association. 1977;158p.
- de Moraes, RLS, Bowen, ID. Modes of cell death in the hypopharyngeal gland of the honey bee (*Apis mellifera* L). *Cell Biology International*, 2000;24(10):737-743. <https://doi.org/10.1006/cbir.2000.0534>.
- Duncan, DB. Multiple Range and Multiple F-Test. *Biometrics*, 1955;11.1-5.
- Eguaras, M, Palacio, MA, Faverin, C, Basualdo, M, Del Hoyo, ML, Velis, G, Bedascarrasbure, E. Efficacy of formic acid in gel for Varroa control en *Apis mellifera* L.: importance of the dispenser position inside the hive. *Veterinary Parasitology*, 2003;111(2-3):241-245. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(02\)00377-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(02)00377-1).
- Fluri, PLM, Wille, H, Gerig, L. Changes in weight of the pharyngeal gland and haemolymph titres of juvenile hormone, protein and vitellogenin in worker honey bees. *Journal of Insect Physiology*, 1982;28:61–8. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(82\)90023-3](https://doi.org/10.1016/0022-1910(82)90023-3).
- Gashout, HA, Guzman-Novoa, E, Goodwin, PH, Correa-Benítez, A. Impact of sublethal exposure to synthetic and natural acaricides on honey bee (*Apis mellifera*) memory and expression of genes related to memory. *Journal of insect physiology*, 2020;121,104014. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2020.104014>.
- Ghoniemy, HAA. comparison between different techniques for controlling *varroa jacobsoni* (using formic acid) under Fayoum condition. *Mansoura University Journal of Agricultural Science*, 1998;23(7):1110- 0346.
- Ghoniemy, HA, Abu-Zeid, MI. The use of formic acid for control of *Varroa jacobsoni* Oudemans on honey bees in Egypt. *Egypt J. Applied Science*, 1993;8 (1):240-245.
- Glinski, Z. The effect of *Varroa jacobsoni* Oud. on the incidence and cause of chalk brood disease in *Apis mellifera* L. colonies. *Review of Agricultural Entomology*, 1991; 79-97.
- Gregorc, A, Evans, JD, Scharf, M, Ellis, JD. Gene expression in honey bee (*Apis mellifera*) larvae exposed to pesticides and varroa mites (*Varroa destructor*). *Journal of insect physiology*, 2012;58(8):1042-1049. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.03.015>.
- Hernández-Rodríguez, CS, Marín, Ó, Calatayud, F, Mahiques, MJ, Mompó, A, Segura, I, Simó, E, González-Cabrera, J. Large-scale monitoring of resistance to coumaphos, amitraz, and pyrethroids in *Varroa destructor*. *Insects*, 2021;12(1): 12-27. <https://doi.org/10.3390/insects12010027>.
- Jeffree, E. P. (1958). A shaped wire grid for estimating quantities of brood and pollen in combs. *Bee World*, 39(5), 115–118. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1958.11095048>.
- Kanga, LH, James, RR. Varroa control with fungal pathogens may be an option soon. *American Bee Journal*, 2002;142(7):519-520.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Kubo, T, Sasaki, M, Nakamura, J, Sasagawa, H, Ohashi, K, Takeuchi, H, Natori, S. Change in the expression of hypopharyngeal-gland proteins of the worker honeybees (*Apis mellifera* L.) with age and/or role. The journal of biochemistry, 1996;119(2):291–295. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jbchem.a021237>.
- Lodesani, M, Colombo, M, Spreafico, M. Ineffectiveness of Apistan® treatment against the mite *Varroa jacobsoni* Oud. In several districts of Lombardy (Italy). Apidologie, 1995;26(1):67-72. <https://doi.org/10.1051/apido:19950109>.
- Mahmoud, SOM, Mohamed, SH, Mohamed, SY, Wael, MM. Efficiency assessment of modified defined chemical compounds for controlling Varroa mite, *Varroa destructor* (Parasitiformes: Varroidae) in Egyptian apiaries. Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute, 2019;2(1):123-133. <https://doi.org/10.1051/apido:20219903146>.
- Murilhas, AM. Varroa destructor infestation impact on *Apis mellifera carnica* capped worker brood production, bee population and honey storage in a Mediterranean climate. Apidologie, 2002;33(3):271-281. <https://doi.org/10.1051/apido:2002013>.
- Pettis, JS. A scientific note on Varroa destructor resistance to Coumaphos in the United States. Apidologie, 2004;35(1):91–92. <https://doi.org/10.1051/apido:2003060>.
- Pietropaoli, M, Gajger, IT, Costa, C, Gerula, D, Wilde, J, Adjlane, N, Aldea-Sánchez, P, Smodiš Škerl, MI, Bubnič, J, Formato, G. Evaluation of two commonly used field tests to assess *Varroa destructor* infestation on honey bee (*Apis mellifera*) colonies. Applied Sciences, 2021;11(10): 4458. <https://doi.org/10.3390/app11104458>.
- Shapiro, SS, Wilk, MB. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika, 1965 52(3–4), 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Sharaf El-Din, HA, Elenany, YE. Assessment of Newly Registered *Varroa destructor* Infestation Control Acaricides in the Colonies of Honey Bees *Apis mellifera* L. Under Egyptian Conditions. Mansoura University. Journal of Plant Protection and Pathology, 2020;11(10):489-491. <https://doi.org/10.21608/jppp.2020.124895>
- Snedecor, GW, Cochran, WG. Statistical method 7th Ed. The Iowa state university press, Ames, Iowa, USA, 1980;39-63.
- Tihelka, E. Effects of synthetic and organic acaricides on honey bee health: a review. Slovenian Veterinary Research, 2018;55(3):22. <https://doi.org/10.26873/SVR-422-2017>.
- Tiwari, R, Dhami, M, Mathur, V, Bisht, B. Efficacy of animal origin products and ajwain powder against honey bee diseases in *Apis mellifera* (Linnaeus) colonies in Uttarakhand-A novel eco-friendly approach. Journal of Applied and Natural Science, 2014;6(1):68-75. <https://doi.org/10.31018/jans.v6i1.377>.
- Ueno, T, Nakaoka, T, Takeuchi, H, Kubo, T. Differential gene expression in the hypopharyngeal glands of worker honeybees (*Apis mellifera* L.) associated with an age-dependent role change. Zoological science 2009;26(8):557–563.
- Yousef, SI, El Basheir, ZM, Teleb, SS, Ibraheem, E. Effect of Varroa infestation on the morphological and histological structure of the hypopharyngeal glands of *Apis mellifera* workers. Journal of American Science, 2014;10(12):69-78.
- Zhang, Y, Liu, A, Huang, SK, Evans, JD, Cook, SC, Palmer-Young, E, Corona, M, Alburaki, M, Liu, G, Han, RC, Li, WF. Mediating a host cell signaling pathway linked to overwinter mortality offers a promising therapeutic approach for improving bee health. Journal of Advanced Research, 2023;53,99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.12.011>.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

IDENTIFICATION OF THE BOTANICAL ORIGIN AND DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF HONEY SAMPLES COLLECTED FROM THE SARY-CHELEK BIOSPHERE RESERVE OF KYRGYZSTAN

Kırgızistan'ın Sarı-Çelek Biyosfer Rezervinden Toplanan Bal Örneklerinin Botanik Kökeninin ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Belirlenmesi

Nazgül ISHENBAEVA¹, Mukarama MUSULMANOVA², Jamila SMANALIEVA^{1,3*}

¹Department of Food Production Technology, Institute of Technology, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, pr. Aytmatov 66, 720044 Bishkek, KYRGYZSTAN, E-posta.ishenbaevanazgul108@gmail.com, ORCID No: 0009-0003-4388-5777

²Department of Food Production Technology, Institute of Technology, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, pr. Aytmatov 66, 720044 Bishkek, KYRGYZSTAN, E-mail: mmusulmanova@kstu.kg, ORCID No: 0000-0002-4205-2875

³Food Chemistry Department, Faculty of Chemistry and Food Chemistry, Technische Universität Dresden, Bergstr. 66, 01069 Dresden, GERMANY, Corresponding author

Geliş Tarihi / Received: 28.01.2024

Kabul Tarihi / Accepted: 15.04.2024

DOI: 10.31467/uluaricilik.1423188

ABSTRACT

Sary-Chelek Biosphere Reserve is one of the richest rare flora and animal reserves in Kyrgyzstan. The natural environment of the Sary-Chelek Biosphere Reserve is exceptionally favourable to high-quality honey production. Botanical authenticity is the main factor influencing honey prices, as it has a direct impact on the quality of honey. Producing monofloral honey in a natural landscape is challenging because, throughout the beekeeping season, multiple melliferous plants bloom at the same time. The article describes for the first time the botanical origin and physicochemical characteristics of honey collected in this biosphere reserve and also determines the influence of the dominant honey plant on organoleptic, physicochemical, and food safety indicators. Pollen grains of 50 taxa of nectar sources and about 10 taxa of pollen sources were identified. There were unique plant pollens in the samples; nine of the samples were monofloral honey—three of sage (*Salvia officinalis* L.), four of thyme (*Thymus vulgaris* L.), and two of eremurus (*Eremurus fuscus* O.Fedtsch), and eight samples were polyfloral honey. High diastase activity was found in samples of thyme honey (41.1 ± 2.9 Gothe) and in samples of sage honey (31.3 ± 2.2 Gothe). The physicochemical and food safety parameters of the honey samples comply with the established norms and international standards.

Keywords: Melliferous plants, Honey, Nectar, Pollen analysis, Quality

ÖZ

Sary-Chelek Biyosfer Rezervi, Kırgızistan'daki en zengin nadir bitki örtüsü ve hayvan rezervlerinden biridir. Sary-Chelek Biyosfer Rezervi'nin doğal ortamı, yüksek kaliteli bal üretimi için son derece elverişlidir. Botanik özgünlük, balın kalitesi üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu için bal fiyatlarını etkileyen ana faktördür. Doğal bir peyzajda tek çiçekli bal üretmek zordur çünkü arıcılık sezonu boyunca birden fazla melez bitki aynı anda çiçek açar. Bu makale, bu biyosfer rezervinde toplanan balın botanik kökenini ve fizikokimyasal özelliklerini ilk kez tanımlamakta ve ayrıca baskın

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

bal bitkisinin organoleptik, fizikokimyasal ve gıda güvenliği göstergeleri üzerindeki etkisini belirlemektedir. Nektar kaynaklarının 50 taksonuna ait polen taneleri ve polen kaynaklarının yaklaşık 10 taksonu tanımlanmıştır. Örneklerde benzersiz bitki polenleri vardı; örneklerin dokuzu monofloral baldı - üçü adaçayı (*Salvia officinalis* L.), dördü kekik (*Thymus vulgaris* L.) ve ikisi eremurus (*Eremurus fuscus* O. Fedtsch) ve sekiz örnek polifloral baldı. Yüksek diastaz aktivitesi kekik balı (41.1 ± 2.9 Gothe) ve adaçayı balı (31.3 ± 2.2 Gothe) örneklerinde bulunmuştur. Bal örneklerinin fizikokimyasal ve gıda güvenliği parametreleri belirlenmiş normlara ve uluslararası standartlara uygundur.

Anahtar kelimeler: Melez bitkiler, Bal, Nektar, Polen analizi, Kalite

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Amaç: Toktogul, Sary-Chelek, Kara-Shoro ve At-Bashy, Kırgızistan'da bal üretimi için en önemli dağlık bölgelerdir. Sarı-Çelek Biyosfer Rezervi, Kırgızistan'daki en zengin nadir flora ve hayvan rezervlerinden biridir. Sarı-Çelek biyosfer rezervinin doğal ortamı, yüksek kaliteli bal üretimi için son derece elverişlidir. Doğal bir manzarada tek çiçekli bal üretmek zordur çünkü arıcılık sezonu boyunca birden fazla melez bitki aynı anda çiçek açar. Botanik özgünlük, balın kalitesi üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu için bal fiyatlarını etkileyen ana faktördür. Bu bölgeden gelen balın botanik kökeni şimdye kadar hiç araştırılmamıştır. Kırgızistan'daki Sary-Chelek Biyosfer Rezervi'nden elde edilen dağ balının fizikokimyasal özelliklerini ve botanik kökenini detaylandıran bilimsel çalışmaların eksik olduğu göz önüne alındığında, bu çalışma "SaryChelek" Biyosfer Rezervi'nden toplanan balın botanik kökenini belirlemeyi ve fizikokimyasal parametrelerini belgelemeyi amaçlamaktadır.

Gereç ve Yöntemler: Sarı-Çelek Biyosfer Rezervi'nden toplanan toplam 17 bal örneği üzerinde çalışılmıştır. Polen analizi Uluslararası Arı Botanik Komisyonu tarafından belirlenen yöntemle göre yapılmıştır. Tanımlayıcı niteliksel yöntem ISO standartlarına göre uygulanmıştır (ISO 5492, 2008; ISO 6658, 2005). Bu yöntem görünüş, kıvam, renk, koku, aroma ve lezzet gibi tüm tanımlayıcıları dikkate almaktadır. Nem, serbest asitlik ve diastaz aktivitesi gibi kalite parametrelerinin analizi, Avrupa Bal Komisyonu'nun Uyumlaştırılmış Yöntemlerine karşılık gelen GOST 19792-2017'ye (Bal Doğal. Teknik Koşullar) göre yapılmıştır.

Bulgular ve tartışma: Polen analizi, bu bölge için karakteristik melez bitki türlerini belirlememizi sağlamıştır. Bal örneklerinde 50 takson (nektar kaynağı) ve yaklaşık 10 takson (polen kaynağı) tespit edilmiştir. Ana polen taneleri 10 familyaya aittir: Apiaceae Lindl., Asteraceae Bercht. & J.Presl., Campanulaceae Juss., Hypericaceae Juss.,

Rosaceae Juss., Lamiaceae L., Liliaceae Juss., Fabaceae Lindl. Boraginaceae Juss. ve Plantaginaceae Juss. Polen analizi sonuçları, bal hasadı dönemi boyunca arılık çevresinde çiçekli bitkilerin bolluğuna rağmen arıların çoğunlukla bir (birincil) veya iki (ikincil) çiçek türünden topladığını göstermektedir. Örneklerin sekizi monofloral baldır - üçü adaçayı (*Salvia officinalis* L.), dördü kekik (*Thymus vulgaris* L.) ve ikisi eremurus (*Eremurus fuscus* O. Fedtsch) - ve geri kalanı rezervin farklı yerlerinden toplanan Rosaceae ve Apiaceae familyalarının polifloral polenleridir. Fizikokimyasal parametreler tüm uluslararası ve ulusal normları ve gereklilikleri karşılamaktadır. Bal örneklerinde pestisit tespit edilmemiştir. Elde edilen sonuçlar, Kırgızistan'da üretilen balın botanik ve coğrafi kökeninin belirlenmesine önemli bir katkı sağlamaktadır.

Sonuç: Sarı-Çelek rezervinden farklı bölgelerinden toplanan 17 bal örneğinin polen analizi ve bu bölgeler özgü bitki türlerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Nektar toplama döneminin tamamı boyunca arılık çevresinde çiçekli bitkilerin bol olması polifloral balların toplanmasını olanak sağladığı gibi adaçayı, kekik, eremurus gibi bazı değerli ve nadir monofloral balların toplanması mümkün olmaktadır. Eremurus balının organoleptik ve fizikokimyasal parametreleri ilk kez açıklanmıştır. Öte yandan araştırma, korunan alanlarda arıcılığın avantajlarını ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar Kırgızistan'da üretilen balların botanik ve coğrafi kökeninin belirlenmesine önemli katkı sağlayacak ve adaçayı, kekik, ve eremurus gibi monofloral ballara yönelik standartların oluşturulmasında kullanılabilir.

INTRODUCTION

Honey varieties that are most renowned and widely consumed in Kyrgyzstan are sourced from mountainous regions, including Toktogul, Sary-Chelek, Kara-Shoro, and At-Bashy. The Sary-

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Chelek Biosphere Reserve is one of five natural reserves located in the western Tien Shan mountains in Kyrgyzstan (Fig.1). Lake Sary-Chelek (1873 m a.s.l.) and the surrounding 238.33 km² area were established as a protected area in 1959 and granted Biosphere Reserve status by UNESCO in 1979. The Sary-Chelek Biosphere Reserve is one of the richest rare flora and animal reserves in Kyrgyzstan, habitats in the reserve include forest, meadow, steppe, rock escarpments, and some aquatic systems (Lake Sary-Chelek, Iiri-Köl, Kyla-Köl) (Cantarello et al. 2014). The reserve occupies a mountain basin in the range of altitudes from 1200 to 4247 m a.s.l. (Umurakov et al. 1987, Duisenov et al. 2016). The territory of the reserve includes landscapes of the following altitudinal belts: low-altitude forest (1200–1800 m), middle-altitude forest-meadow (from 1800 to 2600–2700 m), and high-altitude meadow (2700–4000 m) (Umurakov et al. 1987). The reserve's area successfully integrates the distinctive and typical elements of southern Kyrgyzstan's natural landscape, including rare flora and animals, multi-age landscapes and plant communities. The uniqueness of the landscapes is

due to the combination of walnut and coniferous forests with subalpine and alpine meadows, shrub formations and steppes. The seasons are quite distinct; precipitation falls mainly in the form of snow and is accompanied by a noticeable drop in temperature. In the second half of April, frosts stop, and vegetation begins to grow actively. The best time for plant development is during the first half of summer, from late May to mid-July, when the optimal temperature and moisture levels are present (Ionov and Lebedeva 2002, Umurakov et al. 1987).

The natural environment of the Sary-Chelek biosphere reserve is exceptionally conducive to honey production. The flora is composed of plants belonging to 63 families and 378 genera (Ionov and Lebedeva 2002). In terms of species richness, the families of *Asteraceae* (115 species), *Poaceae* (105) and *Fabaceae* (89) are distinguished. Diversely represented plants belong to the families *Lamiaceae* (69), *Rosaceae* (68) and *Cruciferae* (61 species), and contain many fodder plants (180 species), melliferous plants (80) and medicinal plants (48 species) (Duisenov and Aitmatova, 2016).



Figure 1. A: Map of Kyrgyzstan and location of Sary-Chelek Biosphere Reserve total area: 238.33 km²; **B:** location of apiaries (UNEP-WCMC, 2024)

One of the main plants in the Sary-Chelek nature reserve is the walnut (*Juglans regia* L.) (1574 ha). Along with walnuts, apple trees (*Malus* Mill.), hawthorn (*Crataegus* L.), maple (*Acer*), barberry

(*Berberis* L.) honeysuckle (*Caprifoliaceae* Juss.) and other species also flourish in the forest. Along with walnut forests, local apple forests are concentrated in the southern part of the reserve and occupy about

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

400 hectares. Small massifs of pear forests (about 2 ha) are preserved in the tracts of Kelte-Sai. In the rich flora of Sary-Chelek, there are many endemic and rare species, with a narrow range of species listed in the Red Book. Above all, the Schrenk's spruce (*Picea schrenkiana* Fisch. & C.A. Mey.) is under special protection. *Eremurus* plants spread on stony-rubble soils of river terraces, and large eremurus (*Eremurus robustus* Regel) reaches a height of more than 1 m (Ionov and Lebedeva, 2002). A total of 13 species of plants and 15 species of animals are registered in the Red Book of the Kyrgyz Republic (Duisenov and Aitmatova, 2016).

Intensive use of the walnut-fruit forests has led to concerns that unsustainable patterns of land use have been a major cause of forest loss and degradation (Cantarello et al. 2014). Sustainable use and conservation management of protected areas is therefore very important. Biosphere Reserves are 'learning places for sustainable development' (UNESCO, 2022). Beekeeping has positive environmental impacts and is one of form of sustainable land use. Pollination is essential for the wild and cultivated flora and is performed by honeybees in the process of nectar collection. This process promotes biodiversity by facilitating the flourishing of diverse plant species and preserving ecological equilibrium.

Botanical authenticity is the main factor influencing honey prices, as it has a direct impact on the quality of honey. Moreover, honey's origin must be clearly stated on the label, and quality schemes are prescribed based on its geographical and botanical origin (Tsagkaris et al., 2021). The consistency of honey also depend on the botanical origin of honey (Smanalieva and Senge, 2009). In Europe, 117 species of monofloral honey have been described, of which 111 are floral and 6 are honeydew, including 15 species that have commercial value. Detailed characteristics are given for the following types of monofloral honey: *Thymus*, *Tilia* L., *Taraxacum* F.H. Wigg., *Rosmarinus* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Rhododendron* L., *Lavandula* L., *Citrus* L. etc. (Oddo et al., 2004).

Producing monofloral honey in a natural landscape is challenging because, throughout the beekeeping season, multiple melliferous plants bloom at the same time. Despite this, recent studies of the botanical origin of honey samples collected in various regions of the Kyrgyz Republic in 2018 and 2019 have revealed the following monofloral honey

varieties: sainfoin (*Onobrychis* Mill.), thyme (*Thymus*), eremurus (*Eremurus*), blueweed (*Echium* L.), forget-me-not (*Myosotis* L.), sage (*Salvia*), dandelion (*Taraxacum* F. H. Wigg.), cotton (*Gossypium* L.), toadflax (*Linaria* Mill.), and apple (*Malus*) (Ishenbaeva et al., 2021). Mountain honey from the Sary-Chelek Biosphere Reserve in Kyrgyzstan lacks scientific studies detailing its physicochemical characteristics and botanical origin. It should be noted that earlier research on the identification of melliferous plants from the Sary-Chelek Biosphere Reserve has been evaluated based on botanical expeditions but not through palynological analysis. Therefore, our research question was: Which melliferous plants (honey and pollen plants) in Sary-Chelek are the most important for beekeeping? Thus, the purpose of this research is to identify the botanical origins of melliferous plants and assess their potential for beekeeping, thereby effectively using the bee forage base and contributing to an increase in honey quality. The next objective was to determine the physicochemical parameters and describe the sensorial properties of honey collected from the Sary-Chelek Biosphere Reserve for detailed characteristics.

MATERIALS AND METHODS

Honey samples

About 17 honey samples were obtained directly from beekeepers of transition zone the Sary-Chelek Biosphere Reserve (Arkyt village) (latitude: 41.89 north longitude: 71.95 east) and buffer zones (latitude: 41.85 N, 72.00 E), collected in 2019, 2020 and 2021 (Table 1). Also, samples were collected from villages around the protected area. All investigated honey samples were stored in a refrigerator at a temperature of 4 °C until the analysis. Analysis of the samples was carried out in 2019–2021.

Melissopalynological analysis

Pollen analysis was conducted according to a method established by the International Commission of Bee Botany. The method consists of the preparation of microscopic preparations with a fixed amount of honey, followed by the identification and counting of real pollen grains (Louveaux et al. 1978, GOST 31766-2012, Von der Ohe et al. 2004). In particular, 10 g of honey was dissolved in 20 mL of water, and the resulting solution is centrifuged at 1000 rpm for 10 min. The supernatant was carefully

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

drained, and 20 mL of distilled water was added to the precipitate and stirred. The suspension was centrifuged for 5 min at 1000 rpm. The supernatant was decanted, and the centrifuge tube was placed on filter paper at an angle of 45° to remove residual liquid. The precipitate was thoroughly mixed with a microbiological loop, transferred to a slide, and covered with a coverslip. Pollen grains were identified using a microscope (XS-208A) at 100–400× magnification. For each pollen type, the fraction was calculated according to equation (1). The frequency of the occurrence of pollen grains in a

particular plant species was calculated according to the following formula:

$$Xp = \frac{A}{n} \cdot 100 \quad (1)$$

where A is the number of pollen grains of a single species in all counting fields; n is the total number of pollen grains counted in all counting fields (about 500–800 pollen were counter in each sample); and 100 is the conversion coefficient of relative fractions into percent. Thus, the pollen taxa were determined according to Burmistrov et al. (1990), Kurmanov & Ishbirdin (2013) and Moore and Webb (1991).

Table 1. List of honey samples from Sary-Chelek Biosphere Reserve and their botanical origins according to melissopalynology

No	Botanical origin	Location	Location coordinates of apiaries	Collecting year
1	Sage honey	Avletim, Rajon Aksy, Kirgisistan	41°38'0"N 71°56'0"E	2019
2	Polyfloral honey	Arkyt, Rajon Aksy, Kirgisistan	41°48'20"N 71°57'30"E	2019
3	Polyfloral honey	Bioshere Reserve area Rajon Aksy, Kirgisistan	41°53'24" N, 71° 57' 36"E	2019
4	Polyfloral honey	Bioshere Reserve area Rajon Aksy, Kirgisistan	41°53'24" N, 71° 57' 36"E	2019
5	Thyme honey	Bioshere Reserve area Rajon Aksy, Kirgisistan	41°53'24" N, 71° 57' 36"E	2019
6	Eremurus honey	Bioshere Reserve area Rajon Aksy, Kirgisistan	41°53'24" N, 71° 57' 36"E	2019
7	Polyfloral honey with forget-me-not	Arkyt, Rajon Aksy, Kirgisistan	41°48'20"N, 71°57'30"E	2020
8	Polyfloral honey with sage	Bioshere Reserve area Rajon Aksy, Kirgisistan	41°53'24" N, 71° 57' 36"E	2020
9	Thyme honey	Bioshere Reserve area Rajon Aksy, Kirgisistan	41°53'24" N, 71° 57' 36"E	2020
10	Sage honey	Avletim, Rajon Aksy, Kirgisistan	41°24" N, 71°85 57' 36"E	2020
11	Sage honey	Bioshere Reserve area, Kyla-Köl, Rajon Aksy, Kirgisistan	41°85'23" N, 71° 99' 88"E	2020

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

12	Eremurus honey	Bioshere Reserve area Kyla-Köl, Rajon Aksy, Kirgistan	41°85'23" N, 71° 99' 88"E	2021
13	Thyme honey	Bioshere Reserve area Kyla-Köl, Rajon Aksy, Kirgistan	41°85'23" N, 71° 99' 88"E	2021
14	Thyme honey	Bioshere Reserve area Rajon Aksy, Kirgistan	41°53'24" N, 71°57' 36"E	2021
15	Polyfloral honey	Arkyt, Rajon Aksy, Kirgistan	41°48'20"N 71°57'30"E	2021
16	Polyfloral honey	Bioshere Reserve area, Iri Köl, Rajon Aksy, Kirgistan	41°85'23" N, 72° 00' 63"E	2021
17	Polyfloral honey	Bioshere Reserve area, Iri Köl, Rajon Aksy, Kirgistan	41°85'23" N, 72° 00' 63"E	2021

According to the international melissopalynological nomenclature, dominant pollen in honey is defined as pollen occurring more than 45% of the total count; accompanying or secondary pollen are pollen occurring in the range 16–45%; important minor pollen are pollen occurring in the range 3–15%; and minor pollen are <3%. It should be noted that many pollen types, such as *Robinia pseudoacacia* L., *Citrus* L., *Tilia* L., *Lavandula* L., *Rosmarinus* L. can be underrepresented in honey. For declaration as monofloral honey collected from this plant flowers, the minimum percentage of the taxon that gives the honey the name should be 15% for acacia and 10% for citrus. Also, pollen from plants such as *Brassica napus* L., *Castanea sativa* Mill., and *Eucalyptus* L'Her. can be overrepresented in honey. For classify honey as monofloral chestnut and eucalyptus honey is required over 70–90% pollen from *Castanea sativa* and *Eucalyptus* and 60-80% rape (*Brassica napus* L.) pollen grains (Thrasylvoulou et al. 2018). If the ratio "Honeydew Elements/Pollen Grains (HDE/PG)" exceeds 3, the sample is considered honeydew (Louveauux 1978).

Sensorial analysis

The sensory analysis was applied according to ISO standards (ISO 5492, 2008; ISO 6658, 2005). This method takes into consideration all the sensory descriptors, such as appearance, consistency, colour, odor, taste: aroma and flavor. The samples were evaluated by 7 trained panellists. For the sensory analysis, a honey sample of 30–50 g in glass jars was used. First, honey samples were

analysed visually. We assessed the appearance, physical condition/consistency, and color range of honey samples. Colour intensity was described using a honey color chart and descriptors of normal honey color: water white, extra white, white, extra light amber, light amber, amber, dark amber. During the visual analysis, attention was paid to the purity and transparency of honey, homogeneity, and the presence or absence of any inclusions. The odour has to be evaluated both immediately after swirling the honey and after 10 or 20 s. For the description of odour, the following descriptors were used: woody, chemical, fresh, floral, fresh fruit, warm, spoiled, and vegetable. Then, to assess the mouth sensations, 1 or 2 g of honey is sampled with a stainless steel spoon. The honey is allowed to dissolve in the mouth before being slowly swallowed, so that the taste (sweet, salty, acidic, or bitter), the aroma (intensity and quality), the persistence, any aftertaste, and other mouth sensations can be perceived. The descriptors of the sensorial properties of honey were adopted from (Piana et al. 2004).

Physicochemical measurement

Analysis of quality parameters such as moisture, free acidity and diastase activity was conducted according to GOST 19792-2017 (Honey Natural. Technical Conditions), which corresponds to the Harmonised Methods of the European Honey Commission (Bogdanov et al. 1997). The refractive index of honey samples was measured using a refractometer (Abbe 2WAJ, Wincom Company Ltd., China) at 20°C. The corresponding moisture content

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

(%) was calculated using the relationship between refractive index and water content. The free acid content was measured in a 10% (w/w) honey solution by acid-base titration with 0.1 M NaOH up to pH 8.1 using a pH meter (AD8000, ADWA Instruments, Hungary), and the results were expressed as the milliequivalents per kilogram of honey (meq/kg) (Bogdanov et al. 1997).

The determination of diastase (α -amylase) activity was performed using a spectrophotometer (Spectrophotometer UV-1800, China) and expressed as diastase number in Gothe units (GOST 34232-2017). Diastase number is defined as the amount of enzyme that will convert 0.01 g of starch to the prescribed endpoint in 1 h at 40 °C under the conditions of the test (Bogdanov et al. 1997).

Indicators such as reducing sugars and sucrose, qualitative reactions to HMF, and electrical conductivity were carried out according to GOST 19792-2017, as well as some quality indicators such as tetracycline, chloramphenicol and pesticides, which were investigated according to the Technical Regulations of the Customs Union "On the Safety of Food Products" (TR CU 021, 2011).

Statistical analysis

Statistical analyses were performed using SPSS software version 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Comparative analysis of physicochemical parameters between samples was carried out using analysis of variance (ANOVA). Duncan's multiple test (DMRT) is a post hoc test that was used to measure specific differences between pairs of means at a significance level of $p \leq 0.05$. Pearson correlation coefficient analysis was performed to determine the relationship between the physicochemical characteristics of honey at a significance level of $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$.

RESULTS

Melissopalynological analysis

Pollen grains from 60 taxa of nectar sources and about 10 taxa of pollen sources were identified. The main pollen grains belong to 10 families: *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Campanulaceae*, *Hypericaceae*, *Rosaceae*, *Lamiaceae*, *Liliaceae*, *Fabaceae*, *Boraginaceae*, and *Plantaginaceae*. Most of the identified species are confined to thermophilic

slopes, streamside communities, agricultural lands and deposits.

As mentioned above honey can be declared a monofloral honey if the amount of pollen from one plant is more than 45% of the total amount (Louveaux et al. 1978). The exception is plants that intensively release pollen. Examples are chestnuts, rapeseed and forget-me-not flowers. By contrast, some plants produce less pollen; their nectarines and pollen petals are arranged in such a way that pollen cannot get into the nectar. Therefore, for honey from such plants, the number of "main" pollen grains is set significantly lower; for example, honey from false acacia should contain from 16% to 40% "main" pollen grains (Louveaux et al. 1978). According to the melissopalynological nomenclature, the minimum percentage of pollen required for the characterization of monofloral sage (*Salvia officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) honey must contain at least 15% pollen from these flowers (Thrasivoulou et al. 2018). As for monofloral eremurus honey, the proper amount of pollen is unknown but probably must be at least 45%. Based on melissopalynological analysis, in investigated honey samples were identified blueweed (*Echium vulgare* L.), bellflowers (*Campanula* L.), sainfoin (*Onobrychis*) and fruit trees (*Rosaceae*)—apple, plum, honeysuckle and others—as accompanying pollen and sources of nectar. Further, the investigated honey samples contained pollen from *carboniferous* plants that do not secrete nectar but give pollen: *Hypericum* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Artemisia* L., *Plantago* L., *Poaceae* Barnhart, *Cannabis sativa* L., *Humulus* L. and *Galium verum* L. Pollen of the *Rosaceae*, *Amaryllidaceae* (*Allium* L.) and *Apiaceae* families was found in all honey collected from different locations in the Sary-Chelek reserve. Only nine honey samples were identified as monofloral, and eight samples were polyfloral honey. The results of pollen analysis for three monofloral honey and two polyfloral honey samples are presented in Table 2.

Organoleptic properties

Table 3 lists the sensorial parameters of the investigated samples. Visual analysis consists of three parameters: appearance, colour and consistency. The components of gustatory and olfactory analysis are odour, aroma, and flavour.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 2. The quantity and taxonomy of pollen in samples of honey collected in Sary-Chelek biosphere reserve

Honey samples	S	PH	PH	PH	TM	ERE	PH+ FMH	PH+S	TM	S	S	ERE	TM	TM	PH	PH	PH
Pollen types	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Allium</i> sp.	0.7	4.5	4.5	3.2	1.9	2.5	0.3	4.8	1.2	4.2	4.2	1.4		4.2	4.8	1.8	3.1
<i>Amoria hybrida</i>	0.7													0.9	0.4		
<i>Amoria repens</i>	0.4						1.5	0.6	2.5		0.4	0.7		0.9			
<i>Apiaceae</i>	1.8	13.5	13.5	17.0	13.0	7.0		19.9	21.3	0.7	1.2	1.4	4.4	2.9	19.9	15.2	36.0
<i>Apiaceae: Angelica</i> sp.	2.9							8.4	4.2	12.9			22.0		8.4		0.9
<i>Arctium</i> sp.	0.4							0.6							0.4		1.5
<i>Archangelica</i>																	15.0
<i>Artemisia</i> sp.	0.4			1.0	12.0			0.6				0.7	1.9	2.9	0.4		0.6
<i>Asteraceae</i>	0.4				2.4						12.0		2.5				2.4
<i>Berberis</i> sp.													0.6				
<i>Bistorta major</i>	0.4															0.3	
<i>Boraginaceae</i>					5.3		4.0										
<i>Brassicaceae</i>	0.4				0.9		0.7		12.9								0.9
<i>Galium</i> sp.																1.8	
<i>Campanula</i> sp.	1.1	17.3	17.3					12.7							12.7	26.0	0.6
<i>Cannabis</i> sp.						1.0	1.5										
<i>Caryophyllaceae</i>	0.4	3.0								0.7							
<i>Centaurea</i> sp.	1.4			1.0			0.3	0.6			2.1	0.7	3.7		0.4	0.3	
<i>Cirsium</i> sp.				2.5	0.4			0.6			2.4				0.4		
<i>Chaerophyllum</i> sp.	1.4		3.0					3.0	1.2						3.0		
<i>Chenopodiaceae</i>				2.5			0.3										0.6
<i>Cynoglossum</i> sp.	1.4				2.4											1.8	
<i>Conium maculatum</i>								0.6				0.7		0.9	0.4		
<i>Coriandrum sativum</i>																	0.9
<i>Convolvulus arvensis</i>											1.2						
<i>Echium vulgare</i>	17.5	25.7	25.7	21.0	2.6			0.6	4.2	27.6		0.7	13.7	0.9	0.4	39.4	4.8
<i>Eremurus fuscus</i>				3.2	7.3	67.0	18.0	1.2	0.5		2.1	50.0	1.9	16.3	3.6	0.5	5.8
<i>Euphorbia</i> sp.					0.4		0.3										
<i>Fabaceae</i>					0.9	1.0	0.7			0.7				0.6			0.6
<i>Fumaria</i> sp.							0.7						0.6				
<i>Galium</i> sp.	1.1				0.4						0.8						1.5
<i>Geranium</i> sp.	0.4												0.6				
<i>Heracleum</i> sp.		1.5	1.5		2.9	3.9		1.2	0.5			0.7		4.2	1.3		0.9
<i>Hedysarum</i> sp.				1.0	0.4			0.6	1.2		2.0	1.4		0.9	0.4		
<i>Hypericum</i> sp.	49.4	7.4	7.4		1.4	8.5		7.8						5.3	7.8	1.8	0.6
<i>Humulus</i> sp.				3.2	2.9												
<i>Lamiaceae</i>				3.2	6.3		0.7				21.0	13.8	2.4	14.7			2.4
<i>Lamium</i> sp.					0.9												1.5
<i>Lappula</i> sp.					0.4		2.8										
<i>Leonurus</i> sp.	0.4	1.5	1.5					1.2		0.7				0.9	1.3	0.6	
<i>Liliaceae</i>					0.9		0.3				0.8		0.6			0.6	
<i>Linaria vulgaris</i>					0.9			0.6	0.5			0.7		0.9	0.4		
<i>Lotus</i> sp.	0.7									0.7	0.4		0.6				
<i>Malus</i> sp.				3.2	0.4		1.5	0.6					1.9	0.9	0.4		
<i>Malvaceae</i>	0.4																
<i>Medicago</i> sp.										0.7			0.6				
<i>Mentha</i> sp.	0.4										0.8		0.6				
<i>Melilotus</i> sp.		1.5	1.5				1.5	1.2	2.5	7.2		0.7	0.6	0.9	1.3	0.6	0.6
<i>Myosotis</i> sp.							47.0					0.7			1.3		
<i>Nepeta</i> sp.					2.4												
<i>Onobrychis</i> sp.	2.5	7.4	7.4	18.0	0.4	1.0		8.4	0.5	8.8	0.4	1.4		8.9	8.4	1.8	3.1
<i>Oryganum vulgare</i>		3.0	3.0		1.9			1.2	0.5		4.2		2.4	8.9	3.0	1.8	
<i>Pedicularis</i> sp.										0.7							
<i>Pimpinella</i> sp.				1.0				0.6	0.5			0.7		0.4			
<i>Polygonum</i> sp.	0.4										1.2						0.9
<i>Poaceae</i>							0.3	1.2	0.5								
<i>Phacelia</i> sp.					1.9												

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

<i>Plantago</i> sp.		1.5	1.5						0.5			1.4	0.6	0.9	1.3	0.6	0.6
<i>Prunus</i> sp.													2.4				
<i>Ribes</i> sp.														0.9			
Rosaceae		5.7	5.7	7.7	6.3	7.0	5.3	0.6	0.5		12.0	20.0	7.0	0.9	0.4	1.8	0.6
<i>Rubus idaeus</i>		4.5	4.5	2.5		1.0		3.6									
<i>Salvia officinalis</i>	9.4			3.2	5.3			9.0		19.9	21.0	1.4		0.9	9.0	0.6	0.6
<i>Sanguisorba officinalis</i>	1.8							6.0	0.5	5.9				5.1	7.8		3.1
<i>Salix</i> sp.										0.7							
<i>Salidago</i> sp.	1.4			1.0				0.6						0.9	0.4	0.3	
<i>Sedum</i> sp.							0.3										
<i>Serratula</i> sp.												0.4					
<i>Sinapis</i> sp.							1.5										0.9
<i>Spiraea</i> sp.													1.9				
<i>Stachys</i> sp.				2.5													
<i>Taraxacum</i> sp.													0.6				
<i>Thymus vulgaris</i>	0.4	0.7	0.7	1.0	8.7			0.6	37.0	0.7	6.3	0.7	18.3	18.9	0.4	1.8	3.1
<i>Trifolium medium</i>					1.9		2.8			4.2			0.6			0.6	
<i>Veronica officinalis</i> L.					3.9		2.8						1.9				3.1
<i>Vicia</i> sp.								0.6		0.7					0.4		
Undetermined species	0.0	1.3	1.3	1.1	0.0	0.1	2.1	0.1	1.2	1.9	2.1	0.0	3.7				
Broken pollen grains	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	2.8		4.4	0.0	1.0	0.1	0.8				
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*PH-polyfloral honey

Physicochemical parameters and safety indicators

The physicochemical parameters and safety indicators of honey are shown in Table 4. The moisture content, diastase number, free acidity, reducing sugars, sucrose, qualitative reaction for HMF, and electrical conductivity of the studied honey

samples meet the requirements of the International Standards and Technical Regulations of the Customs Union (Codex Alimentarius, 2001; GOST 1979–2017, "Natural Honey. Technical Conditions). Safety indicators in terms of antibiotics and organic pesticides also meet all norms and requirements of the Technical Regulations of the Customs Union and international standards.

Table 3. Results of organoleptic analysis for honey types from Sary-Chelek

Name of honey	Visual analysis			Olfactory and gustatory analysis			Mechanical impurities and signs of fermentation
	appearance	consistency	colour	odour	aroma	flavour	
Sage honey (<i>Salvia officinalis</i> L) (n=3)	homogeneous	liquid	Dark amber	floral	fragrant flowers	sweet, tart	absent
Polyfloral honey with sage (<i>Salvia officinalis</i> L) (n=3)	homogeneous	liquid	amber	floral	pronounced, strong	sweet	absent
Eremurus honey (<i>Eremurus fuscus</i> O.Fedtsch) (n=2)	turbid	beginning of crystallisation	Dark amber	vegetal	weak	sweet	absent
Polyfloral honey with Forget-me-not honey (<i>Myosotis sylvatica</i>) (n=3)	homogeneous	crystallized	Dark amber	vegetal	weak	sweet	absent
Thyme honey (<i>Thymus vulgaris</i> L) (n=4)	homogeneous	creamy	amber	fruity	fragrant, strong	sweet	absent
Polyfloral honey with eremurus (<i>Eremurus fuscus</i> O.Fedtsch)(n=2)	homogeneous	beginning of crystallisation	light yellow	fruity	pronounced	sweet	absent

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 4. Physicochemical and food safety parameters of honey samples from the Sary-Chelek biosphere reserve of Kyrgyzstan

Physicochemical parameters	Sage honey (<i>Salvia officinalis</i>) (n = 3)	Polyfloral honey with sage (<i>Salvia officinalis</i> . L) (n = 3)	Eremurus honey (<i>Eremurus fuscus</i> O.Fedtsch) (n=2)	Polyfloral honey with Forget-me-not honey (<i>Myosotis sylvatica</i>) (n = 3)	Thyme honey (<i>Thymus vulgaris</i> L) (n=4)	Polyfloral honey with eremurus (<i>Eremurus fuscus</i> O.Fedtsch) (n = 2)	Norm
Moisture content, %	18.2±0.65 ^b	16.6±0.5 ^a	17.8±0.2 ^b	18.5±0.7 ^b	18.6 ± 0.5 ^b	17.5 ± 0.4 ^a	< 20
Diastase number, Gothe unit	31.3±1.8 ^d	23.9±1.4 ^c	14.3±0.3 ^b	9.8 ± 1.3 ^a	41.1 ± 0.9 ^e	15.3 ± 0.4 ^b	> 8
Free acidity, meq/kg	22.4±1.3 ^b	26.2 ± 1.5 ^c	26.4 ± 1.8 ^c	20.4 ± 1.4 ^a	22.4 ± 0.8 ^b	24.0 ± 1.0 ^b	< 40
Reducing sugars, (dw), %	84.3±0.7 ^c	81.8±0.3 ^b	80.6±1.5 ^a	88.6±0.7 ^d	80.9±1.2 ^a	83.2±0.6 ^c	>60
Sucrose (dw), %	3.0±0.7	3.1±0.6	1.9±0.2	3.23±1.2	3.7±0.7	2.9±0.1	<5
Qualitative reaction for HMF	negative	negative	negative	negative	negative	negative	<40 meq/kg
Electrical conductivity, mS/cm	0.9±0.1 ^b	0.5±0.1 ^b	0.2±0.0 ^a	0.2±0.0 ^a	0.8±0.1 ^b	0.2±0.0 ^a	***
Antibiotics:	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	< 0.01
Tetracycline, mg/kg	*	*	*	*	*	*	not allowed
Chloramphenicol, mg/kg	**	**	**	**	**	**	< 0.005
Organochlorine pesticides:							
sum of isomers of hexachlorocyclohexane, α, β, γ isomers, mg/kg							
DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane) and its metabolites 4,4-DDT; 4,4-DDE, mg/kg	**	**	**	**	**	**	< 0.005

Means ± standard deviations within a row with small superscripts differ significantly (p < 0.05); * below of detection limits <0.000025, ** Below detection limits 0.005; Norm -TR TS 021/2011 - Technical Regulations of the Customs Union. ***EC > 0.8 for honeydew honey and honeydew nectar mixtures, EC < 0.8 for nectar honey

Table 4 Pearson correlation coefficients of physicochemical parameters of honey samples

	Moisture content, %	Diastase number, Gothe unit	Free acidity, meq/kg	Reducing sugars (dw), %	Sucrose (dw), %	Electrical conductivity, mS/cm
Moisture content, %	1					
Diastase number, Gothe unit	.241	1				
Free acidity, meq/kg	-.422	-.012	1			
Reducing sugars, (dw), %	.353	-.523*	-.523*	1		
Sucrose (dw), %	.460	.394	-.047	.268	1	
Electrical conductivity, mS/cm	.144	.657**	.214	-.289	.688**	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed), * . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

DISCUSSION

Botanical origin and sensorial properties

In this section, the pollen content of five representative honey samples and their organoleptic characteristics are discussed. Nine of the samples were monofloral honey, three of sage, four of thyme, and two of eremurus, and eight samples were polyfloral honey. This information about the predominant nectar sources in the region will help beekeepers plan harvests to keep particularly good sources separate (Solak et al. 2023).

Pollen grains from 29 different taxa are identified in sample №1. The pollen grains of *Hypericum* were dominant. *Hypericum*, *Sanguisorba officinalis*, *Galium* and *Artemisia* are plants that do not produce nectar, and therefore, their amounts were excluded from the total amount of pollen. After recalculation, the part of *Echium vulgare* increased to 37% and *Salvia officinalis* to 15.4%. According to the definition of monofloral honey, the pollen of common *Echium vulgare* must represent not less than 45%, and in monofloral sage honey, *Salvia officinalis* pollen must consist of a minimum of 15%. Therefore, sample N1 can be attributed to monofloral sage honey.

The important sensory factors in assessing the quality of honey are colour and flavour, which also contribute to the definition of the honey's botanical origin. The colour of the sage honey was dark amber and honey has a fragrant odour, fragrant flowery aroma and sweet-tart flavour. The flavour is defined as “the complex combination of gustatory, olfactory and trigeminal sensations perceived during tasting”. Flavour could be affected by kinaesthetic, tactile, thermal and/or painful effects (ISO 5492, 2008). The physical characteristics, chemical composition, production technology, storage time, and temperature all affect the consistency of honey. Sage honey (sample N1) and polyfloral honey with sage (sample N8), were in a liquid state. That is in line with the literature, which states that sage honey rarely crystallises since it has a high content of fructose (Kenjeric et al. 2006).

The sample №8 contained pollen from 31 different taxa. Pollen grains of *Apiaceae* (19.8%), *Campanula* sp. (12.7 %), and *Salvia officinalis* (9%) were dominant. Thus, this sample was attributed to polyfloral honey with sage. Polyfloral honey with sage has a pleasant taste and amber colour, while pure sage honey has a sweet-tart flavour.

Sample №6 was harvested in May, and in this sample was identified pollen from 10 taxa. *Eremurus* pollen was dominant, with an amount of 67%. The high percentage of *Eremurus* pollen allows us to judge that the honey is monofloral *Eremurus* honey. Pollen of *Hypericum*, *Apiaceae*, and *Rosaceae* were accompanying pollen. The distinctive aroma and deep/dark amber colour of this honey are its defining features (see Table 2). It should be noted that the leaves and roots of *Eremurus* are used in traditional medicine to treat disorders of the liver, stomach, constipation, and diabetes (Beiranvand & Beiranvand, 2022). One of the most important sensory factors in assessing the quality of honey is colour, which also contributes to the definition of the honey's botanical origin. The colour of the investigated samples ranged from light yellow to dark amber. *Eremurus* honey has a sweet, pleasant flavour and a pronounced, strong aroma with a floral smell. *Eremurus* honey and forget-me-not honey were beginning to crystallise.

Pollen from 32 taxa was identified in the sample №5. Pollen grains of *Thyme vulgaris*, *Apiaceae*, *Eremurus* and *Lamiaceae* prevailed. After the exclusion of pollen of pollen-bearing species such as *Artemisia*, *Hypericum*, *Galium*) from the calculations, the share of thyme increases up to 20 %. In sample № 9, 13, and 14 were found 37 %, 18 %, and 14 % *Thyme vulgaris* pollen. In European monofloral thyme honey, thyme pollen is less represented, e.g., at least 15%. Therefore, the studied sample can be attributed to monofloral thyme honey. In contrast to Greek samples, which display a highly variable pollen content of 40.2% ± 16.4, Italian honey samples' melissopalynological pattern was more typical for under-represented thymus pollen (26.6% ± 10.0) (Persano Oddo and Piro 2002). Recent studies show, that thyme honey in a concentration of 12.5% (v/v) in twenty hours eliminates bacterial strains resistant to antibiotics, including vancomycin-resistant *E. faecalis*, ESBL *K. pneumoniae*, and *P. Aeruginosa* (Özkök et al, 2016). According to Ishenbaeva et al. (2021), sage and thyme honey collected from Kyrgyzstan in a concentration of 50% (v/v) have exhibited the strongest antibacterial effect relative to *Escherichia coli*. Against *Staphylococcus aureus*, thyme honey had the strongest effect.

Polyfloral honey with forget-me-not. 23 taxa were identified in sample №4. The pollen of *Myosotis sylvatica* was dominant. After the exclusion of nectarless plants from the calculations, the proportion of forget-me-nots reached 47%.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

However, for forget-me-not honey, the pollen content of *Myosotis sylvatica* should be over 90%. Therefore, this sample can be attributed to polyfloral honey with forget-me-not (*Myosotis sylvatica*).

Polyfloral honey. Pollen from 29 taxa was identified in sample №6 and the sample can be attributed to polyfloral honey. Pollen grains of the *Eremurus fuscus* and *Rosaceae* families (fruit trees) were dominant.

Physicochemical parameters and safety indicators

Moisture content is the most important quality criterion for honey and should not exceed 20% (Codex Alimentarius, 2001). The moisture content of the studied honey samples varied in the range of 16.6%–18.6% (w/w).

Diastase (amylase) is a glycoprotein with a molecular weight of 24,000 to 25,000 Da and α -amylolytic properties. It is less sensitive than other enzymes to high temperatures. Many honeys have diastase numbers ranging from 8 to 24 on the Schade or Gothe scale (Serrano et al. 2004, Huidobro et al. 1995). The diastase numbers varied between the studied honey samples. There was a statistically significant difference ($p < 0.05$) in the diastase activity means. It should be noted that diastase activity depends on the botanical composition of honey, i.e., on the leading, main honey-bearing plant. High diastase activity was found in samples of thyme honey (*Thymus vulgaris* L) (41.1 ± 2.9 Gothe) and in samples of sage honey (*Salvia officinalis* L) (31.3 ± 2.2 Gothe). The other species of honey samples tested had relatively low diastase activity (9.8–23.9 Gothe). It has been proven that the families of *Lamiaceae* (thyme, sage), in contrast to other families and melliferous species, impart high diastase activity in honey. The difference between the means of diastase activity was statistically significant ($p < 0.05$). The diastase number of the honey samples from the Sary-Chelek reserve collected in 2015 ranged from 17.0 ± 0.1 to 37.9 ± 5.1 in Schade units (Kadyrova and Smanalieva 2017, Mazhitova and Smanalieva 2022). For comparison, the diastase number of European thyme honey was in the range of $15.0 \div 44.4$ Gothe units (Persano Odo and Piro 2002). Diastase activity of honey from Argentina was found between 11.2 and 25.8 Schade units (Tosi et al. 2008), acacia honey from China has a 18.30 and longan honey 22.63 DN units. Pasiyas et al. (2017) reported for Greece honey collected from local experienced

beekeepers in Lamia the diastase activity from 7.0–22.0 DN units. Honey in Kyrgyzstan is harvested and marketed by the beekeepers themselves. This has two advantages: unprocessed honey is fresher and not heat-treated for subsequent liquefaction and filling purposes. Therefore, honey collected from Kyrgyzstan has high diastase activity.

One indicator of honey quality is the content of free acids. This characteristic is related to the organic acids naturally present in honey that are in equilibrium with lactones, esters and certain inorganic ions such as phosphates, sulphates and chlorides. As per the EU Directive (Council EU 2001) and Codex Alimentarius (2001), honey may contain up to 50 meq/kg of free acidity. The free acidity of the investigated samples ranged from 20.4 to 26.4 meq/kg; the studied types of honey by this indicator also meet the requirements of the standard. In our previous research, the free acids of honey from Kyrgyzstan were in the range of 13.6–32.1 meq/kg (Mazhitova and Smanalieva, 2022). Regarding the reducing sugars and sucrose contents of the samples, the studied honey did not deviate noticeably from interstate and international standards. In all samples, the mass fraction of sucrose did not exceed 5.0%.

The electrical conductivity is dependent on the honey's botanical origin (Pita-Calvo and Vazquez 2017), which is closely related to the amounts of organic acids and mineral salts in the honey (Sanz et al. 2005). Therefore, many researchers have stated a positive correlation ($r = 0.934$) between the ash content and the electrical conductivity of the honey samples (Smanalieva, 2008; Majewska et al. 2019). Honeydew honey exhibits higher electrical conductivity (0.735–1.295 mS/cm) compared to flower honey (0.196–0.798 mS/cm) (Krauze and Zalewski 1991). The sage honey exhibited the highest electrical conductivity (0.9 mS/cm), while the *Eremurus* honey (*Eremurus fuscus* O. Fedtsch) showed the lowest electrical conductivity (0.2 mS/cm). The differences between the means of electrical conductivity of the samples were statistically significant ($p < 0.05$). The sage honey's electrical conductivity is higher than the EU Directive's minimal requirement of 0.8 mS/cm for honeydew and chestnut honey. Exceptions are given for honey from strawberry trees (*Arbutus unedo* L.), bell heather (*Erica* L.), eucalyptus, lime (*Tilia*), ling heather (*Calluna vulgaris*), manuka or jelly bush (*Leptospermum*), and tea trees (*Melaleuca*) (Council EU 2001). For blossom honey,

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

samples from Kosovo have electrical conductivity ranging from 0.04 to 0.71 mS/cm (Durmishi 2023). According to Gurbüz et al. (2020), the electrical conductivity of Turkish honey varieties is measured between 0.15 and 0.31 mS/cm.

The correlation analysis between moisture content, diastase number, free acid content, and electrical conductivity was carried out to determine the association between the physicochemical characteristics of honey (Table 4). A statistically significant negative correlation was observed between the reducing sugars and the diastase activity ($r = -0.523$, $p < 0.05$) and between the reducing sugars and the free acidity ($r = -0.523$, $p < 0.05$). However, a statistically significant positive correlation was observed between the diastase number and the electrical conductivity ($r = 0.657$, $p < 0.01$), as well as between the electrical conductivity and sucrose ($r = 0.688$, $p < 0.01$). This finding is in line with the findings of other authors. Adgaba et al. (2017) found significant differences in eight parameters (total dissolved sugar, electrical conductivity, acidity, total ash, colour, and microelement content) between different honey origins. The linear relationship between electrical conductivity and diastase number could be explained by the fact that some microelements like K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , and Ca^{2+} can interact with α -amylase (diastase) and increase their activity (Farooq et al. 2021).

Conclusion

Pollen analysis of 17 honey samples collected from different locations on the Sary-Chelek Biosphere Reserve allowed us to determine the characteristic species of melliferous plants for this region. The abundance of flowering plants in the vicinity of the apiary during the entire honey harvest period allows for the collection of polyfloral honey, but it is also possible to collect some valuable and rare monofloral honey such as sage, thyme, and eremurus. The organoleptic and physiochemical parameters of eremurus honey were described for the first time. On the other hand, research shows the benefits of beekeeping in protected areas. The obtained results make a significant contribution to the determination of the botanical and geographical origin of honey produced in Kyrgyzstan and can be used for establishing standards for monofloral honey such as sage, thyme, and eremurus honey.

Acknowledgements: We thank beekeepers of LCC "Aman Green" for providing samples.

Author contribution: Nazgül ISHENBAEVA: Conceptualization, Methodology, Investigation, Formal analysis, Writing-Original draft. Mukarama MUSULMANOVA: Formal analysis, Methodology, Writing-Review & Editing. Jamila SMANALIEVA: Conceptualization, Supervision, Formal analysis, Writing-Review & Editing.

Declaration of conflict of interest: The authors state there is no conflict of interest.

Ethical statement: Not applicable, because this article does not contain any studies with human or animal subjects

Funding: This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors

REFERENCES

- Adgaba N, Al-Ghamdi AA., Getachew A, Tadesse Y, Belay A, Ansari MJ, Sharma D. Characterization of honeys by their botanical and geographical origins based on physicochemical properties and chemometrics analysis. *J. Food Meas. Charact.* 2017;11(3):1106–1117. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9487-4>.
- Beiranvand M, Beiranvand F. Iranian plant *Eremurus persicus*: an overview of botany, traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Nat. Prod. Res.* 2022;36(10):2692-2705. <https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1916744>.
- Bogdanov S, Martin P, Lüllmann C. Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie.* 1997;(Extra issue):1-59.
- Burmistrov AN. Melliferous plants and their pollen grains. Moscow, Russia, 1990, p. 192.
- Cantarello, E., Lovegrove, A., Orozumbekov, A., Birch, J., Brouwers, N., & Newton, A. C. Human impacts on forest biodiversity in protected walnut-fruit forests in Kyrgyzstan. *J. Sustain.* 2014;33(5):454-481.
- Codex Alimentarius. Revised Codex Standard for Honey, Standards and Standard Methods. Codex Alimentarius Commission FAO/OMS. 2001;11(1987):7.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Council EU. Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey. Off. J. Eur. Commun. L. 2001; 10:47–52.
- Duisenov EE, Aitmatova UA. Comprehensive legal analysis of the network of specially protected natural areas in the Kyrgyz Republic. Int. J. of Appl. Fundam. Res. 2016;8(3):468-472.
- Durmishi B, Knights V, Mehmeti I, Stamatovska V, Nuha D, Rizani S, Bytyçi P, Haziri V, Sadiku V. Determining the quality of honey in the region of Kosova with physicochemical analysis. U. Ari. D.-U. Bee J. 2023;23(2):202-14.
<https://doi.org/10.31467/uluaricilik.1349616>.
- Farooq MA, Ali S, Hassan A, Tahir H M, Mumtaz S, Mumtaz Sh. Biosynthesis and industrial applications of α -amylase: a review. Arch. Microbiol, 2021;203:1281–1292.
<https://doi.org/10.1007/s00203-020-02128-y>.
- GOST 31769-2012 Honey. Determination of the relative frequency of pollen.
- GOST 19792-2017 Natural honey. Technical specifications, Interstate council for standardisation, metrology, and certification, 2019, p.16.
- GOST 34232-2017 Honey. Methods for determining sucrase activity, diastase number, insoluble substances, Interstate council for standardisation, metrology, and certification, 2017, p.15.
- Gürbüz S, Çak N, Mehmetoğlu S, Atmaca H, Demir T, Apan AM, Atmaca Ö, Güney F. Physicochemical quality characteristics of southeastern Anatolia honey, Turkey. Int. J. Anal. Chem. 2020;8810029.
<https://doi.10.1155/2020/8810029>.
- Huidobro JF, Santana FJ, Sánchez MP, Sancho MT. Diastase, invertase und glycosidase activities in fresh honey from northwest Spain. J. Apic. Res. 1995;34(1):39-44J.
<https://doi.org/10.1080/00218839.1995.11100884>.
- Ionov RN, Lebedeva LP. Flora of Kyrgyzstan. BPI NAS RK. Proceedings of the ecological conference, Bishkek, Kyrgyzstan, 2002, p. 46-55.
- Ishenbayeva NN, Kurmanov RG, KerimalievZhK, Giniyatullin MG, Research of quality indicators of different types of honey in Kyrgyzstan. Vestnik Bashkir State Agr. Univ. 2021; 4:72-78.
<https://doi.org/10.31563/1684-7628-2021-60-4-72-80>.
- ISO 5492 Sensory analysis – Vocabulary, International Organization for Standardization, Geneva, (<http://www.iso.org>), 2009.
- ISO 6658, 2005 Sensory Analysis — Methodology — General Guidance. International Organization for Standardization, Geneva, (<http://www.iso.org>), 2009.
- Kadyrova K, Smanalieva J, Determination of physico-chemical properties of honey from mountainous and lowland regions of Kyrgyzstan. Manas J. Eng. 2017;5(1):29-34
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/mjen/issue/40447/484347>.
- Krauze A, Zalewski RI. Classification of honeys by principal component analysis on the basis of chemical and physical parameters. Z Lebensm-Unters-Forsch, 1991;192(1):19-23.
- Kenjerić D, Primorac LJ, Mandić ML, Bubalo D, Perl Pirički A, Flanjak I. Dalmatian sage (*Salvia officinalis* L L.) honey characterization. Dtsch. Lebensmitt. Rundsch. 2006; 102:479-484.
- Kurmanov RG, Ishbirdin AR. Atlas of pollen. Ufa, Gilem, 2013, p.299.
- Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G. Methods of melissopalynology. Bee World, 1978;59:139–157.
- Majewska E, Drużyńska B, Wołosiak R. Determination of the botanical origin of honeybee honeys based on the analysis of their selected physicochemical parameters coupled with chemometric assays. Food Sci. Biotechnol. 2019;28:1307–1314.
<https://doi.org/10.1007/s10068-019-00598-5>.
- Mazhitova A, Smanalieva J. Amino acid composition and some physicochemical parameters of multi-floral honey from mountainous regions of Kyrgyzstan. U. Ari. D.-U. Bee J. 2022;22(2):188-202.
<https://doi.org/10.31467/uluaricilik.1143337>.
- Moore PD, Webb JA. Pollen analysis, Black well scientific publication, 1991, p.216.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Özkök A, Koru Ö, Sorkun K. Microbiological analysis and antibacterial effects of Turkish thyme honey, *Bee World*, 2016;93(4):98-101, <https://doi.10.1080/0005772X.2016.1275489>.
- Pita-Calvo C, VázquezM.. Differences between honeydew and blossom honeys: A review. *Trends Food Sci. Technol.*2017;59: 79-87.
- Piana M, Oddo LP, Bentabol A, Bruneau E, Bogdanov S, & Declerck C. Sensory analysis applied to honey: state of the art. *Apidologie* 2004; 35.
- Oddo LP, Piro R, Bruneau É, Guyot-Declerck C, Ivanov T, Piskulová J, Ruoff, K. Main European monofloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie* 2004;35(Suppl. 1):38-81. <https://doi.10.1051/apido:2004049>
- Sanz ML, Gonzalez M, De Lorenzo C, Sanz J, Martinez-Castron I. A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *Food Chem.* 2005;91(2):313-317.
- Serrano S, Villarejo M, Espejo R, Jodral M. Chemical and physical parameters of Andalusian honey: classification of Citrus and Eucalyptus honeys by discriminate analysis. *J. Food Chem.* 2004; 87:619-625.
- Smanalieva J, Senge B. Analytical and rheological investigations into selected monofloral German honey. *Eur. Food Res. Technol.* 2009;229(1):107-113. <https://doi.10.1007/s00217-009-1031-2>.
- Smanalieva J. Ermittlung funktioneller und materialwissenschaftlicher Kennwerte von ausgewählten Honigsorten. VDM Verlag Dr. Müller, 2008, p.180.
- Solak AO, Çakmak İ, Tosunoglu A. Pollen Preferences of Honey Bees (*Apis mellifera* L.) on Marmara Island. *Journal of Apitherapy and Nature. J. Apitheraphy. Nat.* 2023;6(2):41-56 <https://doi.10.35206/jan.1377566>.
- TR CU 021 Technical regulation of the Customs union "On the Safety of Food Products", 2011, p.160.
- Tsagkaris AS, Koulis GA, Danezis GP, Martakos I, Dasenaki M, Georgiou CA, Thomaidis NS. Honey authenticity: Analytical techniques, state of the art and challenges. *Rsc. Advances.* 2021;11(19):11273-11294.
- Thrasylvoulou, A., Tananaki, C., Goras, G., Karazafiris, E., Dimou, M., Liolios, V., Gounari, S. Legislation of honey criteria and standards. *J. Apic. Res.* 2018;57(1):88-96.
- Umurakov SU, Azykova EK, Gvozdetsky NA. Atlas of Kyrgyz SSR. Natural conditions and resources. GUGK, Moscow, USSR, 1987, p.157.
- Von der Ohe W, Oddo, Piana M, Morlot M, Martin P. Harmonized methods of melissopalynology, *Apidologie*, 2004;35:18-25.
- UNEP-WCMC (2024). Protected Area Profile for Sary-Chelekskiy from the World Database on Protected Areas, March 2024. Available at: www.protectedplanet.net.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

A CHEAPLY NON-DESTRUCTIVE TECHNIQUE TO ESTIMATE HONEY QUALITY: THERMAL IMAGING AND MACHINE LEARNING

Bal Kalitesini Tahmin Etmek İçin Ucuz, Tahribatsız Bir Teknik: Termal Görüntüleme ve Makine Öğrenimi

Mustafa KİBAR

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Siirt, Siirt, TÜRKİYE, E-mail: mustafakibar@siirt.edu.tr, ORCID No. 0000-0002-1895-019X

Received / Geliş: 01.02.2024

Accepted / Kabul: 16.04.2024

DOI: 10.31467/uluaricilik.1429971

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate honey quality based on proline and Brix content using a thermal imaging and machine learning algorithm. The proline, Brix and color properties of twenty honey samples were determined. Proline and Brix values were classified and estimated using the classification and regression tree (CART) algorithm. The mean proline and Brix content in honey samples was 678.83 ± 192.16 mg/kg and $83.2 \pm 0.79\%$, respectively. CART analysis revealed that high proline honey samples had L values above 48.143 and b^* values below 35.416. In contrast, honey samples with low Brix values were characterized by L and a^* values below 55.860 and 53.660, respectively, and were identified as freshly harvested. The CART algorithm classified the proline and Brix values with an accuracy of 95% and 100%, respectively ($p < 0.001$). As a result, whitish, bluish, blackish and greenish honeys are of higher quality due to high proline and low Brix content. However, to accurately assess honey quality based on its color traits, comprehensive studies with more honey samples and origin, are required.

Keywords: Adulteration, Proline, Brix, Honey quality, CART algorithm

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, termal görüntüleme ve makine öğrenmesi yaklaşımı kullanılarak baldaki prolin ve Brix içeriğine dayalı bal kalitesinin tahmin edilmesidir. 20 farklı bal örneğine ait prolin, Brix ve renk özellikleri belirlendi. Prolin ve Brix seviyeleri, sınıflandırma ve regresyon ağacı algoritması kullanılarak tahmin edildi ve sınıflandırıldı. Ballarda ortalama prolin ve Brix içeriği sırasıyla $678,83 \pm 192,16$ mg/kg ve $83,2 \pm 0,79$ olarak belirlendi. CART analizi ile yüksek prolinli balların L değerlerinin 48.143'ün üzerinde ve b^* değerlerinin ise 35.416'nın altında olduğu tespit edildi. Ancak, Brix değeri düşük olan balların ise sırasıyla 55.860 ve 53.660'ın altında L ve a^* değerlerine sahip olduğu ve yeni hasat edildiği bulunmuştur. CART algoritması ile prolin ve Brix seviyeleri sırasıyla %95 ve %100 doğrulukla sınıflandırdı ($p < 0.001$). Sonuç olarak, beyazımsı, mavimsi, siyahımsı ve yeşilimsi balların yüksek prolin ve düşük Brix içeriği nedeniyle daha kaliteli olduğu belirlenmiştir. Ancak renk özelliklerine dayalı balın kalitesini doğru bir şekilde değerlendirmek için daha fazla ve farklı orijinli bal örnekleri ile kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Tağşiş, Prolin, Brix, Balın kalitesi, CART algoritması

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Çalışmanın amacı: Balda tağşiş, tüketicileri balın kalitesini ve piyasa değerini değerlendirme konusunda aldatılabilir. Piyasayı dengelemek ve balın besin değerini korumak için bal kalitesinin değerlendirilmesine yönelik basit ve uygun maliyetli yöntemler geliştirmek çok önemlidir. Balda yüksek prolin (mg/kg) ve düşük Brix (%) değerleri olgunluğun, saflığın ve optimal şeker-su dengesinin önemli göstergeleridir. Bu çalışmanın temel amacı, termal görüntüleme ve makine öğrenmesi yaklaşımı kullanılarak baldaki prolin ve Brix içeriğine dayalı bal kalitesinin tahmin edilmesidir.

Gereç ve yöntem: Bu araştırmada, Konya'nın Bozkır İlçesinde bulunan 13 arıcıdan 2020 ve 2021 yıllarına ait her biri bir kilogram ağırlığında yirmi benzersiz bal örneği kullanıldı. Bu bal örneklerinin prolin, Brix ve renk özellikleri sırasıyla IHC yöntemi, refraktometre ve ImageJ programı ile spektrofotometre kullanılarak belirlendi. Prolin ve brix (bağımlı değişkenler) ile renk özellikleri ve hasat yılı (bağımsız değişkenler) arasındaki ilişkileri tespit etmek için *t*-testi ve CART analizi SPSS 23.0 kullanılarak yapıldı. CART analizinde ana düğümler, alt düğümler ve çapraz doğrulama sırasıyla 6, 3 ve 5 olarak alındı. CART algoritmasının değerlendirme kriterleri R yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi.

Bulgular ve tartışma: Kapsamlı bir inceleme sonrasında bal Brix'inin %81,9 ile %84,5 arasında değiştiği ve ortalama %83,2±0,79 olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca prolin içeriği 322.64 mg/kg ile 1114.03 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 678.83±192.16 mg/kg olmuştur. *T*-testi, *ML* ve *Mb** değerlerinin her iki değişkende de istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) olduğunu göstermiştir. Ayrıca Brix için HB grubunun *L* (69,6±2,9) ve *b** (29,26±1,4) değerlerinin LB grubuna (*L*: 56,9±4,8 ve *b**: 21,75±3,1) göre istatistiksel olarak yüksek olduğu görülmüştür. CART analizi ile yüksek prolinli balların *L* değerlerinin 48.143'ün üzerinde ve *b** değerlerinin ise 35.416'nın altında olduğu tespit edildi. Ancak, Brix değeri düşük olan balların ise sırasıyla 55.860 ve 53.660'ın altında *L* ve *a** değerlerine sahip olduğu ve yeni hasat edildiği bulunmuştur. CART algoritması ile prolin ve Brix seviyeleri sırasıyla %95 ve %100 doğrulukla sınıflandırdı ($p < 0.001$). Ayrıca, Brix ile *L* ve *b** (spektrofotometre) ve *a** (ImageJ) değerleri arasında sırasıyla %48,5, %50,5 ve %46,9 oranında anlamlı pozitif korelasyon belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ancak, prolin ile balın renk özellikleri arasında kayda değer bir korelasyon bulunmamıştır. Bu araştırma, baldaki Brix ve prolin içeriğinin hem spektrofotometreler hem de termal görüntüleme

kameraları tarafından ölçüldüğü gibi, fark edilebilir renk özelliklerine bağlı olarak dalgalanabileceğini ortaya çıkarmıştır.

Sonuç: Bu çalışmada elde edilen en önemli sonuç, beyazımsı, mavimsi, siyahımsı ve yeşilimsi balların yüksek prolin ve düşük Brix içeriği nedeniyle daha kaliteli olmasıdır. Ancak bal kalitesinin renk özelliklerine dayalı belirlenebilmesi için farklı bal kökenlerine ilişkin daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu şekilde gelecekteki uygulamalar, bal kavanozlarına bir renk skalasının uygulanmasını ve bal kalitesinin renge dayalı olarak analiz edilmesine olanak sağlayacaktır.

INTRODUCTION

Honey bees are known as the most efficiently managed pollinators worldwide (Gaines-Day and Gratton 2016). Honey and beeswax, the main products of beekeeping, play a significant role in both global agriculture and human nutrition. In 2022, Türkiye is an intensive beekeeping country holding 8.984.676 colonies, and 95.386 beekeepers, and has a honey yield of 118.297 tons/year (TSI 2023). Quality is just as important as yield in honey production and is influenced by numerous factors. Known for their nutritional and medicinal benefits, honey and pollen are widely harvested and used. However, the low quality of these products can lead to health risks (Bayır 2019). Due to the variety of flower species, Türkiye produces high-quality honey worldwide (Sancak et al. 2013).

In Türkiye, proline content in honey can vary greatly and is often used as a measure of ripeness or sugar adulteration. According to the Honey Communiqué in the Turkish Food Codex, flower honey must contain at least 300 mg/kg of proline (Anonymous 2020). In Germany, it is assumed that non-ripe or adulterated honey contains less than 180 mg/kg of proline (Bogdanov 2002). It was reported that the amino acids proline, lysine and glutamic acid are most abundant in honey (Hışıl and Börekçioğlu 1986).

In addition, a possible connection between the proline content in honey and its antioxidant properties is pointed out (Meda et al. 2005). Additionally, studies have found that there is a negatively strong and consistent relationship between Brix and moisture content in honey (Anupama et al. 2003, Kanbur et al. 2021). It has been reported that the unusual correlation between honey moisture and sugar concentration may reveal signs of adulteration (Conti 2000). It is reported that

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

there is a noticeable difference between the honey jam (including 0.625 kilograms of honey in lieu of sugar) and the sucrose jam in terms of Brix, which suggests that the former has a lower sugar (Kapira et al. 2023). When analyzing the studies, it becomes clear that the Brix content of honey can provide information about its sugar content. However, the Turkish Food Codex Honey Communiqué does not provide details about the Brix value of honey. In addition to the Brix value and proline, some spectrophotometrically determined color parameters were also examined as quality criteria for honey (Polat 2007, Bayır 2019, Boistean et al. 2021).

It is important to know that honey can have a spectrum of colors ranging from yellow and amber tones to transparent white or deep red. This variance is influenced by elements such as the honey's botanical origin, nectar composition, harvesting techniques, and temperature and storage duration (Shafiee et al. 2013, Becerril-Sánchez et al. 2021). Interestingly, the effect of color properties obtained from thermal images (analyzed in the ImageJ program) on proline and Brix content in honey has not been investigated in the current literature. However, such research is crucial for evaluating the quality of honey.

In Türkiye it is possible to quickly determine the proline and Brix content of honey, but these are currently not required to be declared on the label. With comprehensive studies similar to the current study, it is expected that a smartphone application could allow consumers to analyze honey images and assess the quality of honey during the purchasing process. Therefore, the aim of this study is to find out whether the color properties of honey determined by ImageJ and spectrophotometry can estimate proline and Brix concentrations in honey. This contemporary research is the first to analyze the relationship between the color properties of honey (using thermal imaging) and its proline and Brix content on a global scale.

MATERIALS AND METHODS

The collection and analysis of honey samples

Twenty honey samples (each weighing one kilogram) collected in 2020 and 2021 from 13 beekeepers in Bozkır District of Konya at latitude: 37.171860 and longitude: 32.216846 were used in this study. These honey samples were not differentiated according to regional differences, but rather according to the different care and feeding practices of the beekeepers. Although practices may

vary among beekeepers, bee colonies generally fed sugar syrup and cake during the summer and winter months. Samples were stored between 10 and 30 °C to replicate typical storage conditions and analyzed for proline and Brix content. The proline concentration was determined using the IHC method, which was carried out by specialists from various food analysis and research institutions (Bogdanov 2002). The digital refractometer (Atago PAL-1) was used to measure the Brix content, with three measurements being averaged (James et al. 2009). Before changing samples in the refractometer analysis, cleaning and calibration with distilled water were carried out for precise measurements.

Thermal image processing

Thermographic cameras have proven to be a reliable option for food analysis due to their ability to examine samples non-destructively and easily (Izquierdo 2020). In this research, honey images were captured utilizing a thermal imaging camera (Flir One Pro, Android version, P/N 435-0007-01) under controlled environmental conditions; temperature (24-26 °C), humidity (60-70%), the distance between samples and the camera (25 cm) and sample cup (150 mm gamma sterile). The thermal camera functions within a range of 0 to 35 °C and can identify different temperatures (-20 to 400 °C). Image values were obtained by creating uniform-width circles on the honey samples using the ImageJ. Subsequently; L*, a*, and b* values were analyzed to ascertain the black/white, green/red, and blue/yellow color changes utilizing ImageJ. In addition, hue (H), saturation (S), brightness (B), red (R), green (G) and blue (B) were also defined. Finally, the color properties (L, a* and b*) were analyzed spectrophotometrically (Konica Minolta CM-700d). Four measurements were taken for each sample, and the mean values for mean L (ML), mean a* (Ma*) and mean b* (Mb*) were calculated from these measurements. The mean values of color properties of ImageJ and spectrophotometer were used in the analysis.

Statistical test

CART analysis was performed to detect the associations between the traits (proline and Brix) and the factors (color properties and year of harvest). The CART algorithm is a prevalent decision tree method in the academic literature that splits clusters into two distinct subsets (Breiman et al. 1984, Kayri and Boysan 2008, Coşkun et al. 2023). The CART algorithm obviates data normality

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

and homogeneity that is needed for assumptions intrinsic to multiple regression analysis (Kayri and Boysan 2008). For this investigation, a threshold of 650 mg/kg demarcated a decision tree, classifying honey as either high or low in proline content. Specifically, these are honeys of classes 1 (proline > 650 mg/kg) and 0 (proline < 650 mg/kg). Similarly, an 83% Brix threshold was set to devise a decision tree, differentiating honey into high Brix (marked as 0) or low Brix (marked as 1) classifies. When allocating Brix metrics, the nexus between Brix and honey quality was acknowledged, with honey registering low Brix values (attributed to reduced sugar content) being designated as 1 (Kapira et al. 2023).

The Gini index (L) served as the basis for classification. It was calculated based on the

equation $L = 1 - \sum_{i=1}^j p_i^2$. Where; j is the number of classes in the data and p_i is the relative frequency of each class in the total dataset. When the dataset is divided into two subsets (L_1 and L_2) based on feature A, the Gini index (L_A) is computed using the respective dimensions n_1 and n_2 (Tangirala 2020). L_A was calculated with subsequent formula; $L_A = (\frac{n_1}{n} * L_1) + (\frac{n_2}{n} * L_2)$. The depletion of impurity (ΔA) was calculated using the following equation: $\Delta A = L - L_A$ (Tangirala 2020). Accuracy, sensitivity and specificity were calculated using the equations (Mikail and Keskin 2015, Aytakin et al. 2018). The confusion matrix of the CART algorithm classifier is presented in Table 1.

Table 1. CART algorithm classifier's confusion matrix

Studied Traits Variable	Observed High Low	Estimated	
		High k m	Low l n

$$Accuracy = (k + n)/(k + l + m + n)$$

$$Sensitivity = k/(k + l)$$

$$Specificity = n/(m + n)$$

$$Error\ proportion = 1 - [(k + n)/(k + l + m + n)]$$

$$se_{AUC} = \sqrt{\frac{AUC(1-AUC) + (n_A - 1)(q1 - AUC^2) + (n_B - 1)(q2 - AUC^2)}{n_A n_B}}$$

$$n_a = k + m \text{ and } n_b = l + n$$

$$q1 = \frac{AUC}{2 - AUC} \text{ and } q2 = \frac{2AUC^2}{1 + AUC}$$

1

2

3

4

5

6

In the equation; k and m indicate true and false positives, while l and n indicate true and false negatives. The area under the ROC (AUC) was determined with the formula provided by Hanley and McNeil (1982). Analysis of CART, including parent nodes (6), child nodes (3), and cross-validation (5), as well as t -test, was applied utilizing SPSS 23.0 (IBM Corp. 2015). The evaluation criteria for the CART algorithm were performed using R software (R Core Team 2019, Eydurán 2020).

RESULTS

The minimum, maximum and mean values were 81.9, 84.5 and 83.2±0.79% for Brix and 322.64,

1114.03 and 678.83±192.16 mg/kg for proline. Furthermore, L , a^* , and b^* values were determined as 63.87, 1.38, and 25.88 using the spectrophotometer, respectively. Additionally, the following values were obtained by image processing: $L = 52.405$, $a^* = 52.619$, $b^* = 20.309$, hue = 177.450, saturation = 203.616, brightness = 192.199, red = 183.903, green = 48.967, and blue = 121.078.

Some descriptive statistics

Some descriptive statistics and the t -test results related to the color properties for Brix and proline are presented in Table 2.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 2. T-test results of effective factors on proline and Brix

Effective factors	Traits	Variable	Code	N	Minimum	Maximum	$\bar{X} \pm S_x$	S_x	
Year	Brix	High Brix	0	11	2020	2021	2020.55±0.16	0.522	
		Low Brix	1	9	2020	2021	2020.56±0.18	0.527	
	Proline	High Proline	1	9	2020	2021	2020.56±0.18	0.527	
		Low Proline	0	11	2020	2021	2020.55±0.16	0.522	
Spectrophotometer	ML	Brix	High Brix	0	11	56.21	80.37	69.6±2.9 ^a	9.55
			Low Brix	1	9	30.72	79.44	56.9±4.8 ^b	14.50
		Proline	High Proline	1	9	30.72	80.37	63.4±5.5	16.4
			Low Proline	0	11	47.27	80.27	64.3±3.3	11.1
	Ma*	Brix	High Brix	0	11	-2.243	4.862	0.64±0.77	2.54
			Low Brix	1	9	-1.407	4.748	2.29±0.62	1.87
		Proline	High Proline	1	9	-1.407	4.748	1.61±0.86	2.57
			Low Proline	0	11	-2.243	4.862	1.20±0.69	2.29
	Mb*	Brix	High Brix	0	11	18.21	36.58	29.26±1.4 ^a	4.57
			Low Brix	1	9	12.35	35.14	21.75±3.1 ^b	9.39
		Proline	High Proline	1	9	14.71	34.60	26.80±2.5	7.37
			Low Proline	0	11	12.35	36.58	25.13±2.6	8.62
L	Brix	High Brix	0	11	46.545	55.613	51.456±0.988	3.275	
		Low Brix	1	9	48.294	57.807	53.564±1.041	3.124	
	Proline	High Proline	1	9	48.294	55.891	52.837±0.941	2.822	
		Low Proline	0	11	46.545	57.807	52.051±1.131	3.750	
a*	Brix	High Brix	0	11	50.324	55.636	53.390±0.565	1.873	
		Low Brix	1	9	48.343	53.988	51.675±0.789	2.366	
	Proline	High Proline	1	9	48.526	54.653	52.322±0.751	2.253	
		Low Proline	0	11	48.343	55.636	52.861±0.690	2.288	
b*	Brix	High Brix	0	11	-2.241	36.304	16.392±4.511	14.962	
		Low Brix	1	9	2.632	47.356	25.096±4.741	14.222	
	Proline	High Proline	1	9	2.632	34.782	21.473±4.125	12.376	
		Low Proline	0	11	-2.241	47.356	19.356±5.208	17.274	
Hue	Brix	High Brix	0	11	23.630	235.066	177.436±21.139	70.111	
		Low Brix	1	9	12.025	235.875	177.468±24.486	73.458	
	Proline	High Proline	1	9	93.924	235.066	196.918±16.049	48.146	
		Low Proline	0	11	12.025	235.875	161.522±24.786	82.206	
Saturation	Brix	High Brix	0	11	175.911	233.114	205.221±6.234	20.676	
		Low Brix	1	9	178.585	229.359	201.655±6.355	19.064	
	Proline	High Proline	1	9	175.911	229.359	200.788±6.783	20.350	
		Low Proline	0	11	179.890	233.114	205.930±5.879	19.498	
Brightness	Brix	High Brix	0	11	162.680	230.975	190.320±7.948	26.362	
		Low Brix	1	9	163.177	233.442	194.496±8.725	26.176	
	Proline	High Proline	1	9	163.177	222.432	189.903±7.694	23.083	
		Low Proline	0	11	162.680	233.442	194.077±8.617	28.580	
Red	Brix	High Brix	0	11	120.130	231.151	180.352±11.785	39.086	
		Low Brix	1	9	134.421	233.473	188.244±11.876	35.628	
	Proline	High Proline	1	9	134.421	222.564	183.687±10.827	32.480	
		Low Proline	0	11	120.130	233.473	184.080±12.541	41.593	
Green	Brix	High Brix	0	11	14.334	105.102	47.036±9.385	31.128	
		Low Brix	1	9	17.145	104.362	51.326±9.938	29.814	
	Proline	High Proline	1	9	17.145	82.100	45.285±7.955	23.866	
		Low Proline	0	11	14.334	105.102	51.979±10.494	34.804	
Blue	Brix	High Brix	0	11	49.944	163.196	123.754±12.271	40.700	
		Low Brix	1	9	48.723	162.953	117.807±13.148	39.445	
	Proline	High Proline	1	9	75.846	162.953	125.848±10.735	32.205	
		Low Proline	0	11	48.723	163.196	117.175±13.657	45.296	

a, b: p < 0.05, \bar{X} : Mean, $S_{\bar{x}}$: Standard error, S_x : Standard deviation

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

T-test analysis revealed that some color properties, derived from thermal image processing and spectrophotometric techniques, affected proline and Brix (Table 2). The t-test outcomes indicated that the ML and Mb* values were statistically significant ($p < 0.05$) across both variables. Additionally, for Brix, the L (69.6 ± 2.9) and b* (29.26 ± 1.4) values of the HB group were found to be statistically higher than the

LB group (L: 56.9 ± 4.8 and b*: 21.75 ± 3.1). All other independent variables were found to be insignificant (Table 2).

The CART analysis

The precision of the CART algorithm in classification is shown in Table 3.

Table 3. CART algorithm's Confusion Matrix for Traits

Traits	Observed	Estimated		
		High Proline	Low Proline	Accuracy (%)
Proline	High Proline	10	1	90.9
	Low Proline	0	9	100.0
	Total (%)	50.0	50.0	95.0
Brix		High Brix	Low Brix	Accuracy (%)
	High Brix	11	0	100.0
	Low Brix	0	9	100.0
	Total (%)	55.0	45.0	100.0

The algorithm exhibited a high accuracy rate, classifying high proline honey samples with 90.9% accuracy and achieving perfect accuracy for low proline honey samples. Similarly, for Brix values, the

algorithm maintained a consistent 100% accuracy for both high and low classes. Figure 1 displays the ROC curve, further illustrating the classification effectiveness of the CART algorithm for traits.

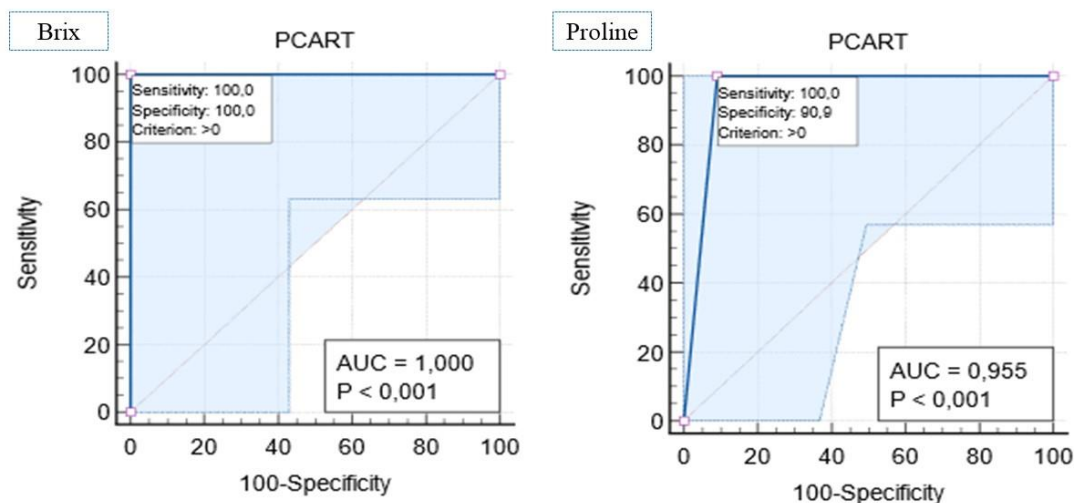


Figure 1. ROC Curves for Traits via CART Algorithm

According to the area under the ROC curve (AUC), the classification performance of the CART algorithm in determining traits was significant ($p < 0.01$). In addition, the performance of the CART algorithm for feature classification was presented in Table 4.

The accuracy, sensitivity, and specificity rates of the CART algorithm were 95.00%, 100.00%, and 90.91% for proline and 100.00% of all rates for Brix. Furthermore, the classification tree diagram of the CART algorithm for proline was shown in Figure 2.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 4. The CART Algorithm's Classification Performance for Traits

Traits	Sensitivity	Specificity	AUC	Accuracy	P	Pairwise comparison of ROC curves
Proline	100.00	0.9091	0.955±0.0455	0.9500	<0.0001	P=0.0014
Brix	100.00	100.00	1.000±0.000	100.00	<0.0001	

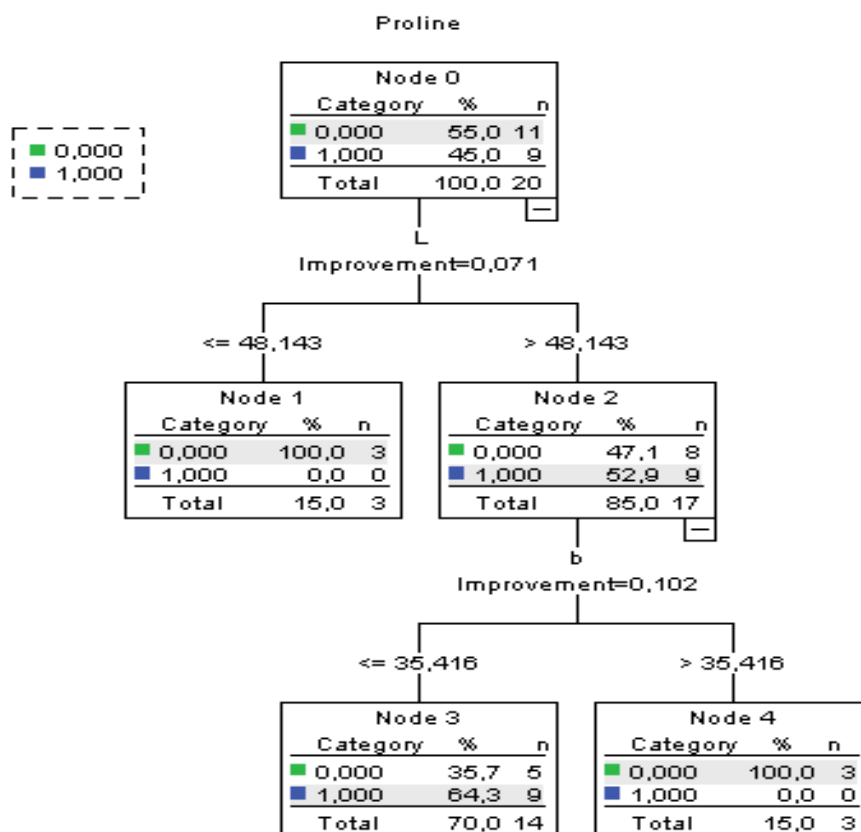


Figure 2. The CART Algorithm's Classification Tree Diagram for proline

Node 0 included HP (9) and LP (11) honeys with 45% and 55%. Within Node 0, two distinct sub-branches emerged, predominantly based on the L value, the pivotal independent variable for delineating proline levels in honey samples (Nodes 1 and 2). Specifically, in Node 1, all specimens possessing L values ≤ 48.143 were designated as LP. Conversely, within Node 2, 52.9% of samples with L values > 48.143 were identified as HP, while the remaining 47.1% were classified as LP. Node 2

is further separated into Node 3 (64.3% of honey samples with $b^* \leq 35.416$ values were labeled as HP and the remaining 35.7% as LP) and Node 4 (exhibiting b values > 35.416 , all samples were classified as LP. Notably, proline values across Nodes 1, 3, and 4 demonstrated homogeneity, denoting a comprehensive differentiation culminating in the terminal node. The classification tree diagram of the CART algorithm for Brix was presented in Figure 3.

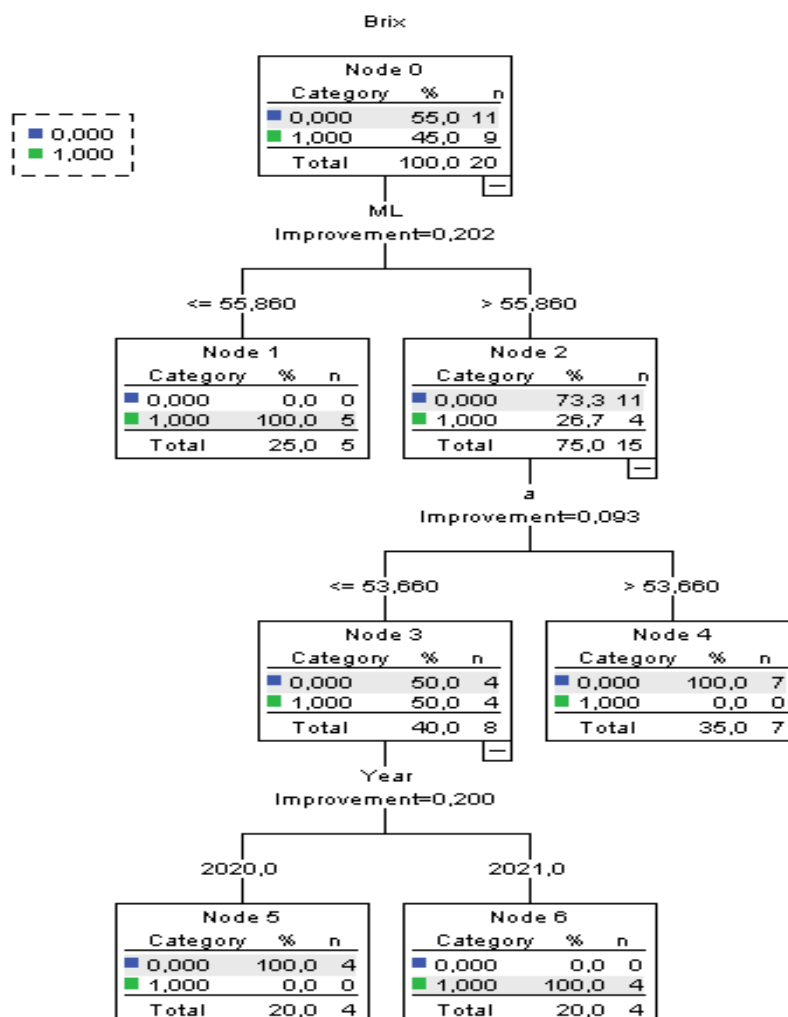


Figure 3. The CART Algorithm's Classification tree diagram for Brix

Node 0 contained HB (11) and LB (9) honey samples with 55% and 45%. The ML in Node 0 is divided into two distinct subnodes (honeys with $ML \leq 55.860$ were designated as LB in Node 1, on the other hand, when the $ML > 55.860$, 26.7% of the samples are labeled as LB, while 73.3% are identified as HB in Node 2). In the structure where node 2 branches based on the a^* value, the samples were equally classified as HB and LB in node 3 ($a^* \leq 53.660$), while all samples were classified as HB in node 4 ($a^* > 53.660$). More detailed, Node 3 branches into Nodes 5 and 6 based on the year the honey was harvested, and these nodes identify all samples as LB (2021)

and HB (2020), respectively. Concerning the Brix values, uniformity is achieved across Nodes 1, 4, 5, and 6, culminating in a finalized differentiation at the terminal node.

Correlation analysis

In this section, the associations between dependent and independent variables are given in Table 5.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Table 5. Correlation matrix for effective factors and traits

Traits/ Factors	Brix	Proline	Year	ML	Ma*	Mb*	L	a*	b*	Hue	Sat.	Bri.	Red	Green	Blue
Brix	1														
Proline	.04	1													
Year	-.06	-.16	1												
ML	.49 ^a	-.16	.11	1											
Ma*	-.23	.35	-.19	-.78 ^A	1										
Mb*	.51 ^a	.12	.22	.58 ^A	-.15	1									
L	-.28	.12	-.63 ^A	-.28	.14	-.36	1								
a*	.47 ^a	.04	.30	.17	.04	.26	-.80 ^A	1							
b*	-.26	.10	-.71 ^A	-.24	.12	-.37	.99 ^A	-.78 ^A	1						
Hue	.02	.09	.59 ^A	.04	-.08	.05	-.55 ^a	.57 ^A	-.63 ^A	1					
Sat.	-.01	-.23	.79 ^A	.05	-.09	.28	-.78 ^A	.34	-.80 ^A	.33	1				
Bri.	-.03	.10	-.88 ^A	-.03	.12	-.19	.82 ^A	-.51 ^a	.88 ^A	-.74 ^A	-.85 ^A	1			
Red	-.03	.14	-.82 ^A	-.12	.15	-.24	.89 ^A	-.51 ^a	.92 ^A	-.60 ^A	-.91 ^A	.97 ^A	1		
Green	-.03	.07	-.84 ^A	-.07	.14	-.17	.83 ^A	-.57 ^A	.89 ^A	-.82 ^A	-.78 ^A	.98 ^A	.95 ^A	1	
Blue	0.04	-.07	.85 ^A	.06	-.13	.18	-.82 ^A	.57 ^A	-.89 ^A	.82 ^A	.78 ^A	-.99 ^A	-.94 ^A	-1.0 ^A	1

^a: p < 0.05, ^A: p < 0.01, Sat: Saturation, Bri: Brightness

Table 6. Literature on the honey proline and Brix content as well as the color properties

References	Honey origin	N	Proline (mg/kg)	Brix (%)	Spectrophotometer		
					L	a*	b*
Meda et al. (2005)	Various (Burkina Faso)	27	989.5±407.4	-	-	-	-
Anupama et al. (2003)	Various (Indian)	11	-	78.6±1.88	34.65±5.20	12.44±6.41	49.92±7.96
Bayram (2019)	Various (Türkiye)	12	747.67±144.37	-	-	-	-
Kanbur et al. (2021)	Highland	6	755.14±114.8 ^b	82.5±2.43	75.85±5.26 ^A	13.03±5.81 ^B	77.5±8.87
	Chestnut						
Conti (2000)	Various (Lazio)	84	-	82.03±1.07	-	-	-
Polat (2007)	Various (Türkiye)	40	-	80.9	23.01	0.24	0.13
Boistean et al. (2021)	Multiflora (Tunisia)	-	-	-	24.51±0.10	3.96±0.05	8.64±0.08
	Multiflora (Romania)	-	-	-	37.64±0.06	1.40±0.01	20.39±0.05
	Multiflora (Moldova ₁)	-	-	-	27.99±0.12	3.25±0.04	12.63±0.07
	Multiflora (Moldova ₂)	-	-	-	33.03±0.09	2.27±0.01	18.96±0.11
Haroun (2006)	Pine	7	853.86±163.48	82.45±0.83	26.36±0.83	1.69±0.81	9.63±1.25
	Cotton						
	Chestnut						
	Sunflower						
	Highland						
	Multiflora						
	Oak						
	Citrus						
	Various						
Adulterated							
Eker et al. (2017)	Various (Centre)	-	-	83.6±1.4	60.47±2.1 ^{ab}	-0.81±0.12 ^c	6.17±0.84 ^b
	Various (Kağızman)						
	Various (Digor)						
	Various (Selim)						
	Various (Sarıkamis)						
	Various (Susuz)						
	Various (Arpacay)						
Geană et al. (2020)	Acacia	16	-	81.62±2.24	-	-	-
	Rape						
	Polyfloral						
	Linden						
	Honeydew						
	Sunflower						
	Mixed						
	Commercially						

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Continuation of Table 6

References	Honey origin	N	Proline (mg/kg)	Brix (%)	Spectrophotometer		
					L	a*	b*
Khalafi et al. (2016)	Coriander (Tiran and Karvan)	1	-	-	18.98±0.03 ⁱ	23.01±0.02 ^a	31.64±0.04 ^f
	Dill (Tiran and Karvan)	1	-	-	29.94±0.02 ⁱ	18.55±0.03 ^b	47.68±0.02 ^c
	Ziziphus (Borazjan)	1	-	-	41.19±0.16 ^d	14.29±0.03 ^c	59.98±0.04 ^a
	Thyme (Damavand)	1	-	-	41.39±0.00 ^c	11.34±0.00 ^d	49.81±0.02 ^b
	Parsley (Tiran and Karvan)	1	-	-	45.63±0.00 ^a	5.14±0.00 ^f	36.50±0.02 ^e
	Qangal (Shahr-e-Kord)	1	-	-	45.05±0.03 ^b	5.41±0.01 ^e	37.67±0.03 ^d
	Astragal (Shahr-e-Kord)	1	-	-	30.12±0.02 ^h	2.63±0.01 ⁱ	23.91±0.01 ^h
	Alfalfa (Baharestan)	1	-	-	31.03±0.01 ^g	2.94±0.01 ^g	24.85±0.01 ^g
	Tamarisk (Shahr-e-Kord)	1	-	-	32.47±0.00 ^f	2.27±0.01 ⁱ	21.80±0.02 ^j
Orange blossom (Shiraz)	1	-	-	33.10±0.10 ^e	2.77±0.03 ^h	23.22±0.11 ⁱ	
Kek et al. (2017)	Tualang (Malaysia)	2	-	-	26.52±0.24 ^{bc}	1.42±0.04 ^a	2.96±0.11 ^{bc}
	Gelam (Malaysia)	2	-	-	26.06±0.11 ^{bcd}	2.10±0.10 ^a	2.78±0.11 ^{bc}
	Pineapple (Malaysia)	2	-	-	27.31±0.91 ^{ab}	2.05±0.70 ^a	3.59±0.26 ^b
	Borneo (Malaysia)	2	-	-	25.86±0.26 ^{cd}	1.45±0.16 ^a	2.66±0.16 ^{bc}
	Kelulut (Malaysia)	3	-	-	24.90±1.38 ^{de}	1.90±0.49 ^a	2.52±1.05 ^c
	Manuka (Australia)	1	-	-	23.70±0.04 ^e	0.09±0.02 ^b	0.15±0.02 ^d
	Commercial Y (Malaysia)	1	-	-	29.03±0.01 ^a	2.02±0.03 ^a	7.68±0.07 ^a
	Commercial Z (Malaysia)	1	-	-	25.94±0.02 ^{bcd}	1.90±0.03 ^a	2.64±0.03 ^{bc}
Al-Farsi et al. (2018)	Sidr	29	449	82.5	-	-	-
	Sumer	21	877	82	-	-	-
	Multiflora	8	487	82.2	-	-	-
Cengiz et al. (2018)	Pure floral (Türkiye)	19	546±80	82.8±1.1	-	-	-
Nagai et al. (2018)	Acacia (Hungary)	1	-	80.9±0.1	11.97±1.03	5.19±0.32	24.18±2.11
	Orange (Mexico)	1	-	79.7±0.1	3.58±0.19	4.24±0.25	3.09±0.14
	Lavender (Spain)	1	-	82.1±0.1	4.83±0.37	5.96±0.49	4.91±0.33
	Blueberry (Canada)	1	-	82.2±0.1	5.65±0.51	10.57±0.84	6.30±0.61
	Litchi (China)	1	-	79.2±0.1	4.20±0.22	3.85±0.17	3.08±0.19
	Coffee (Guatemala)	1	-	79.7±0.1	3.32±0.09	1.55±0.04	1.77±0.06
Islam et al. (2022)	Jarrah honey	11	-	82.62±0.23	-	-	-
Aykas (2023)	Various (Türkiye and USA)	147	-	78.7±3.2	-	-	-
Mehdi et al. (2023)	Euphorbia (Morocco)	1	-	80.67	-	-	-
	Euphorbia (Morocco)	1	-	81.13	-	-	-
	Carob (Morocco)	1	-	80.60	-	-	-
	Carob (Morocco)	1	-	78.53	-	-	-
	Arbutus (France)	1	-	81.67	-	-	-
	Arbutus (Morocco)	1	-	80.07	-	-	-

a, b: p<0.05, A, B: p<0.01

There was a significant positive correlation between Brix and the values of L and b* (spectrophotometer), and a* (ImageJ) at rates of 48.5%, 50.5%, and 46.9%, respectively (p<0.05). Conversely, there was an absence of a notable correlation between proline and the color characteristics of honey. Nevertheless, a positive correlation of 58.8%, 79.0% and 85.3% was found between crop year and hue, saturation and blue values (p< 0.01). Furthermore, pronounced

inverse relationships (p< 0.01) were noted between the harvest year and values of L, b*, brightness, red, and green, with percentages of 63.1%, 71.3%, 87.7%, 82.2%, and 84.4%, respectively. In the study, a positive correlation of 77.9% was found between L and a*, while a negative correlation of 57.5% was observed between L and b* (p< 0.01). Additionally, substantial relationships, both positive and negative, were evident across color properties extracted from

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

thermal imaging. In the correlation matrix, the honey color tends to be white, red, and yellow as Brix content increases. Nonetheless, no linkage was identified between proline and Brix contents of honey samples. Furthermore, fluctuations were observed in the thermal image-derived color properties across years, implying alterations in honey color over storage durations (Table 5).

DISCUSSION

The color of honey is an important sensory characteristic in the apiculture sector; Consumers pay particular attention to this quality feature. Studies suggest that the HSB color model is an alternative to the Pfund colorimeter, which is based on an optical comparison method characterized by labor intensity, time waste and subjectivity (Dominguez and Centurión 2015). Table 6 provides a comprehensive overview of various research findings on the proline and Brix content as well as the color properties of honey.

The mean Brix content of honey, determined in this study, was lower than that reported for oak, honeydew, sunflower honey and various types of honey (Haroun 2006; Eker et al. 2017; Geană et al. 2020), conversely higher than in other studies. The mean proline content of honey, detected in the current study, was higher than different studies of the amounts found in highland, oak, citrus, Sidr, multiflora and pure floral honey (Haroun 2006, Al-Farsi et al. 2018, Cengiz et al. 2018), however lower than in other studies. In summary, the proline and Brix content of honey determined in this study was different from the other studies. The L value of honey in this study was lower compared to specific varieties from Kars (Selim, Susuz, and Arpacay) and highland honey (Eker et al. 2017, Kanbur et al. 2021), but higher than others. Regarding a^* , the mean a^* value of the honey samples in this study was higher than of cotton, sunflower, highland, multiflora, citrus, diverse, adulterated, Manuka and various honey types (Haroun 2006, Polat 2007, Eker et al. 2017, Kek et al. 2017), but lower than other studies. The b^* value for the honey samples in this study was lower than the values reported for coriander, ziziphus, thyme, various types of honey, highland and chestnut honey (Anupama et al. 2003, Khalafi et al. 2016, Kanbur et al. 2021), but higher than in other studies. Overall, the mean L, a^* and b^* values in this study were comparatively high, low, and high, respectively, compared to other studies. It can be

concluded that differences between Brix and proline content in different honey samples are mainly due to their different origins.

The results of this study suggest that the color of honey changes from a darker shade reminiscent of black to a lighter shade as the Brix value of its sugar concentration increases. In addition, a shift in the color spectrum towards yellow and blue can be observed with an increase or decrease in the Brix value of honey. From the present results, it can be deduced that honey varieties with darker and bluish tones have a reduced Brix value and therefore have a lower sugar content than honey varieties with lighter and more yellowish tones. However, there is no compelling evidence of a direct relationship between Brix levels, proline content and other color properties of honey. In another study, highland and chestnut honey varieties were compared; Proline-rich honey samples were found to have decreased L values but increased a^* values (Kanbur et al. 2021). This contradicts the claims of the current study, which indicated that honeys with darker and redder hues contained a higher concentration of proline than honeys with lighter and greener hues. Using regression tree analysis, this research also found that honeys that appear whiter or bluer generally contain higher levels of proline than honeys that appear darker or yellowish.

Anupama et al. (2003) found that the L, a^* , and b^* values for honey (measured by spectrophotometer) ranged from 23.77 to 43.69, 3.4 to 27.83, and 39.11 to 68.54, respectively. Their study found that the L, a^* and b^* values had no significant impact on the Brix value of the honey. In contrast, Eker et al. (2017) claimed that although honey samples from different sources had comparable Brix values, they had differences in their L, a^* and b^* values. Kapira et al. (2023) highlighted a significant decrease in Brix value of honey jam compared to sucrose jam after 14 days of storage, suggesting possible fermentation or degradation of sucrose due to microbial activity. On the contrary, the results of the current study are different from reported studies in terms of L value (Anupama et al. 2003, Eker et al. 2017, Kapira et al. 2023). This study found that honey samples that had darker tones, such as blackish or greenish tones, and were freshly harvested generally had lower Brix levels than honey with lighter tones, such as whitish or reddish tones, that was previously harvested. Also, no significant correlation was observed between the color of honey and the content of proline and Brix as well as harvest

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

time. The variation in color traits in different harvest years as well as the consistent proline and Brix values indicate that color is not the only indicator of honey quality. Polat (2007) highlighted that darker honeys have high mineral concentrations, while Haroun (2006) found a notable negative correlation of 60.6% and 46.3% between L value and total phenolic and antioxidant components of honey, respectively. Furthermore, Haroun (2006) observed a significant positive association between the total phenolic (79%) and antioxidant levels (58.9%) in honey with its a^* value ($p < 0.05$). Similarly, Haroun (2006) indicated a positive correlation between the total phenolics (33.5%) and antioxidants (42.3%) content of honey and the b^* value ($p < 0.05$). Meda et al. (2005) suggested a possible correlation between the proline content of honey and its inherent antioxidant abilities. Anupama et al. (2003) showed a significant negative correlation between honey moisture and Brix (99%) and viscosity (100%). The same researchers found that there was a positive correlation between viscosity and sweetness from sensory evaluation and viscosity (69%) and sweetness (76%) from instrumental measurements.

Conclusion

This study revealed that the content of proline and Brix in honey can vary based on its color traits, determined by both spectrophotometers and thermal imaging. In particular, honey samples with whitish and bluish tones may have high proline concentrations, while honeys with darker tones like blackish and greenish tones may have higher Brix values. Honey of the highest quality is generally characterized by decreased Brix values and simultaneously increased proline content. Nonetheless, no significant relationship was found between the proline and Brix content of honey.

As a result, it can be said that the values obtained from spectrophotometers and thermal imaging devices should not be used interchangeably to assess color characteristics of honey. However, to accurately assess honey quality based on its color traits, comprehensive studies with more honey samples and origin, are required.

Acknowledgements: I would like to thank the beekeepers who provided honey samples for this study.

Conflict of interest: The author declared that there is no conflict of interest. Informed consent. The

author has given their consent that this work is valid and represent their views of the study and have given their consent for this work to be published.

Data Availability: Data will be provided on reasonable request.

Ethics: No animal or human was used in this research.

Funding information: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

REFERENCES

- Al-Farsi M, Al-Belushi S, Al-Amri A, Al-Hadhrami A, Al-Rusheidi M, Al-Alawi. Quality evaluation of Omani honey. *Food Chem.* 2018; 262: 162-167, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.104>.
- Anonymous. Turkish Food Codex Honey Communiqué. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/04/20200422-13.htm>, 2020, (Accessed: 10.04.2023).
- Anupama D, Bhat KK, Sapna VK. Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. *Food Res. Int.* 2003; 36(2): 183-191, [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00135-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00135-7).
- Aykas DP. Determination of possible adulteration and quality assessment in commercial honey. *Foods* 2023; 12: Article 523, <https://doi.org/10.3390/foods12030523>.
- Aytekin İ, Eyduran E, Karadas K, Aksahan R, Keskin İ. Prediction of fattening final live weight from some body measurements and fattening period in young bulls of crossbred and exotic breeds using MARS data mining algorithm. *Pak. J. Zool.* 2018; 50(1): 189-195, <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.1.189.195>.
- Bayır H. Determination of heavy metal level and some physicochemical properties in honey bee, honey and pollen produced in different locations of Konya province. Selcuk University. Graduate School of Natural and Applied Sciences, PhD Thesis, Konya, 2019, (Accessed:

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- 01.02.2024),
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSoruSonucYeni.jsp>.
- Bayram NE. Quality evaluation and pollen profile of honey samples from different locations. *Prog. Nutr.* 2019; 21(4): 928-934, <https://doi.org/10.23751/pn.v21i4.8862>.
- Becerril-Sánchez AL, Quintero-Salazar B, Dublán-García O, Escalona-Buendía HB. Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color. *Antioxidants* 2021; 10(11): Article 1700, <https://doi.org/10.3390/antiox10111700>.
- Bogdanov S. Harmonised methods of the international honey commission. *Swiss Bee Research Centre FAM Liebefeld* 2002; 5: 1-62.
- Boistean A, Chirsanova A, Capcanari T, Siminiuc R. Evaluation of the color as a characterization parameter of honey from Tunisia, Romania and Moldova. In: *Biotehnologii moderne-soluții pentru provocările lumii contemporane*; Chişinău; Moldova; 2021, p. 43-43. <https://doi.org/10.52757/imb21.009>.
- Breiman L, Friedman J, Olshen R, Stone C. *Classification and regression trees*. 1st ed. New York, NY, USA: Routledge; 1984, <https://doi.org/10.1201/9781315139470>.
- Cengiz MM, Tosun M, Topal M. Determination of the physicochemical properties and ¹³C/¹²C isotope ratios of some honeys from the northeast Anatolia region of Turkey. *J. Food Compost. Anal.* 2018; 69: 39-44, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.02.007>.
- Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). *Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms*. Bureau Central de la CIE, Viena, 1978.
- Conti ME. Lazio region (central Italy) honeys: a survey of mineral content and typical quality parameters. *Food Control* 2000; 11(6): 459-463, [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(00\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(00)00011-6).
- Coşkun G, Şahin Ö, Delialioğlu RA, Altay Y, AYTEKİN İ. Diagnosis of lameness via data mining algorithm by using thermal camera and image processing method in Brown Swiss cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 2023; 55: Article 50, <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03468-9>.
- Dominguez MA, Centurión ME. Application of digital images to determine color in honey samples from Argentina. *Microchem. J.* 2015; 118: 110-114, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2014.08.002>.
- Eker T, Bozdoğan A, Ulukanlı Z. The physicochemical properties and antioxidant activities of honey from Kars (Turkey). In: *III International Conference on Engineering and Natural Science*; Budapest, Hungary; 2017, p. 1188-1192.
- Eyduran E. ehaGoF: Calculates goodness of fit statistics. R package version 0.1.1, 2020.
- Gaines-Day HR, Gratton C. Crop yield is correlated with honey bee hive density but not in high-woodland landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2016; 218: 53-57, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.11.001>.
- Geană EI, Ciucure CT, Costinel D, Ionete RE. Evaluation of honey in terms of quality and authenticity based on the general physicochemical pattern, major sugar composition and $\delta^{13}C$ signature. *Food Control* 2020; 109: Article 106919, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106919>.
- Hanley JA, McNeil BJ. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 1982; 143(1): 29-36, <https://doi.org/10.1148/radiology.143.1.7063747>.
- Haroun MI. Determination of phenolic and flavonoid profiles of some floral and honeydew honeys produced in Turkey. Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, PhD Thesis, Ankara, 2006, (Accessed: 01.02.2024), <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSoruSonucYeni.jsp>
- Hışıl Y, Bökreçioğlu N. Composition of honey and adulterations. *The J. Food* 1986; 11(2): 79-82.
- IBM Corp. *IBM SPSS statistics for windows, version 23.0*. Armonk, NY: IBM Corp; 2015.
- Islam MK, Lawag IL, Green KJ, Sostaric T, Hammer KA et al. An investigation of the suitability of melissopalynology to authenticate Jarrah honey. *Curr. Res. Food Sci.* 2022; 5: 506-514, <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.02.014>.
- Izquierdo M, Lastra-Mejías M, González-Flores E, Cancilla JC, Perez M, Torrecilla JS.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Convolutional decoding of thermographic images to locate and quantify honey adulterations. *Talanta* 2020; 209: Article 120500, <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.120500>.
- James OO, Mesubi MA, Usman LA, Yeye SO, Ajanaku KO, Ogunniran KO. Physical characterisation of some honey samples from North-Central Nigeria. *Int. J. Phys. Sci.* 2009; 4(9): 464-470, <https://doi.org/10.5897/IJPS.9000439>.
- Kanbur ED, Yuksek T, Atamov V, Ozcelik AE. A comparison of the physicochemical properties of chestnut and highland honey: The case of Senoz Valley in the Rize province of Turkey. *Food Chem.* 2021; 345: Article 128864, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128864>.
- Kapira K, Nkhata SG, Makolija N, Ayua EO, Aduol KO. Substituting natural honey for cane sugar (sucrose) retards microbial growth independent of water activity during storage of tomato jam. *EJFOOD* 2023; 5(1): 66-72, <http://dx.doi.org/10.24018/ejfood.2023.5.1.609>.
- Kayri M, Boysan M. Assessment of relation between cognitive vulnerability and depression's level by using classification and regression tree analysis. *HU J. Educ.* 2008; 34: 168-177.
- Kek SP, Chin NL, Yusof YA, Tan SW, Chua LS. Classification of entomological origin of honey based on its physicochemical and antioxidant properties. *Int. J. Food Prop.* 2017; 20(3): 2723-2738, <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1359185>.
- Khalafi R, Goli SAH, Behjatian M. Characterization and classification of several monofloral Iranian honeys based on physicochemical properties and antioxidant activity. *Int. J. Food Prop.* 2016; 19(5): 1065-1079, <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1055360>.
- Meda A, Lamien CE, Romito M, Millogo J, Nacoulma OG. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Faso honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chem.* 2005; 91(3): 571-577, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>.
- Mehdi R, Zrira S, Vadalà R, Nava V, Condurso C, Cicero N et al. A Preliminary Investigation of Special Types of Honey Marketed in Morocco. *JETA* 2023; 1(1): 1-20, <https://doi.org/10.3390/jeta1010001>
- Mikail N, Keskin I. Subclinical mastitis prediction in dairy cattle by application of fuzzy logic. *Pak. J. Agric. Sci.* 2015; 52(4): 1101-1107.
- Nagai T, Kai N, Tanoue Y, Suzuki N. Chemical properties of commercially available honey species and the functional properties of caramelization and Maillard reaction products derived from these honey species. *JFST* 2018; 55: 586-597, <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2968-y>.
- Polat G. Determination of the rheological, physicochemical characteristics and mineral contents of different floral honeys obtained from different locations. Selcuk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis, Konya, 2007, (Accessed: 01.02.2024), <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSoruSonucYeni.jsp>.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria, 2019, <https://www.R-project.org/>.
- Sancak K, Zan Sancak A, Aygören E. Dünya ve Türkiye'de arıcılık. *Arıcılık Araştırma Dergisi* 2013; 5: 7-13 (in Turkish).
- Shafiee S, Minaei S, Moghaddam-Charkari N, Ghasemi-Varnamkhasti M, Barzegar M. Potential application of machine vision to honey characterization. *Trends Food Sci. Technol.* 2013; 30(2): 174-177, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.12.004>.
- Tangirala S. Evaluating the impact of GINI index and information gain on classification using decision tree classifier algorithm. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 2020; 11(2): 612-619, <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110277>.
- TSI. Turkish Statistical Institute. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>, 2023, (Accessed: 15.02.2023).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

TÜKETİCİLERİN DOĞAL BAL ALGISI VE SATINALMA DAVRANIŞLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Research on Factors Affecting Consumers Perception of Natural Honey and Purchasing Behavior

Fatih BİLİCİ

Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü, Pazarlama Programı, Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE, E-posta: bilici@uludag.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-4803-0463

Geliş Tarihi / Received: 04.02.2024

Kabul Tarihi / Accepted: 20.04.2024

DOI: 10.31467/uluaricilik.1431615

ÖZ

Bu çalışma, tüketicilerin doğal bal bağlamında algılarını ve tercihlerini anlamak amacıyla birçok farklı boyuta odaklanmaktadır. Çevrimiçi anketlerle toplanan verilere dayanan ve Smart PLS programı kullanılarak yapısal eşitlik modellemesiyle analiz edilen araştırmada, sağlıklı ürün farkındalığı, algılanan besin değeri, gıda güvenliği, fiyat, kalite, renk algısı, doğal bala yönelik tutum, daha fazla ödeme istekliliği ve satın alma davranışı arasında güçlü ilişkiler bulunmuştur. Sağlıklı ürün farkındalığı, algılanan besin değeri, gıda güvenliği, fiyat ve kalite arttıkça doğal bala yönelik olumlu tutumun arttığı gözlemlenmiştir. Açık ve koyu renkli bal algıları, algılanan kalite üzerinde etkili olmakla birlikte, koyu renkli bal algısı daha güçlü bir etkiye sahiptir. Doğal bala yönelik tutumun, daha fazla ödeme istekliliği ve satın alma davranışı üzerinde anlamlı, güçlü ve pozitif etkileri bulunmaktadır. Bu bulgular, tüketicilerin sağlıklı ürün özelliklerine, besin değerine, gıda güvenliğine, fiyata, kaliteye ve renk algısına dayalı olarak doğal balı tercih ettiklerini ve bu tercihlerin satın alma davranışlarına yansıdığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğal bal, Satın alma davranışı, Tüketici algıları

ABSTRACT

This study aims to understand consumers' perceptions and preferences regarding natural honey by focusing on various dimensions. Based on data collected through online surveys and analyzed using structural equation modeling with the Smart PLS program, the research reveals strong relationships among health product awareness, perceived nutritional value, food safety, price, quality, color perception, attitude toward natural honey, willingness to pay more, and purchasing behavior. Positive correlations are observed between increased health product awareness, perceived nutritional value, food safety, price, and quality, leading to a more positive attitude toward natural honey. Both light and dark-colored honey perceptions influence perceived quality, with dark-colored honey perception having a more substantial impact. The positive effects of attitude toward natural honey on willingness to pay more and purchasing behavior are significant, strong, and positive. These findings indicate that consumers prefer natural honey based on health product features, nutritional value, food safety, price, quality, and color perception, and these preferences manifest in their purchasing behavior.

Keywords: Natural honey, Purchasing behavior, Consumer perceptions

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

EXTENDED ABSTRACT

Aim: Natural honey, a substance honeybees produce, is a significant natural product due to its rich nutritional content. Honey, comprising sugars, proteins, organic acids, vitamins, minerals, flavonoids, and enzymes, exhibits antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory properties. The composition of natural honey varies based on floral sources and apicultural practices, leading to differences in flavor, color, and nutritional content. Organic honey, produced through organic apiculture practices without synthetic chemicals, holds an official certification, assuring consumers of its absence of synthetic chemical residues. Both types of honey are considered valuable for their potential health benefits. Despite the acknowledged importance of honey consumption, more specific studies in the existing literature need to measure consumers' knowledge levels and perceptions regarding natural honey.

This research aims to measure consumers' awareness of healthy products, perceived nutritional value, perceived food safety, perceived price, perceived quality, and perceptions of light-colored and dark-colored honey on attitudes toward natural honey products. Additionally, the study explores the effects of the perception of natural honey on consumers' purchasing behavior and willingness to pay more. The research hypotheses were developed based on the analysis of the existing literature, revealing a gap in detailed and specific studies measuring consumers' knowledge levels and perceptions regarding natural honey.

Materials and Methods: This study collected data from voluntary consumers residing in Turkey, aged 18 and above, who engage in honey purchases. A convenience sampling method was employed, and data were gathered using the Microsoft Forms application. The survey form consisted of two parts: the first part aimed at determining demographic characteristics, and the second part focused on measuring perceptions, attitudes, and behaviors related to natural honey. The scale questions, consisting of 42 statements, were evaluated using a 5-point Likert scale. Structural equation modeling (PLS-SEM) and Smart PLS 4.0 software were used for data analysis.

The Bursa Uludağ University Research and Publication Ethics Board approved the survey form used in the research. The methodology involved adapting scale questions from previous studies in an

appropriate manner. Data analysis was conducted through structural equation modeling to ensure the accurate evaluation of obtained data and the reliability of results.

Results: Findings indicate that awareness of healthy products positively influences attitudes towards natural honey ($\beta=0.118$; $p=0.046<0.05$). Perceived nutritional value is observed to increase positive attitudes towards natural honey ($\beta=0.234$; $p=0.001<0.05$). Similarly, perceived food safety positively impacts attitudes towards natural honey ($\beta=0.317$; $p=0.000<0.05$). The perceived price of natural honey affects attitude positively ($\beta=0.196$; $p=0.001<0.05$). Perceived quality also affects the attitude towards natural honey significantly and positively ($\beta=0.142$; $p=0.009<0.05$). Light-colored and dark-colored honey perceptions positively impact perceived quality, with dark-colored honey being perceived as superior (Light-colored honey: $\beta=0.159$; $p=0.040<0.05$; Dark-colored honey: $\beta=0.311$; $p=0.000<0.05$). The positive attitude towards natural honey significantly affects willingness to pay more ($\beta=0.749$; $p=0.000<0.05$) and purchasing behavior ($\beta=0.859$; $p=0.000<0.05$). These results demonstrate that all hypotheses of the research model are supported, indicating a strong and positive effect of the attitude towards natural honey on both willingness to pay more and purchasing behavior.

Conclusion: The study reveals that consumers' willingness to purchase natural honey and pay more for various factors influence it. Awareness of healthy products shapes a positive orientation towards natural honey, while perceived nutritional value, food safety, price, and quality perceptions also contribute to this attitude. Consumers' awareness of the health benefits, nutritional value, reliability, quality, and price of natural honey should be emphasized by businesses when developing marketing strategies. To make informed and healthy choices, consumers need to obtain information from objective sources rather than making decisions based solely on perceptions. This approach can enhance positive experiences with natural honey for businesses and consumers.

GİRİŞ

Günümüzde sağlıklı yaşam tercihleri, sürdürülebilir gıda tüketimi eğilimlerinin giderek artmasıyla daha da önem kazanmaktadır. Sağlık bilincinin yükselmesi ve doğal ürünlere olan ilginin artması,

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

tüketicilerin gıda tercihlerinde daha bilinçli ve sağlık odaklı kararlar almalarına yol açmaktadır. Bu bağlamda, doğal bal tüketimi, gıda endüstrisindeki şeffaflık ve etik üretim pratiklerinin artan talebiyle doğrudan ilişkilidir. Tüketiciler artık ürünlerin doğallığı, üretim süreçleri ve içerikleri konusunda daha fazla bilgi sahibi olmak istemekte ve bu bilinç doğrultusunda tercihlerini belirlemektedir.

Gıda ürünlerine yönelik algıların ve pazarlama yöntemlerinin tüketici kararları üzerindeki etkisinin incelenmesi, gıda ve bal endüstrisindeki aktörler için önemli bir fırsat sunmaktadır. Tüketicilerin ürün seçimlerinde etkili olan faktörlerin anlaşılması, pazarlama stratejilerinin geliştirilmesinde ve tüketicilere daha etkili bir şekilde ulaşılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, doğal bal tüketimi üzerine yapılan bu çalışma, sadece tüketici davranışlarını anlamakla kalmayıp, aynı zamanda gıda endüstrisi için stratejik kararlar alınmasına da ışık tutmaktadır. Tüketicilerin, gıda ürünlerinin kaynağı ve üretim süreçleri hakkında daha bilinçli kararlar vermesi, sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi ve doğal kaynakların daha verimli kullanılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda, bu araştırma sadece tüketici tercihlerini değil, aynı zamanda çevresel boyutları da ele alarak daha geniş bir perspektif sunmaktadır. Bu çalışma, gıda endüstrisi ve tüketiciler arasında daha sağlıklı ve sürdürülebilir bir ilişki kurulmasına katkı sağlayarak, toplumsal ve çevresel faydaları da beraberinde getirme yolunda işletmelere ve tüketicilere bir bakış açısı kazandırma açısından önem arz etmektedir.

Sağlıklı yaşam ve beslenme konusundaki bu artan ilgi, tüketicilerin gıda seçimlerini etkileyen faktörleri anlamayı gerektirmektedir. Doğal ve organik gıdaların talebindeki artış, özellikle doğal bal tüketimine yönelik tüketici algılarının kapsamlı bir şekilde incelenmesini gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışma, bu gereklilikler kapsamında tüketicilerin doğal bala yönelik sağlıkla ilişkili algıları, algılanan besin değeri, gıda güvenliği, kalite ve fiyat gibi boyutları üzerinden tüketici tutumları, satın alma davranışları ve daha fazla ödeme istekliliği boyutlarını analiz ederek, bu konularda derinlemesine bir anlayış geliştirmeyi hedeflemektedir.

Literatüre göre oluşturulan hipotezler incelendiğinde, sağlıklı ürün farkındalığı, tüketicilerin doğal bala yönelik tutumlarını anlamlı ve olumlu yönde etkilemektedir (Chen 2009, Kozup vd. 2003, Kusdiyanto vd. 2022, Le-Anh ve Nguyen 2020,

Plasek vd. 2020, Wang 2015. Algılanan besin değeri, tüketicilerin doğal bala yönelik tutumlarını anlamlı ve olumlu yönde etkilemektedir (Cosmina vd. 2016a, Kleisiari vd. 2022, Oostenbach vd. 2019, Polak-Śliwińska ve Tańska 2021, Tafa vd. 2021, Vapa-Tankosić vd. 2020). Algılanan gıda güvenliği, tüketicilerin doğal bala yönelik tutumlarını anlamlı ve olumlu yönde etkilemektedir (Leanh ve Nguyen 2020, Piochi vd. 2022, Sun vd. 2016, Vapa-Tankosić vd. 2020, Williams ve Hammit 2001). Algılanan fiyat, tüketicilerin doğal bala yönelik tutumlarını anlamlı ve olumlu yönde etkilemektedir (Akroush vd. 2019, Ballco vd. 2022, Ćirić vd. 2015, Hansen 2005, Nursahid ve Mufriantje 2023, Sutanto ve Wulandari 2023, Vapa-Tankosić vd. 2020). Algılanan kalite, tüketicilerin doğal bala yönelik tutumlarını anlamlı ve olumlu yönde etkilemektedir (Ahmad vd. 2021, Gotlieb vd. 1994, Helly vd. 2022, Margariti 2021). Açık renkli bal algısı ve koyu renkli bal algısı, tüketicilerin doğal bala yönelik tutumlarını anlamlı ve olumlu yönde etkilemektedir (Boussaid vd. 2018, Fiorda vd. 2016, Fernandes vd. 2020, Gámbaro vd. 2007, Ghorbani ve Khajehroshanaee 2009, Hooker ve Caswell 1996, Kocsis vd. 2023, Neto vd. 2020, Piochi vd. 2022, Testa vd. 2019, Vapa-Tankosić vd. 2020, Yan vd. 2022, Yap ve Chin 2020, Zarei vd. 2019). Doğal bala yönelik tutum, tüketicilerin daha fazla ödeme yapma istekliliğini arttırmaktadır (Cosmina vd. 2016b, Laroche vd. 2001, Madenci vd. 2020, Popovic vd. 2020, Szakály vd. 2019, Trivedi vd. 2018, Wang vd. 2019). Doğal bala yönelik tutum, tüketicilerin doğal bal satın alma davranışlarını anlamlı ve olumlu yönde etkilemektedir (Ahmad vd. 2021, Dangı vd. 2020, Darsono vd. 2019, Hauser vd. 2013, Novitasari vd. 2021, Nuryanto ve Indriyani 2020).

Literatürdeki çalışmalar, bal tüketimiyle ilgili tüketicilerin tercihleri, algıları ve davranışları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Özellikle, doğal balın sağlık ve beslenme açısından önemi, tüketicilerin bu ürüne olan ilgisini artırmaktadır. Ayrıca, balın içerdiği GDO kalıntıları, böcek ilacı kalıntıları ve antibiyotiklerle potansiyel kirlenme gibi konular da tüketicilerin satın alma kararlarını etkileyen önemli faktörler arasındadır. Türkiye'deki tüketici araştırmaları da yerli tüketicilerin bal tüketim alışkanlıkları, tercihleri ve satın alma davranışları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Literatürde çalışmalar ağırlıklı olarak organik ballar üzerine yapılmıştır. Fakat bu araştırma literatürde daha az incelenen doğal ballar üzerine yapılması özelliğiyle de önemlidir. Bu çalışmaların ışığında, doğal bal tüketimi konusunda tüketicilerin bilgi düzeyini ve

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

algılarını ölçen bu araştırma gibi yeni araştırmaların yapılması, bu alanda daha derinlemesine bir anlayışın sağlanmasına katkı sağlayacaktır.

Araştırmanın amacı, tüketicilerin doğal ürünler hakkındaki bilgi düzeylerini ve bu bilginin satın alma kararlarına nasıl yansıdığını değerlendirmektir. Doğal balın sağlık üzerindeki olası faydaları, algılanan kalitesi ve balın renginin tüketicilerin ürün seçimlerini nasıl etkilediğini göstermektedir. Bu bağlamda, araştırma, tüketicilerin doğal balı tercih etme nedenlerini ve bu tercihlerin sağlık, çevre ve ekonomik faktörlerle nasıl ilişkilendirildiğini ortaya koymayı hedeflemektedir.

Kavramsal Çerçeve ve Literatürde Yer Alan Araştırmalar

Tüketicilerin gıda tercihleri giderek artan bir şekilde sağlıklı beslenme faktörlerine odaklanmaktadır. Bu bağlamda, özellikle doğal, organik, yerel ve geleneksel ürünlerin popülerliği önemli ölçüde artmaktadır. Bu eğilimler doğrultusunda, bal türleri de özel bir ilgi görmektedir. Bu türlerden ilki olan doğal bal, işlenmeden doğrudan arı kovanından elde edilmekte olan balı ifade etmektedir. Doğal bal, monosakkaritler, su, proteinler, organik asitler, vitaminler, mineraller, pigmentler, fenolik bileşikler ve uçucu organik bileşikler dahil olmak üzere çeşitli maddeleri içermektedir (Buba vd. 2012, El-Sayed vd. 2018). Doğal bal, antioksidan özellikleri ve antibakteriyel maddelerin varlığı nedeniyle sağlık açısından potansiyel faydaları olan yüksek kaliteli bir ürün olarak kabul edilmektedir (Fatima vd. 2020, Mir vd. 2022). Ek olarak doğal bal, organik asitlere atfedilen düşük pH ve yüksek antioksidan aktivite gibi fizikokimyasal özellikleriyle de bilinmektedir (Nguyen vd. 2021, Rajindran vd. 2022).

Organik bal ise sentetik kimyasalların kullanımını yasaklayan ve arıların pestisit ve diğer kirletici maddelerden arındırılmış alanlarda yiyecek aramasını gerektiren organik standartlara uygun olarak üretilmektedir. Araştırmalar, algılanan daha yüksek kalite ve organik üretim standartlarına bağlılık nedeniyle tüketicilerin organik bal için daha fazla ödeme yapmaya istekli olduklarını göstermektedir (Vapa-Tankosić vd. 2020). Organik bal aynı zamanda besleyici ve antioksidan özellikleriyle de tanınmakta ve bu da organik balı sağlık bilincine sahip tüketiciler için arzu edilen bir seçim haline getirmektedir (Polak-Śliwińska ve Tańska 2021).

Yerel bal ise yakındaki arı kovanlarından elde edilmekte ve yakın bölgelerden gelen polen kaynağı

nedeniyle genellikle yüksek kaliteli olarak kabul edilmektedir (Mitek vd. 2021). Tüketiciler, ithal bala göre daha güvenilir ve daha kaliteli olduğunu düşündüklerinden yerel balı tercih etme eğilimindedirler (Pocol ve Bolboacă 2013). Ayrıca yerel bal, özellikle ticari veya ithal çeşitlerle karşılaştırıldığında daha erişilebilir ve uygun maliyetli bir çözüm sunabilmektedir (Bazzi vd. 2019).

Geleneksel bal, organik standartlara uymayabilen ve çeşitli yerlerden temin edilebilen, ticari olarak üretilen balı ifade etmektedir. Geleneksel balın işleme tabi tutulabileceğini ve doğal veya organik bal ile aynı düzeyde besin ve antioksidan özelliklerini koruyamayabileceğini unutmamak önemlidir (Polak-Śliwińska ve Tańska 2021).

Özetle, doğal bal işlenmemiştir, çeşitli faydalı bileşenler içermektedir, içeriğindeki doğal öğeleri koruyan ve işlenmemiş bir şekilde tüketime sunulan bir ürün olarak öne çıkmaktadır. Organik bal kimyasal müdahalelerden uzak doğal arıcılık yöntemleriyle ve organik üretim standartlarına uygun olarak üretilmektedir. Yerel bal genellikle yüksek kaliteli ve güvenilir olarak algılanmakta ve belirli bir coğrafi bölgeden elde edilen ve genellikle taze ve benzersiz tat profiline sahip olan bir ürünü temsil etmektedir. Geleneksel bal, uzun yıllardır sürdürülen arıcılık yöntemlerine dayanarak üretilen ve yerel kültürel değerlere odaklanan bir ürün olarak öne çıkmaktadır. Geleneksel bal, doğal veya organik bal ile aynı standartları karşılayamama ihtimaline sahiptir.

Doğal Bal ve Organik Bal Arasındaki Farklılıklar

Doğal bal, bal arıları tarafından çiçek açan bitkilerin nektarından üretilen bir maddedir ve çeşitli besin maddeleri ve biyoaktif bileşikler açısından zengin bir kaynaktır (Ajibola vd. 2012, Aljohar vd. 2018). Şekerler, proteinler, organik asitler, vitaminler, mineraller, flavonoidler ve enzimler içermesi onu antioksidan, antimikrobiyal ve antiinflamatuvar özelliklere sahip, oldukça değerli bir doğal ürün haline getirmektedir (Khan vd. 2018, Lu vd. 2013, Mandal ve Mandal 2011). Doğal balın bileşimi çiçek kaynaklarına, coğrafi konuma ve arıcılık uygulamalarına göre değişiklik gösterebilir ve bu da lezzet, renk ve besin içeriğinde farklılıklara yol açabilir (Chitarrini vd. 2020, Molanaei vd. 2020). Organik bal ise arıcılıkta sentetik kimyasalların ve pestisitlerin kullanılmasından kaçınılmasını ve arıların organik çiçek kaynaklarına erişiminin sağlanmasını içeren organik uygulamalar kullanılarak üretilmektedir (Julia vd. 2023).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Doğal ve organik bal arasındaki temel fark, arıcılık uygulamalarında ve üretiminde kullanılan bitkisel kaynaklarda yatmaktadır. Organik bal, özellikle organik ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına öncelik veren ve tükettikleri balın sentetik kimyasal kalıntı içermediğine dair güvence arayan tüketiciler tarafından aranmaktadır. Doğal bal, dışarıdan hiçbir katkı maddesi eklenmeden, bulaştırılmadan, çiçekten kovana, kovandan sofraya doğrudan ulaşan saf balı temsil etmektedir. Başka bir deyişle, arının ürettiği bu bal, beşerî müdahale olmadan elde edilmektedir. Organik bal ise, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş bir sertifikasyon kuruluşu tarafından doğrallığının belirlenip, gerekli inceleme, denetleme ve laboratuvar analizlerinden geçtikten sonra onaylanan ve sertifikalandırılan baldır. Doğal ve organik balın her ikisi de doğal özelliklere sahiptir, ancak organik olan bal resmi bir sertifikaya sahiptir. Güvenilirlik açısından, doğal balın üreticisinin niteliği önemli bir rol oynamaktadır (Hawari vd. 2021, Odabaş 2018). Örneğin doğal bal, çiçek nektarından elde edilen çiçek balını ve bitkilerin canlı kısımlarının salgılarından veya bitkilerin canlı kısımlarını emen böceklerin dışkılarından elde edilen tatlı özsu balını içerebilir. Öte yandan organik bal, arıların organik çiçek kaynaklarına erişebildiği arı kovanlarında üretilir ve arıcılar, haşere kontrolü ve kovan yönetimi için doğal yöntemler kullanmak gibi organik arıcılık uygulamalarını takip etmektedir (Julia vd. 2023).

Sonuç olarak, doğal bal, çiçek açan bitkilerin nektarından elde edilir ve çiçek kaynaklarına ve arıcılık uygulamalarına bağlı olarak bileşim açısından farklılık gösterebilir. Organik bal ise sıkı organik standartlar altında üretilerek arıların organik olarak yetiştiği bitkilerden beslenmesini ve sentetik kimyasallar veya pestisitler gibi zararlı maddelere maruz kalmamasını sağlar. Her iki bal türü de önemli nitelikler sunmakta, doğal kökenleri ve potansiyel sağlık yararları dolayısıyla değerli kabul edilmektedir.

Literatür Taraması

Literatürde bal tüketimi ve pazarlama stratejilerinin çeşitli yönlerine ışık tutan, bal üzerine pazarlama ve tüketici odaklı çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Pazarlama stratejilerini geliştirmek için bal tüketiminin niceliksel ve niteliksel göstergeleri hakkında önemli bilgiler sunan araştırmalara duyulan ihtiyaç literatürde ayrıca vurgulanmaktadır (Pocol ve Bolboacă 2013).

Doğal kaynaklar ve balın GDO kalıntıları, böcek ilacı

kalıntıları ve antibiyotiklerle potansiyel kirlenmesi gibi tüketici endişeleri vurgulanan konulardır. Bu durum tüketicilerin Sırbistan'da organik ve yerel bal için ödeme yapma isteklerini etkilemektedir (Batt ve Liu 2012, Vapa-Tankosić vd. 2020). Batı Avustralya'da marka itibarı, menşei ve paranın değeri dahil olmak üzere tüketicilerin bal satın alma kararında etkili faktörler belirlenmiştir (Batt ve Liu 2012). Blanc vd. (2021), İtalyan Y kuşağı tüketicileri için balın içsel ve dışsal özelliklerinin rolünü inceleyerek berraklığın ve diğer özelliklerin önemini vurgulamıştır. Ayrıca, Slovakya'da kentli tüketiciler arasında balın özellikle kış döneminde çoğunlukla gıda ve ilaç olarak kullanıldığı saptanmıştır (Şedik vd. 2021). Ismaiel vd. (2014), Suudi Arabistan Krallığı'nda balın tüketim kalıplarını ve pazar taleplerini etkileyen faktörleri inceleyerek balın bölgede temel bir ürün olarak önemli olduğunu öne sürmüşlerdir. Ayrıca Pocol vd. (2022), katkılı bal hakkındaki tüketici farkındalığına ve tüketicilerin saf balı tanımlama kapasitelerine odaklanarak, balın izlenebilirlik sorunlarını Romanya'daki tüketicilerin bakış açısından incelemiştir. Aregawi (2020), Etiyopya'da Tigray Bölgesi, Mekelle şehrinde bal tüketimi eğilimlerini etkileyen belirleyici faktörleri araştırmış ve çalışma bölgesindeki bal tüketimi seçimini etkileyen faktörleri vurgulamıştır.

Bu çalışmalar bal tüketimiyle ilgili tüketici algıları, tercihleri ve davranışları hakkında bilgiler vermekte ve bal endüstrisindeki pazarlama stratejileri ve ürün geliştirme için öne çıkan öneriler sunmaktadır.

Bal ürünleriyle ilgili yerli literatürde yer alan tüketici araştırmaları, tüketicilerin bal tüketim alışkanlıkları, bilgi düzeyleri, güven düzeyleri ve satın alma davranışları üzerine odaklanmaktadır. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisinde yayınlanan bir çalışmada, ülkemizde bal tüketim alışkanlığı, tüketici tercihleri ve balın kalitesi ile ilgili tüketici algıları incelenmiştir (Karahan ve Özbakır 2020). Karahan ve Özbakır tarafından yapılan araştırmada da değinilen literatürdeki bal tüketim alışkanlığı ve tüketici tercihleri üzerine yapılan çeşitli araştırmalar, bal ürünleri bağlamında kıymetli bilgiler sunmaktadır. Örneğin, Dülgeroğlu'nun (2019) çalışmasında, katılımcıların balın kalitesini belirlemede etiket üstündeki garantileri veya marka isimlerini dikkate almasına rağmen, katılımcıların bal kalitesi algısının farklı yapıda olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, balın kalite algısında etiket üzerindeki marka isimlerinin ve garantilerin bir değeri olmadığı tespit edilmiştir. Marangoz ve Tayçu Dolu'nun (2019) araştırmasında ise en çok tercih edilen arıcılık

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

ürününün süzme bal olduğu, ambalaj olarak cam kavanozun ve üretici kaynağı olarak petek balın en güvenilir bulunduğu belirtilmiştir. Çanakkale ilinde yapılan bir başka çalışmada, tüketicilerin balı cam kavanozda tüketme ve arıcıdan satın alma tercihleri gözlemlenmiş, aynı zamanda televizyon veya internet üzerinden satılan arı ürünlerine duyulan güvensizlik vurgulanmıştır (Niyaz ve Demirbaş 2017).

Türkiye genelinde 11 ilde gerçekleştirilen bir anket sonucunda ise aylık bal tüketiminin %39,6'sının 0-500 gram arasında olduğu, tüketicilerin %51,2'sinin balı tanıdık arıcılardan satın aldığı, %38,8'inin ise tercihini petek balıdan yana kullandığı ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak, bal satın alan tüketicilerin %52,7'sinin markaya önem verdiği belirlenmiştir (Tunca vd. 2015). Bölüktepe ve Yılmaz'ın (2006) çalışmasında ise tüketicilerin %47'sinin markalı balı her mevsim, %43'ünün ise özellikle sonbahar ve kış aylarında tercih ettiği görülmüştür. Bu araştırmalar, tüketicilerin bal tercihleri ve alışkanlıkları üzerine bir bakış açısı sunmakta ve sektördeki dinamikleri ortaya koymaktadır (Bölüktepe ve Yılmaz 2006, Karahan ve Özbakır 2020). Ayrıca, Dağdemir ve Akdemir (2021) tarafından yapılan çalışma, Erzurum ilindeki tüketicilerin bal tüketim tercihlerini ve diğer arı ürünleri tüketim durumlarını ortaya koymayı amaçlamıştır. Öte yandan, Eryılmaz vd. (2018), gıda güvenliğiyle ilgili tüketicilerin bilgi ve bilinç düzeyleri ile davranışları konusunda yapılan araştırmaların önemine vurgu yapmaktadır.

Üstte yer alan çalışmalar, Türkiye'de bal satın alımı yapan tüketicilerin bal ve diğer arı ürünlerine yönelik tüketim alışkanlıklarını, tercihlerini ve satın alma davranışlarını anlamak için önemli kaynaklardır. Bu bağlamda, tüketicilerin bal ve diğer arı ürünleri tüketim alışkanlıkları, bilgi düzeyleri, güven düzeyleri ve satın alma davranışları üzerine yapılan araştırmalar, tüketicilerin tercihlerini anlamak ve sektördeki paydaşların stratejilerini belirlemek için önemli bir dayanak noktası oluşturmaktadır. Fakat doğal ballar üzerine tüketicilerin bilgi düzeyini ve algılarını ölçen bir çalışma literatürde yer almamaktadır. Bu noktada bu çalışmanın özgün bir çalışma olduğu ve literatürde önemli bir boşluğu doldurma hedefi taşıdığı ifade edilebilir.

Planlı Davranış Teorisi

Literatürdeki çalışmalarda tüketicilerin doğal kaynaklar, GDO kalıntıları ve kirlenme endişelerinin yanı sıra marka itibarı, ürün menşei ve fiyatın bal satın alma kararlarını etkilediği belirlenmiştir.

Tüketicilerinin balın içsel ve dışsal özelliklerine olan duyarlılığı vurgulanmış, farklı ülkelerde bal tüketim alışkanlıkları ve tercihleri incelenmiştir. Türkiye'de yapılan çalışmalarda tüketicilerin bal tercihleri, bilgi düzeyleri ve güven düzeyleri üzerine odaklanılmış, ayrıca gıda güvenliği konusunda tüketicilerin bilinç düzeyleri ele alınmıştır. Bu araştırmalar, bal ve arı ürünleri sektöründe pazarlama stratejileri ve ürün geliştirme için önemli bilgiler sunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında planlı davranış teorisi kullanılarak tüketicilerin doğal bal satın almalarına yönelik davranışlar ortaya çıkartılacaktır. Planlı davranış teorisi veya kuramı (TPB- Theory of Planned Behavior), 1975 yılında Ajzen ve Fishbein tarafından önerilen gerekçeli eylem kuramının (TRA) bir uzantısı olarak İcek Ajzen tarafından geliştirilmiştir (Song vd. 2023). TPB, sağlıkla ilgili davranışlar, sosyal psikoloji, pazarlama ve ekonomi dahil olmak üzere çeşitli alanlardaki davranışları tahmin etmek ve açıklamak için öne çıkan bir çerçevedir (Ajzen 2020, Steinmetz vd. 2016, Tan vd. 2023).

Fiziksel aktivite, gıda ürünlerine yönelik tutum, geri dönüşüm, tüketici davranışı ve teknolojinin benimsenmesi gibi çeşitli alanlardaki davranışları açıklamak ve tahmin etmek için başarıyla kullanılmaktadır (Ajzen 2020). TPB, bir bireyin belirli bir davranışta bulunma kararının, o davranışı gerçekleştirme niyetine göre tahmin edilebileceğini öne sürmektedir (Tan vd. 2023). TPB tüketici davranışının üç ana faktör tarafından yönlendirildiğini ileri sürmektedir; davranışa yönelik tutum, öznel normlar ve algılanan davranışsal kontrol (Ajzen 2020, Bilici 2024). Bu yapılar bireyin davranışsal niyetlerini ve dolayısıyla gerçek davranışlarını etkilemektedir. TPB, bireysel olmayan iradenin tam kontrolü altında çeşitli davranışları açıklamak ve tahmin etmek için sosyal psikolojide yaygın olarak kullanılmaktadır (Yang vd. 2019).

Planlı Davranış Teorisi (TPB- Theory of Planned Behavior), gıda alanında çeşitli tüketim davranışlarını anlamak ve tahmin etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. TPB, bir davranışı gerçekleştirme niyetinin belirleyicileri olarak bireyin tutumunu, öznel normlarını ve algılanan davranışsal kontrolünü dikkate almaktadır. Çok sayıda çalışma, organik gıda tüketimi, helal gıda satın alma ve gıdalla ilgili davranışları araştırmak için TPB'yi kullanmıştır (Aertsens vd. 2009, Alam ve Sayuti 2011, Amalia vd. 2020, Iranmanesh vd. 2019, Marmaya vd. 2019). Ayrıca TPB, güvenli gıda işleme, fast food tüketimi, belirli yiyecekleri tüketme

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

niyetini araştırmak için de kullanılmıştır (Genevie vd. 2019, Husain vd. 2016, Istiasih 2022, Roberts vd. 2020, Seo vd. 2011, Thomas ve McIntosh 2013, Zhu 2018). Bu çalışmalar, TPB'nin gıda ürünleriyle ilgili çeşitli davranışları anlama ve tahmin etmede uygulanabilirliğini ortaya koymakta ve gıda alanındaki ilgi ve etkinliğini göstermektedir. Farklı davranış kategorilerine göre değişiklik gösterse de TPB'nin sağlıklıla ilgili davranışları açıklamada etkili olduğu kabul edilmektedir (Godin ve Kok 1996).

Ayrıca TPB, belirli gıda tüketim davranışlarını tahmin etmek için öz kimlik, dini bağlılık ve durumsal faktörler gibi ek faktörler dahil edilerek genişletilmiştir (Iranmanesh vd. 2019, Zhu 2018, Tran ve Nguyen, 2021). TPB'nin bu uzantısı, teorinin gıdayla ilgili davranışları etkileyebilecek çeşitli bağlamsal ve bireysel faktörleri kapsayacak şekilde uyarlanabilirliğini yansıtmaktadır. Ayrıca TPB, cinsiyet, eğitim düzeyi ve sosyopsikolojik faktörlerin gıdayla ilgili davranışlar üzerindeki düzenleyici etkilerini incelemek için kullanılmıştır (Fan vd. 2022, Genevie vd. 2019, Park ve Smith 2007). Bu çalışmalar, gıda tüketim davranışları üzerindeki çeşitli etkileri dikkate alarak TPB'nin çok yönlülüğünü vurgulamakta ve böylece bireylerin gıdayla ilgili niyetlerini ve eylemlerini şekillendiren faktörlerin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır. Özetle, Planlı Davranış Teorisi, gıda alanında çok çeşitli tüketim davranışlarını araştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Uyarlanabilirliği, etkinliği ve ek faktörler dahil etme yeteneği, onu gıdayla ilgili davranışları anlamak ve tahmin etmek için geçerli bir çerçeve haline getirmektedir.

Oluşturulan modele göre tüketicilerin doğal bal ürünlerine yönelik bal rengi algılarının, algılanan sağlıklı ürün farkındalığının, algılanan besin değerinin, algılanan bal güvenliğinin, algılanan kalitenin, algılanan fiyatın, doğal bala yönelik tutumun, daha fazla ödeme isteğinin ve satın alma davranışının ölçülmesi amacıyla araştırma değişkenlerinin birbirleri arasındaki ilişki aşağıda özetlenmiştir. Bu doğrultuda araştırma modeli ve araştırma hipotezleri oluşturulmuştur.

Araştırma Değişkenlerin Arasındaki İlişkiler, Araştırma Modeli ve Hipotezler

Bu bölümde araştırma modelinin değişkenlerinin birbirleri arasındaki ilişkiler özellikle bal ve gıda ürünleri bağlamında yapılan araştırmalarla incelenecektir.

Sağlıklı Ürün Farkındalığının Tutum Üzerindeki Etkisi

Algılanan sağlıklı ürün farkındalığının gıda ürünleri bağlamında tutum üzerindeki etkisi, çeşitli faktörlerin çok yönlü bir etkileşimidir. Kusdiyanto vd. (2022), sağlık farkındalığı faktörlerinin sağlıklı gıda ürünlerini satın alma niyetlerini önemli ölçüde etkilediğini bulmuş ve tüketicilerin niyetlerini şekillendirmede tüketici farkındalığının önemini vurgulamıştır. Benzer şekilde Plasek vd. (2020), gıda ürünlerinin algılanan sağlıklılığını etkileyen faktörlerin belirlenmesine yönelik ortak ilgiyi vurgulayarak ürün sağlığı algılarını şekillendirmede tüketici farkındalığının önemine işaret etmiştir. Ayrıca Kozup vd. (2003), olumlu beslenme bilgisi ve sağlık iddialarının tüketici tutumlarını ve gıda ürünlerine yönelik satın alma niyetlerini olumlu yönde etkilediğini, bilgi ve farkındalığın tüketici davranışları üzerindeki etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuç, bilginin farkındalık üzerindeki etkilerini ve bunun algılanan değer ve organik gıdaya yönelik tutum üzerindeki etkisini doğrulayan ve farkındalığın tüketici tutumlarını şekillendirmedeki rolünü vurgulayan Le-Anh ve Nguyen'in (2020) bulgularıyla uyumludur. Ayrıca Chen (2009), sağlık bilincinin ve çevresel tutumların tüketicilerin organik gıdalara yönelik tutumları üzerindeki etkisini vurgulamış ve sağlık ve çevresel faktörlerin farkındalığının tüketici tutumlarını önemli ölçüde şekillendirdiğini belirtmiştir.

Bu durum, gıda hizmeti-marka farkındalığının gıda riski algıları üzerindeki etkisini vurgulayan ve marka farkındalığının tüketici algılarını ve gıda ürünlerine yönelik tutumlarını şekillendirmedeki etkisini gösteren Wang'ın (2015) çalışmasıyla da desteklenmektedir. Özetle, algılanan sağlıklı ürün farkındalığının gıda ürünleri tüketimi bağlamında tutum üzerindeki etkisi çok yönlü olmakla birlikte sağlık farkındalığı faktörlerinin, beslenme bilgilerinin, çevresel tutumların ve marka farkındalığının etkisini içermektedir. Bu faktörler tüketici tutumlarını, algılanan değeri ve sağlıklı gıda ürünlerine yönelik satın alma niyetlerini şekillendirerek tüketici farkındalığının tutum ve davranışlarını etkilemedeki önemini vurgulamaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar sağlıklı ürün farkındalığının doğal bala yönelik tutum üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğuna yönelik kanıtlar sunmaktadır. Buna göre araştırmanın birinci hipotezi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

H₁: Sağlıklı ürün farkındalığı tüketicilerin doğal bala yönelik tutumları üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

sahiptir.

Algılanan Besin Değerinin Tutum Üzerindeki Etkisi

Bal da dahil olmak üzere gıda ürünlerinin algılanan besin değeri, tüketici tutumları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Beslenme iddialarının tüketicilerin gıda ürünlerinin sağlıklı ve lezzetli olduğuna ilişkin algılarını etkileyerek bu tür iddialara sahip ürünleri daha sağlıklı ve daha az lezzetli hale getirdiği belirtilmektedir (Oostenbach vd. 2019). Ek olarak balın algılanan besin değeri, bal tüketimi ve satın alınması, miktarı ve sıklığı dahil olmak üzere tüketicilerin davranışlarını etkileyen önemli bir faktördür.

Bu durum, bal tüketimiyle ilgili tüketici davranışını etkilemede organoleptik özelliklerin, fiyatın, ambalajın ve algılanan besin değerinin önemini vurgulayan literatürle tutarlıdır (Kleisiari vd. 2022). Ayrıca balın algılanan besin değeri, besinsel faydaları ve diğer işlevleri nedeniyle tüketiciler arasında artan bir popülerliği olduğu ifade edilebilir (Cosmina vd. 2016a). Ayrıca bal dahil gıda ürünlerinin algılanan besin değeri tüketicilerin satın alma niyetlerini etkileyebilir. Örneğin, balın algılanan besin değeri tüketicilerin organik ve yerel bal için ödeme yapma istekliliğini etkileyebilmektedir (Vapa-Tankosić vd. 2020). Ayrıca balın algılanan besin değeri, tıbbi faydaları ve önemli besin profiliyle ilişkilidir ve bu da balı gıda endüstrisinde çeşitli disiplinler arası uygulamalara sahip değerli bir madde haline getirmektedir (Polak-Śliwińska ve Tańska 2021, Tafa vd. 2021). Tüketicilerin beslenme bilgisinin de ürünlerin algılanan sağlıklılığını önemli ölçüde etkilediği ve iddiaların değerlendirilmesinde moderatör görevi görebileceği bulunmuştur (Petrovici vd. 2012).

Özetle, gıda ürünlerinin algılanan besin değeri, tüketici tutumlarını, satın alma niyetlerini ve tüketim davranışını şekillendirmede rol oynamakta ve tüketicilerin sağlık, lezzet ve ödeme istekliliğine ilişkin algılarını etkileyerek tüketici karar verme süreçlerindeki önemini vurgulamaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar algılanan besin değerinin doğal bala yönelik tutum üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olabileceğine yönelik kanıtlar sunmaktadır. Buna göre araştırmanın ikinci hipotezi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

H₂: Algılanan besin değeri tüketicilerin doğal bala yönelik tutumları üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir.

Algılanan Gıda Güvenliğinin Tutum Üzerindeki Etkisi

Algılanan gıda güvenliğinin, tüketicilerin bal da dahil olmak üzere gıda ürünlerine yönelik tutumları üzerindeki etkisi kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Leanh ve Nguyen (2020), gıda güvenliği endişelerinin organik gıdaya yönelik tutumlar üzerindeki olumlu etkisini doğrulamaktadır. Benzer şekilde, algılanan gıda güvenliği özelliklerinin tüketicilerin organik bal için ödeme yapma istekliliğini önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir (Vapa-Tankosić vd. 2020). Ayrıca Piochi vd. (2022), bal da dahil olmak üzere hayvansal gıda ürünlerinde güvenlik algısı ile farklı teknolojik işlemler ve ticari bilgiler arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Williams ve Hammitt (2001), tüketicilerin algılanan gıda güvenliği risklerinin pestisit kaynaklı riskler için belirsizlik aralığında olabileceğini belirtmiş ve gıda ürünlerine yönelik tüketici tutumlarında algılanan güvenliğin önemini vurgulamıştır. Sun vd. (2016), bireylerin gıda güvenliği bilgisi ve uygulamasıyla ilgili olarak harekete geçme motivasyonunu tahmin etmede tutumun rolünü vurgulamıştır.

Bu bulgular toplu olarak algılanan gıda güvenliğinin, bal da dahil olmak üzere gıda ürünlerine yönelik tüketici tutumlarını şekillendirmedeki önemli rolünün altını çizmektedir. Ayrıca Bouranta vd. (2019), gıda kalitesi, müşteri memnuniyeti ve sadakati üzerindeki etkisini belirterek tüketicilerin algılanan gıda güvenliğinin aracı rolünü vurgulamaktadır. Benzer şekilde Sayuti vd. (2020), tutumun bilgi ve uygulama arasındaki ilişkide kısmi bir aracı faktör olarak hizmet ettiğini ortaya çıkarmış ve tüketici davranışını şekillendirmede algılanan gıda güvenliğinin önemini vurgulamıştır. Literatürde yer alan bu bulgular, tüketici tutum ve davranışlarını olumlu yönde etkilemek için gıda güvenliğinin sağlanması ve iletilmesinin önemini vurgulamaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar algılanan gıda güvenliğinin doğal bala yönelik tutum üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğuna yönelik kanıtlar sunmaktadır. Buna göre araştırmanın üçüncü hipotezi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

H₃: Algılanan gıda güvenliği tüketicilerin doğal bala yönelik tutumları üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir.

Algılanan Fiyatın Tutum Üzerindeki Etkisi

Algılanan fiyatın tüketicinin gıda ürünlerine yönelik tutumları üzerindeki etkisi literatürde değinilen bir konudur. Algılanan fiyatın hem algılanan faydalar hem de tüketicilerin tutumu üzerinde anlamlı bir

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Akroush vd. 2019). Benzer şekilde, algılanan fiyatın çevre dostu ambalaj ürünleri kullanımına yönelik tüketici tutumlarını artırabileceği yönünde bir sonuç bulunmaktadır (Sutanto ve Wulandari 2023). Ayrıca, Hansen (2005) çalışmasında fiyatın algılanan kaliteyi etkilediğini, bunun da tutum ve satın alma niyetini etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, üreticilerin ekonomik konumunu güçlendirmek için bal gibi belirli ürünlere yönelik tüketici tutumlarını anlamının önemi vurgulanmıştır (Vapa-Tankosic vd. 2020).

Bu durum, algılanan fiyatın bal ürünlerine yönelik tüketici tutumları üzerindeki etkisini araştırmanın önemini vurgulamaktadır. Ek olarak, bal kalitesi özelliklerinin fiyat etkileri üzerine bir çalışma yapılmış ve bu çalışma, fiyat ve kalite özelliklerinin tüketicilerin bala yönelik tutumlarını nasıl etkilediğine dair önemli ipuçları sunmaktadır (Ballco vd. 2022). Ayrıca, fiyatın bal ürünlerinin satın alma kararlarını etkileyen çok önemli bir faktör olduğu ifade edilmektedir (Nursahid ve Mufriantje 2023).

Bu sonuç, algılanan fiyatın tüketici davranışı ve bala yönelik tutumlar üzerindeki doğrudan etkisini vurgulamaktadır. Ek olarak, bal tüketicilerinin fiyat bilincine sahip olduğu bulunmuştur. Bu bilinç de bal ürünlerine yönelik tüketici tercihlerini şekillendirmede algılanan fiyatın önemini göstermektedir (Ćirić vd. 2015). Özetle, algılanan fiyatın tüketicinin gıda ürünlerine, özellikle de bala yönelik tutumları üzerindeki etkisi çok yönlü bir olgu olarak değerlendirilebilir.

Araştırmalar algılanan fiyatın tüketici tutumlarını ve satın alma kararlarını etkilediğini göstermektedir. Algılanan fiyat ile tüketici tutumları arasındaki etkileşimi anlamak, üreticiler ve pazarlamacıların ürünlerini pazarda etkin bir şekilde konumlandırmaları için oldukça önemlidir. Literatüre göre araştırmanın dördüncü hipotezi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

H4: Algılanan fiyat tüketicilerin doğal bala yönelik tutumları üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir.

Algılanan Kalitenin Tutum Üzerindeki Etkisi

Algılanan kalite ile tutum arasındaki anlamlı ilişki çeşitli çalışmalarla vurgulanarak algılanan kalitenin tüketici davranışı ve satın alma niyetleri üzerindeki etkisine ışık tutulmaktadır. Gotlieb vd. (1994), algılanan kalite ile tutum arasındaki benzerliği vurgulamış ve algılanan kalitenin tutumlara benzer olduğunu ileri sürmüştür. Ahmad vd. (2021), tüketici

tutumu, bal satın alma niyeti ve algılanan davranışsal kontrol arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki olduğunu bulmuştur. Ayrıca Helly vd. (2022), algılanan kalite ile tutum arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuş ve algılanan kalitenin tüketici tutumlarını ve satın alma niyetlerini şekillendirmede önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Ayrıca Margariti (2021), organik gıda ürünlerinin tüketici tutumları ve satın alma niyetleri üzerindeki etkisini araştırmış ve algılanan doğallık, algılanan kalite ve algılanan güvenilirliğin aracılık etkisini vurgulamıştır. Bu etki, özellikle organik gıda ürünleri bağlamında algılanan kalite ile tüketici tutumları arasındaki karmaşık ilişkinin altını çizmektedir.

Genel olarak bu çalışmalar, algılanan kalitenin tüketicinin gıda ürünlerine yönelik tutumları üzerindeki önemli etkisinin önemini açıklamaktadır. Bulgular, işletmelerin ve pazarlamacıların tüketici tutumlarını ve satın alma niyetlerini olumlu yönde etkilemek için algılanan kaliteyi önceliklendirmeleri ve geliştirmeleri gerektiğini vurgulamaktadır. Çeşitli çalışmalar, algılanan kalite ile tutum arasındaki anlamlı ilişkiyi vurgulayarak algılanan kalitenin tüketici davranışı ve satın alma niyetleri üzerindeki etkisine ışık tutmaktadır. Buna göre araştırmanın beşinci hipotezi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

H5: Algılanan kalite tüketicilerin doğal bala yönelik tutumları üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir.

Koyu Renkli Bal Algısı ve Açık Renkli Bal Algısının Algılanan Kalite Üzerindeki Etkisi

Balın rengi, tüketicilerin bal kalitesi hakkındaki algılarını önemli ölçüde etkilemektedir. Testa vd. (2019) tarafından yapılan araştırma tüketicilerin bal rengini, balın kalitesi hakkındaki subjektif algılarında önemli bir faktör olarak gördüklerini ortaya koymaktadır. Daha açık renkli ballar genellikle hassas tatlarla ilişkilendirilirken, koyu renkli balların daha güçlü tat profiline sahip olduğu tüketiciler tarafından algılanmaktadır (Fernandes vd. 2020). Ayrıca, koyu renkli balın daha kaliteli olduğu algısı, balın renginin tüketiciler için doğrudan ve uygun bir kalite göstergesi olarak görülmesine neden olmaktadır (Boussaid vd. 2018, Yap ve Chin 2020). Ayrıca, balın renginin korunması, fermantasyon ve depolama sırasında bal özelliklerinin korunmasında da önemlidir, çünkü tüketicilerin balın özelliklerini algılamasını kolaylaştırmaktadır (Fiorda vd. 2016).

Açık renkli ballar, geleneksel olarak hoş duyuşal nitelikleri nedeniyle tüketiciler tarafından tercih

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

edilirken, koyu renkli ballar biyoaktif pigmentler açısından zengin olduğundan sağlık bilincine sahip tüketiciler için tercih edilmektedir (Yan vd. 2022). Ayrıca, balın renginin tüketicilerin balın besin değeri ve arzu edilişine ilişkin algılarını etkilediği bulunmuştur. Tüketicilerin balı tat, renk ve görünüm gibi özelliklerle ilişkilendirdiği ve onu besinsel özellikleri nedeniyle tükettiğini gösteren araştırmalar bulunmaktadır (Ghorbani ve Khajehroshanaee 2009, Hooker ve Caswell 1996, Vapa-Tankosić vd. 2020).

Balın renginin tüketiciler için satın alma kararı verirken önemli bir özellik olduğu belirlenmiş, bal renginin (%48,6) ve bal dokusunun (%18,9) satın almada önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir (Neto vd. 2020). Ayrıca, balın biyolojik aktivitesi ve antioksidan özelliklerinin, balın renginden etkilenen fenolik bileşiklere atfedebileceğini gösteren araştırmalar da mevcuttur (Halagarda vd. 2020, Polak-Śliwińska ve Tańska 2021).

Balın rengiyle bağlantılı olan mineral içeriğinin de besin değeriyle ilişkilendirildiği belirtilmiştir (Kocsis vd. 2023, Zarei vd 2019). Ayrıca, balın fizikokimyasal özelliklerinin, besin değerlerinin, görünümünün, renginin ve duyuşsal parametrelerinin yeni ve eski bal arasında farklılık gösterdiği bulunmuştur. Bu durum, renk ve yaşa bağlı olarak beslenme etkilerinin farklılaştığını düşündürmektedir (Verma vd. 2020). Balın renginin botanik kökeni, antioksidan kapasitesi ve mineral içeriği ile bağlantılı olması, farklı renkteki balların farklı besinsel faydalar sunabileceğini göstermektedir.

Balın mineral içeriğinin rengiyle ilişkili olduğu öne sürülmekte ve koyu renkli ballar, açık renkli ballarla karşılaştırıldığında daha yüksek miktarda belirli mineraller içermektedir (Kocsis vd. 2023). Belli yöntemler kullanılarak yapılan enstrümantal renk ölçümleri ve tüketici tercihleriyle yapılan çalışmalar, bal renginin tüketiciler için önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır (Gámbaro vd. 2007).

Literatürdeki çalışmalar genellikle koyu renkli bal algısının ve açık renkli bal algısının algılanan kalite üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, araştırmanın altıncı ve yedinci hipotezi şu şekildedir:

H₆: Açık renkli bal algısı algılanan üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir.

H₇: Koyu renkli bal algısı algılanan üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir.

Tutumun Daha Fazla Ödeme İstekliliği Üzerindeki Etkisi

Tutum, tüketicilerin çevre dostu ve sağlıkla ilgili gıda ürünlerine daha fazla ödeme yapma istekliliğini etkilemede önemli bir rol oynamaktadır. Araştırmalar tüketicilerin ekolojik sorunlara yönelik tutumlarının (Laroche vd. 2001), örtülü ve açık tutumlarının (Popovic vd. 2020), olumlu çevresel kaygı ve tutumlarının (Trivedi vd. 2018) ve yeşile yönelik tutumlarının daha fazla ödeme istekliliği üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Organik etiketlere yönelik tutumlar, ürün güvenliğine gösterilen özen ve ürün özelliklerinin önemini algılanması da tüketicilerin organik meyvelere daha fazla ödeme istekliliğini etkilemektedir (Wang vd. 2019). Ayrıca fonksiyonel gıdaların sağlığı koruyucu etkilerine yönelik tutumlar, tüketicilerin bu ürünler için daha fazla ödeme istekliliğini olumlu yönde etkilemektedir (Szakály vd. 2019). Bununla birlikte, bazı bilim adamları davranışsal tutumun ödeme istekliliğine oranının genellikle düşük olduğuna inandığından, tutumların ödeme istekliliği üzerindeki etkisine ilişkin bazı karışık kanıtlar bulunmaktadır (Peng vd. 2021). Ayrıca tüketicilerin sosyal özelliklerinin, helal gıda gibi belirli gıda ürünleri için ödeme yapma istekliliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Madenci vd. 2020). Ek olarak, tüketicilerin etik ve sürdürülebilir ürünler için daha fazla ödeme yapma istekliliğini etkilemede tüketiciye uygunluğun düzenleyici rolü tespit edilmiştir (Martinelli ve Canio 2021). İtalyan tüketicilerin bala yönelik tutumları üzerine yapılan bir araştırma ise tutumların, ürünün temel özellikleri için ödeme yapma isteklerini önemli ölçüde etkilediğini ortaya çıkarmıştır (Cosmina vd. 2016b).

Özetle, tüketicilerin çevresel kaygılara, sağlık yararlarına ve belirli ürün özelliklerine yönelik tutumlarının, çevre dostu ve sağlıkla ilgili gıda ürünlerine daha fazla ödeme yapma isteklerini olumlu yönde etkilediği bulunmuştur. Üretici ve pazarlamacıların ürünlerini pazarda etkili bir şekilde konumlandırması ve tanıtması için tüketici tutumlarını anlamaları mutlak bir gerekliliktir. Üst kısımda değinilen literatür araştırmasına göre araştırmanın sekizinci hipotezi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

H₈: Doğal bala yönelik tutum daha fazla ödeme istekliliği üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tutumun Satın Alma Davranışı Üzerindeki Etkisi

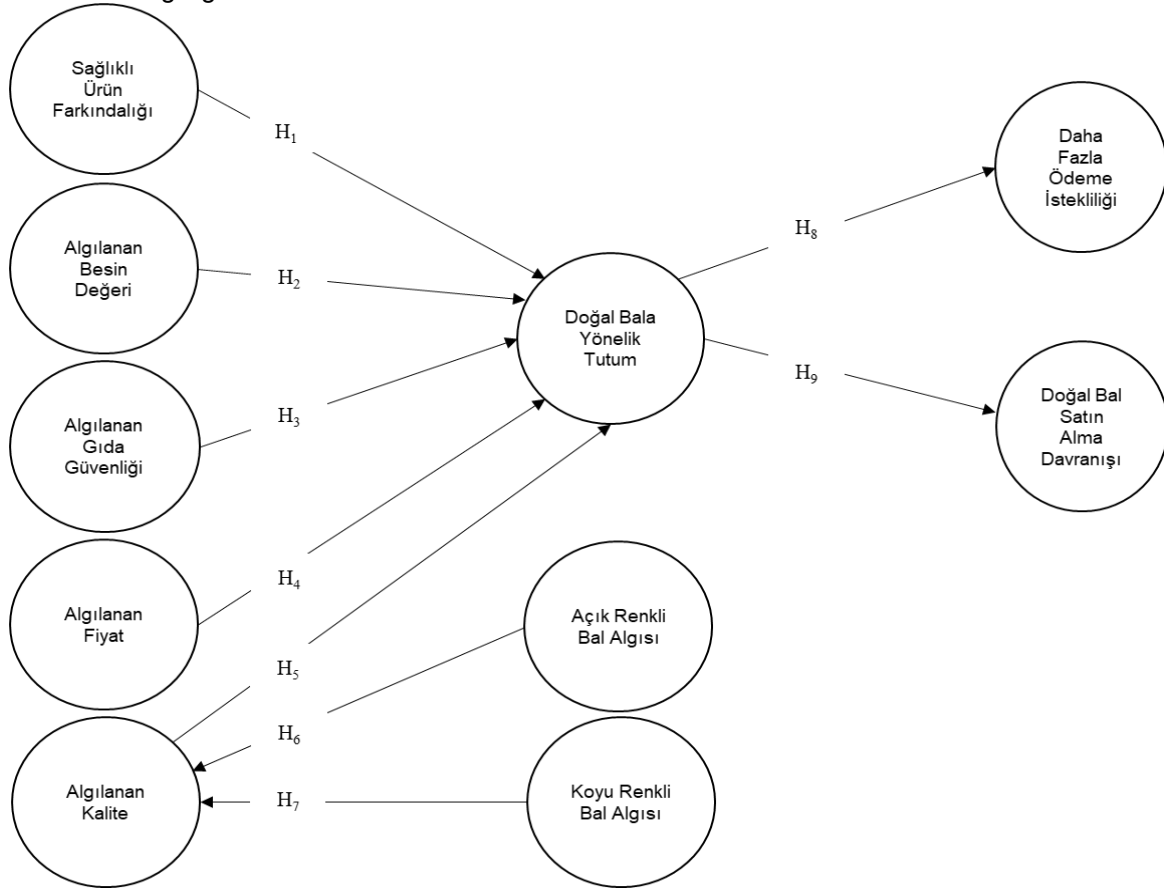
Tutumun, özellikle gıda ve bal ürünleri bağlamında satın alma davranışı üzerindeki etkisi literatürde incelenmiştir. Tutumun satın alma niyetini ve satın alma davranışını önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur (Ahmad vd. 2021, Darsono vd. 2019, Novitasari vd. 2021). Ayrıca tüketici tutumunun helal ürünleri satın alma niyeti ve davranışı üzerindeki etkisi ve tüketici tutumunun helal ürünleri satın alma niyeti ve gelecekteki satın alma davranışı üzerindeki etkisinin test edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Bashir 2019, Temizkan 2022).

Ek olarak, planlı davranış teorisi tutumun, öznel normların ve algılanan davranışsal kontrolün organik gıda ve bitkisel ürünlere yönelik satın alma niyeti üzerindeki etkisini açıklamak için kullanılmış olup satın alma davranışını şekillendirmede tutumun önemine işaret edilmektedir (Dangi vd. 2020, Nuryanto ve Indriyani 2020). Ek olarak, gıdayla ilgili değerlerin gıda satın alma davranışı üzerindeki etkisi ve tutumların aracılık rolü araştırılmış, gıda ürününe özgü tutumlar ile ilgili gıda ürünlerinin satın alınması

arasında anlamlı ilişkiler ortaya çıkarılmıştır (Hauser vd. 2013). Ayrıca, ekolojik etiketlerin çevresel tutumları ve satın alma davranışını etkilemedeki rolü araştırılmış ve ekolojik etiketler ile satın alma davranışı arasındaki ilişkide tutumların aracılık rolü vurgulanmıştır (Song vd. 2019, Riskos vd. 2021).

Özetle, gıda ve bal ürünleri bağlamında tüketici tutumları, satın alma niyetini ve sonraki satın alma davranışını önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca ödeme istekliliği, belirli ürünleri satın alma niyeti ve dış faktörler ile satın alma davranışı arasındaki ilişkide tutumların aracılık rolü gibi çeşitli yönler bulunmaktadır. Literatür taramasından ve planlı davranış teorisinden hareketle araştırma modeli ve araştırma hipotezleri detaylandırılarak aşağıda yer alan Şekil 1'deki gibi oluşturulmuştur. Araştırmanın dokuzuncu hipotezi de aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

H₉: Doğal bala yönelik tutum doğal bal satın alma davranışı üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir.



Şekil 1: Araştırma Modeli

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

GEREÇ ve YÖNTEM

Araştırmanın amacı, tüketicilerin doğal bal ürünlerine yönelik sağlıklı ürün farkındalığının, algılanan besin değerinin, algılanan gıda güvenliğinin, algılanan fiyatın ve algılanan kalitenin doğal bala yönelik tutum üzerindeki etkisini ölçmektir. Ayrıca tüketicilerin açık renkli bal ve koyu renkli bal algısının algılanan kalite üzerindeki etkisi de çalışma kapsamında incelenmiştir. Bununla birlikte doğal bala yönelik tutumun tüketicilerin satın alma davranışı ve daha fazla ödeme istekliliği üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Bu hedef doğrultusunda, literatür incelenerek araştırma hipotezleri geliştirilmiş ve literatürde eksikliği fark edilen doğal bal ürünleri konusunda özgün bir araştırma modeli oluşturulmuştur.

Bu çalışmada kullanılan Planlı Davranış Teorisi, tüketicilerin belirli bir ürün veya hizmet satın alma niyetlerini ve davranışlarını anlamak için yaygın olarak kullanılan bir teorik çerçevedir. Bu teori, bireylerin davranışlarını belirleyen faktörleri anlamak için kullanılırken, özellikle satın alma davranışları üzerindeki etkilerini açıklamada etkilidir. Dolayısıyla, doğal bal gibi tüketicilerin hassas olduğu bir ürün kategorisinde, tüketicilerin satın alma davranışlarını anlamak için bu çalışmada Planlı Davranış Teorisi tercih edilmiştir.

Bu çalışmada literatürde yer alan araştırma sonuçlarına ve bu araştırmalarda yer alan boyutların birbirleri arasındaki ilişkilere göre sekiz hipotez belirlenmiştir. Literatürde yer alan araştırma sonuçlarına göre sağlıklı ürün farkındalığı, algılanan besin değeri, algılanan gıda güvenliği, algılanan fiyat ve algılanan kalite arttıkça doğal bala yönelik olumlu tutumun arttığı görülmektedir. Ayrıca literatürde yer alan sonuçlara göre açık ve koyu renkli bal algıları, algılanan kalite üzerinde etkili olmaktadır. Son olarak, literatürdeki sonuçlarda doğal bala yönelik tutumun, daha fazla ödeme istekliliği ve doğal bal satın alma davranışı üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Bu hipotezler, doğal bal tüketimi ve tüketicilerin algıları arasındaki ilişkileri daha iyi anlamak için yapılan bu çalışmada test edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler, Türkiye'de ikamet eden, 18 yaş üstünde ve bal alışverişi yapan tüketicilerden gönüllü katılıma dayanarak toplanmıştır. Araştırmada bu temel kriterler dışında başka herhangi bir kısıtlama uygulanmamıştır. Bu çalışmada kolayda örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Olasılıksız veya rastgele

olmayan örnekleme olarak da bilinen kolayda örnekleme, kolay erişilebilirlik, coğrafi yakınlık, belirli bir zamanda bulunabilirlik veya katılma isteği gibi pratik kriterlere göre hedef popülasyonun üyelerinin seçilmesini içermektedir (Etikan vd. 2016).

Bu yöntem sosyal bilimler, tıp ve psikoloji dahil olmak üzere çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhao 2021). Kolayda örneklemin sunduğu çeşitli avantajlar, onu araştırmacılar için popüler bir seçim haline getirmektedir. Bu yöntemin en önemli avantajlardan biri, özellikle kaynaklar sınırlı olduğunda hızlı ve uygun maliyetli veri toplanmasına olanak tanıyan, katılımcılara erişim kolaylığıdır (Penn vd. 2023). Kolayda örnekleme, sosyal bilim araştırmalarında düşük maliyetli bir alternatif sağlamadaki rolüyle tanınmaktadır (Antoun vd. 2015).

Anket formu katılımcılara sosyal medya platformları (Facebook, Instagram, LinkedIn, X ve Whatsapp) üzerinden paylaşılarak ulaştırılmış ve katılımcılardan anket formunu gönüllülük esasına göre doldurmaları rica edilmiştir. Katılımcıların cevaplayabilmesi için anket formu 15 Ocak 2024 ve 31 Ocak 2024 tarihleri arasında Microsoft formlar üzerinde açık tutulmuştur ve anket formlarına verilen yanıtlar bu süre içinde toplanmıştır.

Araştırma anket formu, iki farklı kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda, katılımcıların demografik özelliklerini belirlemeye yönelik sorular bulunmaktadır. İkinci kısımda ise anket katılımcılarının doğal bal ile ilgili algılarını, tutumlarını ve davranışlarını ölçmeye yönelik ölçek soruları yer almaktadır. Araştırma için kullanılan anket formu, Bursa Uludağ Üniversitesi Araştırma ve Yayın Etik Kurulu tarafından 26.01.2024 tarihinde (2024-01 oturum sayısında alınan 41 numaralı kararla) onaylanmıştır.

Ölçek sorularında yer alan sağlıklı ürün farkındalığı, algılanan besin değeri, algılanan gıda güvenliği ve doğal bala yönelik tutum boyutlarına ait sorular Gür ve Erdem'in (2023) çalışmasından uyarlanmıştır. Algılanan kalite boyutuna ait sorular Gür ve Erdem (2023) ve Swaen ve Chumpitaz (2008) çalışmalarından, algılanan fiyat boyutuna ait sorular Gür ve Erdem (2023) ve Yaraş (2008) çalışmalarından, doğal bal satın alma davranışına ait sorular Gür ve Erdem (2023) ve Onurlubaş (2018) çalışmalarından ve daha fazla ödeme istekliliği boyutuna ait sorular Wieseke vd. (2014) ve Zhao vd. (2016) çalışmalarından uyarlanarak oluşturulmuştur. Açık renkli bal algısı ve koyu renkli bal algısına

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

yönelik sorular da bu araştırmanın yazarı tarafından bu araştırma için oluşturulmuştur.

Ölçekte toplam 42 ifade bulunmaktadır ve katılımcıların yanıtları, 5'li Likert ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir (5=Kesinlikle Katılıyorum, 4=Katılıyorum, 3=Kararsızım, 2=Katılmıyorum, 1=Kesinlikle Katılmıyorum). Toplanan veriler, Smart PLS 4.0 yazılımıyla analiz edilmiştir. Ölçek sorularının analizinde yapısal eşitlik modellemesi (PLS-SEM) kullanılmıştır.

Verilerin analiz sürecinde ilk adım olarak deneklerin demografik verileri için frekans analizi gerçekleştirilmiştir. Ardından, anketin ikinci bölümündeki ölçek boyutlarının güvenilirlik ve geçerliliğini değerlendirmek için ölçüm modeli analizi uygulanmıştır. Araştırmanın son aşamasında ise yapısal eşitlik modellemesi kullanılarak araştırma modeli test edilmiştir.

Bu çalışmada analiz metodu olarak kullanılan Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM), küçük örneklem boyutları ve normal olmayan veri dağılımlarıyla çalışılırken özellikle avantajlı olan bir SEM çeşididir (Rigdon ve Hoyle 1997, Hair vd. 2019). PLS-SEM, nispeten küçük örneklem boyutlarına sahip karmaşık modelleri tahmin etme yeteneğiyle bilinmekte ve bu da bu metodu sınırlı verilere sahip çalışmalar için uygun bir seçim haline getirmektedir (Kam vd. 2020, Shiau vd. 2019). PLS-SEM, maksimum veya azami olabilirlik yöntemi gibi diğer SEM yöntemlerinin gerektirdiği dağılım varsayımlarını gevşetmekte ve küçük örneklem boyutlarına sahip karmaşık modelleri tahmin etmede daha iyi işlev görmektedir (Hair vd. 2019, Kam vd. 2020).

Geleneksel kovaryans tabanlı SEM'in daha büyük numune boyutları gerektirmesine rağmen, PLS-SEM' in daha küçük numunelerle bir çözüme yaklaştığı, istatistiksel gücü azalttığı ancak yine de güvenilir sonuçlar sağladığı ifade edilebilir (Budıtjahjanto 2022). Karmaşık modeller, daha fazla istatistiksel etkinin tahmin edilmesini gerektirebilir ve bu nedenle sonuçların makul ölçüde istikrarlı olması için daha büyük örnekler gerekli olabilir. Fakat SEM analizinde 100'den küçük numune boyutlarının küçük olarak kabul edildiği, 100- 200 arası numune boyutlarının orta olarak kabul edildiği ve 200'ü aşan örneklem boyutlarının büyük olarak kabul edildiği ifade edilebilir. SEM için önerilen örnek büyüklüğü 200 üstü örnek büyüklüğüdür. Başka bir deyişle 200'ün üzerindeki herhangi bir sayının SEM kullanımı için yeterli veri analizi sağladığı kabul

edilmektedir (Siahaan ve Thiodore 2022, Sivo vd. 2006).

Bazı araştırmacılar, PLS-SEM dahil olmak üzere en az 200 ila 500 arası örneklem büyüklüğünün SEM için yeterli olduğunu öne sürmektedir (Russo ve Stol 2021). PLS-SEM, veri özellikleri ve model karmaşıklığı açısından esneklik sunan ve insan kaynakları, bilgi sistemleri, pazarlama ve turizm gibi çeşitli araştırma alanlarına uygun bir yöntemdir (Ali vd. 2018, Civelek 2018, Legate vd. 2021). Ayrıca PLS-SEM, normal dağılım gerektirmeyen verilerle ve küçük örneklem boyutlarıyla başa çıkmadaki sağlamlığıyla bilinmekte ve bu da PLS-SEM'i çeşitli araştırma alanlarında tercih edilen bir seçim haline getirmektedir (Civelek, 2018, Chin vd. 2020).

Özetle PLS-SEM, küçük örneklem boyutlarına ve normal olmayan veri dağılımlarına sahip karmaşık modelleri ele alma yeteneğinden dolayı araştırmacılar için değerli bir araçtır. Avantajları arasında veri özelliklerinde esneklik, sağlamlık ve sınırlı verilerle tahmine dayalı modelleri analiz etme yeteneği yer alır ve bu da onu çeşitli araştırma alanlarında popüler bir seçim haline getirir. Bu araştırmanın örneklem sayısı olan 219 katılımcının PLS-SEM için yeterli örneklem sayısı kuralını karşıladığı ve katılımcı sayısının büyük örneklem grubu olarak nitelendirilebileceği ifade edilebilir.

Yapısal eşitlik modellemesinde (Structural Equation Modeling- SEM) faktör yük değeri önemli bir değişkendir. Faktör yük değeri gözlenen değişkenler ile gizli yapılar arasındaki ilişkinin önemli bir göstergesidir. Faktör yükleri, modeldeki gizli değişkenler ile gözlenen değişkenler arasındaki korelasyonları temsil etmektedir (Farah vd. 2018). Faktör yük değerleri, gizli yapılar ile gözlenen değişkenler arasındaki ilişkilerin gücünü ve anlamlılığını belirlemede önemlidir. Yapısal eşitlik modelinde faktör yük değerleri 0,5 gibi belirli bir eşğin üzerindeyse anlamlı kabul edilmektedir (Vakili vd. 2022). Bulgular kısmında faktör yük değerleri incelenmektedir.

Araştırma modeli analizine geçilmeden önce, çalışmada kullanılan yapıların geçerlilik ve güvenilirlikleri değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu çerçevede, iç tutarlılık güvenilirliği için Cronbach's Alfa katsayısı ve birleşik güvenilirlik (CR- Composite Reliability) katsayıları kullanılmıştır. Ayrıca, birleşme geçerliliği için ifadelerin faktör yükleri ve açıklanan ortalamaya varyans değerleri ölçülmüştür. Cronbach alfa katsayısı, bir ölçeğin veya testin iç tutarlılığını değerlendirmek için kullanılan istatistiksel bir

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

ölçüdür. Bir ölçekteki maddelerin birbirleriyle ne kadar iyi korelasyona sahip olduğunu göstermektedir. Cronbach's Alfa katsayısı değerinin 0,7 ve 0,8 değerleri arasında olması durumunda kabul edilebilir, 0,8 ve 0,9 değerleri arasında olması iyi olarak değerlendirilmekte ve bu katsayının 0,9 değeri üzerinde olması mükemmel bir iç tutarlılığa işaret etmektedir (Choi vd. 2020).

Açıklanan Ortalama Varyans (Average Variance Extracted- AVE), yapıların yakınsak geçerliliğini değerlendirmek için yapısal eşitlik modellemesinde kullanılan önemli bir ölçüdür. Gizil yapıya ilişkin göstergelerin yakaladığı varyans miktarını temsil etmektedir. Bagozzi ve Yi (1988) AVE'yi, gizil yapı üzerindeki göstergelerin yüklerinin karelerinin toplamının, gösterge hata varyanslarının toplamına ve yüklerin karelerinin toplamına bölümü olarak tanımlamış ve 0,5'ten büyük AVE değerlerinin yeterli kabul edildiğini ileri sürmüşlerdir. Cheung vd. (2023), 0,5'ten yüksek AVE değerlerinin yeterli yakınsak geçerliliği gösterdiğini vurgulamakta ve AVE değerinin 0,5 üzerinde olması gerektiği fikrini desteklemektedirler. Bileşik güvenilirlik, bir araştırma modelindeki yapıların güvenilirliğinin bir ölçüsüdür ve sıklıkla Cronbach's alfa ile karşılaştırılır. Birleşik Güvenilirlik (CR) değeri için önerilen eşik genel olarak 0,7 olarak kabul edilmektedir (Henseler vd. 2016, Saeed vd. 2021). Cronbach's Alfa katsayısı, CR ve AVE değerleri bulgular kısmında değerlendirilmiştir.

Fornell ve Larcker (1981) tarafından önerilen kriterler, ayrışma geçerliliğini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Fornell ve Larcker (1981) kriterine göre, analizde yer alan yapıların AVE değerlerinin karekökü, kullanılan yapılar arasındaki korelasyonlardan daha büyük olmalıdır (AVE değerinin karekökü, bulunduğu sütundaki diğer değerlerden daha büyük olmalıdır). Fornell ve Larcker kriteri, bir gizli değişkenin kendisine atanmış göstergelerle, modeldeki diğer herhangi bir gizli değişkenden daha fazla varyansı paylaşması gerektiği fikrine dayanmaktadır (Henseler vd. 2014). Bununla birlikte, özellikle bir yapı üzerindeki gösterge yükleri çok az farklılık gösterdiğinde, Fornell ve Larcker kriterinin sınırlamaları hakkında tartışmalar olduğunu belirtmek önemlidir (Hair vd. 2019).

Bazı araştırmacılar, ayırt edici geçerliliği değerlendirmek için heterotrait-monotrait (HTMT) korelasyon oranı gibi alternatif yöntemler önermektedir (Lasanthika vd. 2022). Henseler

(2017) tarafından öne sürülen HTMT (Heterotrait-Monotrait Ratio) kriteri, her bir değişkenin ifadeleri arasındaki korelasyonların, aynı değişkenin ifadeleri arasındaki korelasyonların geometrik ortalamalarına oranını ifade etmektedir. Heterotrait-Monotrait (HTMT) oranı, yapısal eşitlik modellemesinde yapıların ayırt edici geçerliliğini değerlendirmek için kullanılan bir ölçüdür. HTMT değeri 1 değerine yakın olduğunda tartışmalıdır ve 0,90 değerinin altındaki HTMT değerlerin ayırt ediciliğin göstergesi olduğu kabul edilmektedir (Haider vd 2021, Hussain vd. 2017). Ayrışma geçerliliğinin tespitine ait sonuçlar bulgular kısmında değerlendirilmiştir.

Araştırma modelinin incelenmesi için kısmi en küçük kareler yöntemi (Partial Least Squares- Structural Equation Modeling-PLS-SEM) tercih edilmiştir. Elde edilen verilerin analizi için istatistik programı Smart PLS 4.0 sürümü kullanılmıştır. Araştırma modelinin etkilerini gösteren R^2 ve f^2 değerleri ile doğrusallık ve yol katsayıları hesaplanmasında PLS algoritması kullanılmıştır. Ayrıca, tahmin gücünü değerlendirmek amacıyla Q^2 değişkenine Smart PLS'in önceki sürümlerinde Blindfolding analiziyle ulaşılmaktaydı. Fakat Smart PLS 4.0 sürümünde bu değere PLSpredict analizi kullanılarak ulaşılmaktadır. Bu amaçla Q^2 değerine ulaşmak için PLSpredict analizi çalıştırılmıştır. PLS yol katsayılarının anlamlılığını değerlendirmek için ise bootstrapping analizi uygulanmıştır. Bu analiz, 5000 alt örneklem çıkararak boyutlara özgü t değerlerini hesaplamak için kullanılmıştır. Etki büyüklüklerine ilişkin sonuçlar bulgular kısmında değerlendirilmiştir.

Varyans Enflasyon Faktörü (VIF), regresyon analizinde çoklu doğrusallığı tespit etmek için kullanılan bir ölçümdür. Çoklu doğrusallık, bir regresyon modelindeki bağımsız değişkenler birbirleriyle yüksek düzeyde korelasyona sahip olduğunda ortaya çıkmakta ve bu durum regresyon katsayılarının güvenilmez ve istikrarsız tahminlerine yol açabilmektedir. Çoklu doğrusallık teşhisinde VIF değerleri için 10 değeri üst eşik noktasını oluştururken, VIF için önerilen eşik 5 değerinin altında olmasıdır (Charumathi ve Thiagarajan 2021, Henseler vd. 2009, Oemar vd. 2023, Özdemir vd. 2019, Razzaghian ve Shah 2018). Çoklu doğrusallığın tespitine ilişkin sonuçlar bulgular kısmında değerlendirilmiştir.

R^2 değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Yüksek R^2 değerleri daha yüksek tahmin doğruluğunu göstermektedir. Modelin karmaşıklığına ve araştırma disiplinine bağlı olduğu için kabul edilebilir

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

R² değerleri için genel kurallar belirtmenin zor olduğu ifade edilebilir. Tüketici davranışları gibi disiplinlerde 0,20 R² değeri yüksek kabul edilirken, başarıyı yönlendiren çalışmalarda (örneğin müşteri memnuniyeti veya müşteri sadakatini açıklamayı amaçlayan çalışmalarda) araştırmacılar 0,75 ve üstü gibi çok daha yüksek değerler beklemektedirler. Pazarlama konularına odaklanan araştırmalarda ise endojen gizli değişkenler için 0,75, 0,50 veya 0,25'lik R² değerleri, genel bir kural olarak, sırasıyla önemli, orta veya zayıf olarak tanımlanmaktadır (Hair vd. 2017). Tahmin doğruluğuna ilişkin sonuçlar bulgular kısmında değerlendirilmiştir.

Yapısal eşitlik modelinde f² değeri, bir örtük değişken veya içsel değişken tarafından açıklanan varyansı temsil etmektedir. Bu değer, modeldeki örtük değişken tarafından açıklanan, gözlenen değişkendeki varyans miktarının ölçüsüdür. Bu değer, örtük değişken ile gözlenen değişken arasındaki ilişkinin gücünün anlaşılması açısından çok önemlidir. Cohen (2013)'e göre, f² 0,02 ve üzerinde bir değer alıyorsa küçük etki boyutu sınıfında, 0,15 ve üzerinde bir değer alıyorsa orta

etki boyutunda ve 0,35 ve üzerinde bir değer alıyorsa büyük etki boyutunda değerlendirilmektedir. Varyansın açıklanma oranına ilişkin sonuçlar bulgular kısmında değerlendirilmiştir.

Yol modelinin orijinal olarak gözlemlenen değerleri ne kadar iyi tahmin edebildiğinin bir ölçüsünü temsil eden Q² değeri, modelin dışarıdan gelen yeni verileri ne kadar iyi tahmin edebildiğini göstermektedir. Pozitif bir Q² değeri, modelin tahmin gücünün olduğunu gösterirken, negatif bir değer modelin öngörü yeteneğinin zayıf olduğunu gösterebilir. Q² değerinin sıfırdan büyük olması beklenmektedir (Ali vd. 2016, Hair vd. 2017). Modeli tahmin yeteneğine ilişkin sonuçlar bulgular kısmında değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Anket Katılımcılarına Ait Demografik Özellikler

Tablo 1, anket katılımcılarının demografik profilini içermektedir. Ankete katılan bireylerin kişisel özellikleri, Tablo 1'de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

Tablo 1: Anket Katılımcılarının Demografik Dağılımları

Demografik Özellikler		N	%
Cinsiyet	Erkek	91	41,55%
	Kadın	128	58,45%
Medeni Durum	Evli	119	54,34%
	Bekâr	100	45,66%
Yaş	25 ≤	36	16,44%
	26-30	31	14,16%
	31-35	51	23,29%
	36-40	33	15,07%
	41-45	31	14,16%
	45 ≥	37	16,89%
Eğitim Düzeyi	Lise ve Altı	35	15,98%
	Ön Lisans	36	16,44%
	Lisans	82	37,44%
	Lisansüstü	66	30,14%
Gelir Düzeyi (Türk lirası / TRY)	15.000 ≤	35	15,98%
	15.001 – 30.000	65	29,68%
	30.001 – 45.000	42	19,18%
	45.001 – 60.000	51	23,29%
	60.001 ≥	26	11,87%
Total		219	100

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo 2: Ölçüm Modeli Analiz Sonuçları

Boyutlar, İfadeler ve İfade Kısaltmaları	Faktör Yüğü	Cronbach's Alpha Değeri	Birleşik Güvenilirlik (Composite Reliability - CR)	Açıklanan Ortalama Varyans (Average Variance Extracted - AVE)
Algılanan Besin Değeri				
Doğal ballar, diğer ballardan daha lezzetlidir. (BDEGER1)	0,830	0,893	0,934	0,826
Doğal ballar, diğer ballardan daha yüksek besin değerlerine sahiptir. (BDEGER2)	0,954			
Doğal ballar daha fazla vitamin ve mineral içerirler. (BDEGER3)	0,937			
Sağlıklı Ürün Farkındalığı				
Sağlığım konusunda çok bilinçli bir bireyim. (SFARK1)	0,692	0,829	0,878	0,646
Sağlığımı korumak için üstüme düşen sorumlulukları yerine getiririm. (SFARK2)	0,693			
Doğal ballar, diğer ballardan daha sağlıklıdır. (SFARK3)	0,913			
Doğal bal ürünleri, koruyucu, şeker veya yapay renklendirici içermeden üretildikleri için piyasadaki diğer ballardan daha sağlıklıdır. (SFARK4)	0,890			
Algılanan Gıda Güvenliği				
Doğal bal ürünlerinin tüketilmesi daha güvenlidir. (ALGGUV1)	0,891	0,848	0,908	0,766
Doğal bal ürünleri kimyasal madde içermezler. (ALGGUV2)	0,880			
Doğal ballar, güvenlik standartlarına sahiptirler. (ALGGUV3)	0,854			
Algılanan Kalite				
Doğal bal ürünleri üstün kaliteye sahiptirler. (ALGKAL1)	0,892	0,906	0,934	0,780
Doğal ballar istikrarlı (tutarlı, süreklilik sağlayan) bir kaliteye sahiptirler. (ALGKAL2)	0,900			
Doğal balların kalitesinden hiçbir zaman şikâyet etmek zorunda kalmadım (ALGKAL3)	0,883			
Geçmişte satın aldığım diğer ballarla karşılaştırıldığında doğal ballar satın alabileceğim en iyi ballardan biridir. (ALGKAL4)	0,858			
Algılanan Fiyat				
Doğal balların fiyatı yüksektir. (ALGFYT1)	0,772	0,719	0,841	0,639
Doğal ballar, kendileri için ödenen paraya değecek faydalar sağlamaktadırlar. (ALGFYT2)	0,875			
Doğal balın fiyatı onun kalitesinin bir göstergesidir. (ALGFYT3)	0,746			
Doğal Bala Yönelik Tutum				
Doğal ballar, sağlıklıdır. (TUTUM1)	0,928	0,956	0,966	0,850
Doğal ballar, besin değerleri bakımından faydalıdır. (TUTUM2)	0,945			
Doğal ballar güvenilirdir. (TUTUM3)	0,905			
Doğal ballar kalitelidir. (TUTUM4)	0,937			
Doğal ballar hakkında olumlu düşüncelere sahibim. (TUTUM5)	0,895			
Doğal Bal Satın Alma Davranışı				
Bir bal satın almak istersem, doğal bal satın alırım. (SDAVR1)	0,939	0,966	0,975	0,907
Tüketimi güvenli olduğu için, doğal bal satın alırım. (SDAVR2)	0,958			
Daha kaliteli oldukları için doğal balları satın alırım. (SDAVR3)	0,959			
Uzun vadeli sağlık faydaları bakımından, doğal bal ürünlerini satın alırım. (SDAVR4)	0,953			
Daha Fazla Ödeme İstekliliği				
Bal satın almadan önce, fiyatı artmış olsa bile doğal bal müşteri olarak kalmayı tercih ederim. (DAHA1)	0,960	0,940	0,962	0,893
Piyasaya yeni çıkan doğal bal ürünleri daha yüksek fiyatlı olsa da doğal bal tüketicisi olmayı tercih ederim. (DAHA2)	0,941			
Diğer balların fiyatları biraz daha düşük olsa bile doğal bal müşteri olarak kalırım. (DAHA3)	0,934			
Koyu Renkli Bal Algısı				
Koyu renkli balı daha sağlıklı buluyorum. (KRBALG1)	0,925	0,960	0,969	0,863
Koyu renkli balı daha doğal buluyorum. (KRBALG2)	0,931			
Koyu renkli balın daha güçlü bir lezzeti olduğuna inanıyorum. (KRBALG3)	0,943			
Koyu renkli balın, içerdiği besin maddeleri açısından daha zengin olduğuna inanıyorum. (KRBALG4)	0,948			
Koyu renkli balın daha güçlü bir aroma içerdiğine inanıyorum. (KRBALG5)	0,898			

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Açık Renkli Bal Algısı				
Açık renkli balı daha sağlıklı buluyorum. (ARBALG1)	0,924	0,958	0,966	0,851
Açık renkli balı daha doğal buluyorum. (ARBALG2)	0,944			
Açık renkli balın daha güçlü bir lezzeti olduğuna inanıyorum. (ARBALG3)	0,933			
Açık renkli balın, içerdiği besin maddeleri açısından daha zengin olduğuna inanıyorum. (ARBALG4)	0,947			
Açık renkli balın daha güçlü bir aroma içerdiğine inanıyorum. (ARBALG5)	0,861			

Tablo 1’de yer alan anket katılımcılarının demografik özelliklerine göre katılımcıların cinsiyet dağılımında kadınlar %58,45’lik oranla çoğunluğu oluştururken, evli bireyler %54,34’lük bir orana sahiptir. Yaş dağılımında en büyük grup %23,29 ile 31-35 yaş aralığındadır. Yaş aralıkları beş yaş aralıklarla seçilmiş ve yaş aralığında 20 yaş ve altı katılım az olduğu için (7 kişi) 21-25 yaş arası ve 20 yaş ve altı grupları birleştirilmiştir. Eğitim düzeyinde lisans mezunları %37,44’lük oranla çoğunluğu oluşturmaktadır. Gelir düzeyine göre ise %19,18’lik oranla 30.001 TRY – 45.000 TRY aralığındaki katılımcılar çoğunluğu oluşturmaktadır. Ankete katılanların doğal bal ve organik bal arasındaki farka ilişkin görüşlerine bakıldığında, katılımcıların %64,84’ü bu iki tür bal arasında fark olduğunu belirtirken, %35,16’sı fark olmadığını katıldıklarını ifade etmişlerdir. Araştırmanın toplam katılımcı sayısı 219’dur.

Ölçüm Modeli Analizi Sonuçları

Araştırmanın ölçüm modeli analiz sonuçlarına ait boyutlar, ifadeler, faktör yükleri, güvenilirlik ve geçerlilikleri bu bölümde açıklanmakta ve araştırma sonuçları aşağıda yer alan tablo 2’de gösterilmektedir.

Faktör yükleri 0,50 eşik değerinin altında kalan ALGGUV4, ALGGUV5 ve ALGGUV6 ifadeleri ölçekten çıkartılmıştır. Ölçekten çıkartılan ifadelerden sonra kalan diğer ifadelerin faktör yükleri 0,50 değerinin oldukça üzerindedir. Tablo 2 incelendiğinde Cronbach’s Alfa katsayısına ait değerler 0,719 ile 0,966 arasında değişmektedir. Birleşik güvenilirlik (Composite Reliability- CR) değerleri 0,878 ile 0,969 arasında değişmektedir. Açıklanan ortalama varyans (Average Variance Extracted – AVE) değerleri de 0,646 ile 0,907 değerleri arasında değişmektedir. Tablodaki değerlerin literatürde belirlenmiş olan eşik değerlerin üzerinde olduğu ve birleşme geçerliliği kriterinin karşılandığı belirtilebilir.

Fornell ve Larcker (1981) tarafından önerilen kritere göre elde edilen ayrışma geçerliliği sonuçları Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3’e göre Fornell ve Larcker kriterinin koşullarının sağlandığı ifade edilebilir. Fornell ve Larcker kriteri, yapısal eşitlik modellemesinde ayırt edici geçerliliği değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yaklaşımdır. Özellikle kovaryans temelli yapısal eşitlik modellemesinde, bir yapının göstergelerinin modeldeki diğer yapılara göre kendi yapılarıyla daha güçlü bir şekilde ilişkili olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır. Bu kriter, bir çalışmada kullanılan ölçümlerin birbirinden farklı olmasını ve aynı temel yapıyı ölçmemesini sağlamak için gereklidir.

Ayrışma geçerliliğinin tespiti için kullanılan bir diğer ölçüt olan HTMT kriterinin gerekliliklerinin sağlandığı Tablo 4’te görülmektedir. Bu bulgulara göre araştırma boyutlarının yapısal eşitlik analizi için uygun olduğu ifade edilebilir.

Tablo 5’te yer alan sonuçlara göre, tüm hipotezler desteklenmektedir. Tablo 5’e göre, kabul edilen tüm hipotezlerin t değerleri, eşik değer olan 1,96’nın üzerindedir. Bu sonuçlar, 9 hipotezin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve kabul edildiğini göstermektedir.

H₁ hipotezini ifade eden sağlıklı ürün farkındalığının doğal bala yönelik tutum üzerindeki etkisi anlamlı ve pozitifdir ($\beta=0,118$; $p=0,046<0,05$). Bu sonuç, sağlıklı ürün farkındalığı arttıkça doğal bala olan olumlu tutumunun da arttığını göstermektedir.

H₂ hipotezini ifade eden algılanan besin değerinin doğal bala yönelik tutum üzerindeki etkisi anlamlı ve pozitifdir ($\beta=0,234$; $p=0,001<0,05$). Bu sonuç, tüketicilerin doğal balın besin değerine dair olumlu algısı ile bu ürüne yönelik olumlu tutum arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo 3: Fornell ve Larcker Kriterine Göre Ayrışma Geçerliliği Sonuçları

	Algılanan Besin Değeri	Algılanan Fiyat	Algılanan Gıda Güvenliği	Algılanan Kalite	Açık Renkli Bal Algısı	Daha Fazla Ödeme İstekliliği	Doğal Bal Satın Alma Davranışı	Doğal Bala Yönelik Tutum	Koyu Renkli Bal Algısı	Sağlıklı Ürün Farkındalığı
Algılanan Besin Değeri	0,909									
Algılanan Fiyat	0,719	0,799								
Algılanan Gıda Güvenliği	0,847	0,773	0,875							
Algılanan Kalite	0,667	0,762	0,772	0,883						
Açık Renkli Bal Algısı	0,106	0,141	0,195	0,175	0,922					
Daha Fazla Ödeme İstekliliği	0,647	0,741	0,711	0,662	0,117	0,945				
Doğal Bal Satın Alma Davranışı	0,750	0,770	0,779	0,697	0,119	0,863	0,952			
Doğal Bala Yönelik Tutum	0,837	0,796	0,871	0,767	0,137	0,750	0,861	0,922		
Koyu Renkli Bal Algısı	0,249	0,356	0,300	0,319	0,074	0,273	0,276	0,286	0,929	
Sağlıklı Ürün Farkındalığı	0,831	0,673	0,798	0,637	0,133	0,632	0,737	0,789	0,246	0,804

H₃ hipotezini ifade eden algılanan gıda güvenliğinin doğal bala yönelik tutum üzerindeki etkisi anlamlı ve pozitiftir ($\beta=0,317$; $p=0,000<0,05$). Bu bulgu, tüketicilerin doğal balın gıda güvenliği açısından güvenilir olduğu algısı ile bu ürüne yönelik olumlu tutum arasında kuvvetli bir bağ olduğunu göstermektedir.

H₄ hipotezini ifade eden algılanan fiyatın doğal bala yönelik tutum üzerindeki etkisi anlamlı ve pozitiftir ($\beta=0,196$; $p=0,001<0,05$). Bu bulgu tüketicilerin doğal balın fiyatına dair olumlu algısı ile bu ürüne yönelik olumlu tutum arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir.

H₅ hipotezini ifade eden algılanan kalitenin doğal bala yönelik tutum üzerindeki etkisi anlamlı ve pozitiftir ($\beta=0,142$; $p=0,009<0,05$). Bu bulgu tüketicilerin doğal balın kalitesine dair olumlu algısı ile bu ürüne yönelik olumlu tutum arasında bir bağ olduğunu göstermektedir.

H₆ hipotezini ifade eden açık renkli bal algısının

algılanan kalite üzerindeki etkisi anlamlı ve pozitiftir ($\beta=0,159$; $p=0,040<0,05$). H₇ hipotezini ifade eden koyu renkli bal algısının algılanan kalite üzerindeki etkisi anlamlı ve pozitiftir ($\beta=0,311$; $p=0,000<0,05$). Bu iki bulgu koyu renkli bal algısının, açık renkli bal algısına oranla algılanan kalitenin daha güçlü bir belirleyicisi olduğunu göstermektedir.

H₈ hipotezini ifade eden doğal bala yönelik tutumun daha fazla ödeme istekliliği üzerindeki etkisi anlamlı ve pozitiftir ($\beta=0,749$; $p=0,000<0,05$). Bu bulgu tüketicilerin doğal bala olan olumlu tutumlarının, bu ürüne daha fazla ödeme yapma isteği ile çok güçlü bir şekilde bağlantılı olduğunu göstermektedir.

H₉ hipotezini ifade eden doğal bala yönelik tutumun doğal bal satın alma davranışı üzerindeki etkisi anlamlı ve pozitiftir ($\beta=0,859$; $p=0,000<0,05$). Bu bulgu tüketicilerin doğal bala olan olumlu tutumlarının, bu ürünü satın alma davranışlarına çok güçlü bir şekilde etki ettiğini göstermektedir.

Bu sonuçlar, araştırma modelinin hipotezlerinin

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

tümünün desteklendiğini, yani öznel norm boyutlarının hepsinin doğal bala yönelik tutum boyutunu, doğal bala yönelik tutum boyutunun da daha fazla ödeme istekliliği ve satın alma davranışı

boyutunu etkilediğini göstermektedir.

Aşağıda bulunan Tablo 6'da araştırma modeline ait R^2 , Q^2 , VIF ve f^2 değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4: HTMT Kriterine Göre Ayrışma Geçerliliği Sonuçları

	Algılanan Besin Değeri	Algılanan Fiyat	Algılanan Gıda Güvenliği	Algılanan Kalite	Açık Renkli Bal Algısı	Daha Fazla Ödeme İstekliliği	Doğal Bal Satın Alma Davranışı	Doğal Bala Yönelik Tutum	Koyu Renkli Bal Algısı	Sağlıklı Ürün Farkındalığı
Algılanan Besin Değeri										
Algılanan Fiyat	0,879									
Algılanan Gıda Güvenliği	0,862	0,896								
Algılanan Kalite	0,740	0,892	0,883							
Açık Renkli Bal Algısı	0,104	0,165	0,204	0,174						
Daha Fazla Ödeme İstekliliği	0,705	0,886	0,796	0,715	0,113					
Doğal Bal Satın Alma Davranışı	0,806	0,887	0,856	0,742	0,109	0,884				
Doğal Bala Yönelik Tutum	0,803	0,840	0,864	0,823	0,129	0,791	0,895			
Koyu Renkli Bal Algısı	0,265	0,439	0,334	0,338	0,065	0,284	0,283	0,296		
Sağlıklı Ürün Farkındalığı	0,891	0,793	0,870	0,684	0,138	0,680	0,771	0,819	0,276	

Yapısal Eşitlik Modeli Analiz Sonuçları

Şekil 2'de araştırmaya ait yapısal eşitlik modeli sunulmuştur.

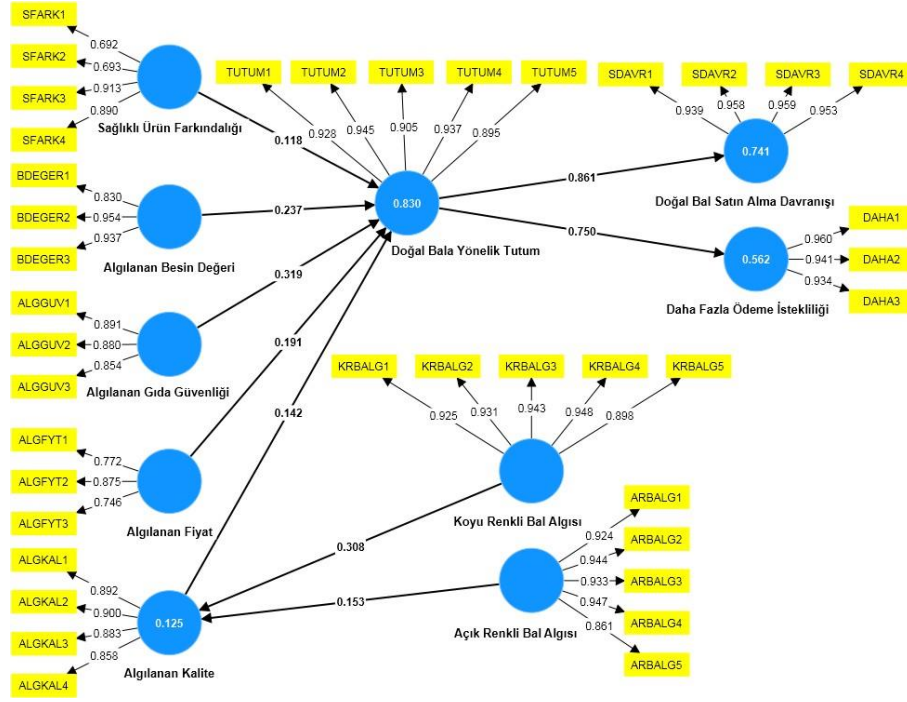
Araştırma modelinin sonuçları, yapısal eşitlik modellemesi analiz tablosunda (Tablo 5) sunulmuştur.

Tablo 6'ya göre VIF değerleri incelendiğinde boyutlar arasında çoklu doğrusallık sorunu olmadığı ifade edilebilir. Dolayısıyla, çoklu doğrusallık sorununun olmaması ve VIF değerlerinin düşük olması, regresyon modelinin istatistiksel analizinin güvenilir olmasını sağlamaktadır. Bu sonuç, bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun yeterince düşük olduğunu ve regresyon katsayılarının tahmin edilmesinde güvenilirlik

olduğunu göstermektedir.

Tablo 6'ya göre sağlıklı ürün farkındalığı, algılanan besin değeri, algılanan gıda güvenliği, algılanan fiyat, algılanan kalite boyutlarının doğal bala yönelik tutumu %83 oranında açıkladığı ifade edilebilir. Modele göre bu ilişki oldukça güçlü bir şekilde açıklanmaktadır. Açık renkli bal algısı ve koyu renkli bal algısı boyutları da algılanan kaliteyi %12,5 oranında açıklamaktadır. Modele göre bu ilişki daha zayıf bir şekilde açıklanmaktadır. Doğal bala yönelik tutum boyutu daha fazla ödeme istekliliği boyutunu %56,2 oranında açıklamaktadır. Modelde bu ilişki orta düzeyde bir açıklama gücüne sahip olarak tanımlanabilir. Doğal bala yönelik tutum boyutu doğal bal satın alma davranışını %74,1 oranında açıklamaktadır. Modele göre bu ilişki oldukça güçlü bir şekilde açıklanmaktadır.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE



Şekil 2: Ölçüm Modeli Analiz Sonuçları

Tablo 5: Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM) Analiz Sonuçları

Hipotez	Yollar	Standardize β Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	P Değeri	Sonuç
H ₁	Sağlıklı Ürün Farkındalığı-> Doğal Bala Yönelik Tutum	0,118	0,059	1,999	0,046	Kabul
H ₂	Algılanan Besin Değeri-> Doğal Bala Yönelik Tutum	0,234	0,069	3,426	0,001	Kabul
H ₃	Algılanan Gıda Güvenliği-> Doğal Bala Yönelik Tutum	0,317	0,068	4,700	0,000	Kabul
H ₄	Algılanan Fiyat-> Doğal Bala Yönelik Tutum	0,196	0,059	3,246	0,001	Kabul
H ₅	Algılanan Kalite-> Doğal Bala Yönelik Tutum	0,142	0,054	2,613	0,009	Kabul
H ₆	Açık Renkli Bal Algısı-> Algılanan Kalite	0,159	0,074	2,057	0,040	Kabul
H ₇	Koyu Renkli Bal Algısı-> Algılanan Kalite	0,311	0,067	4,582	0,000	Kabul
H ₈	Doğal Bala Yönelik Tutum-> Daha Fazla Ödeme İstekliliği	0,749	0,044	16,962	0,000	Kabul
H ₉	Doğal Bala Yönelik Tutum-> Doğal Bal Satın Alma Davranışı	0,859	0,028	30,740	0,000	Kabul

Tablo 6: Yapısal Eşitlik Modeline ait R², Q², VIF ve f² değerleri

Hipotez	Yollar	R ²	Q ²	VIF	f ²
H ₁	Sağlıklı Ürün Farkındalığı-> Doğal Bala Yönelik Tutum	0,830	0,804	3,609	0,023
H ₂	Algılanan Besin Değeri-> Doğal Bala Yönelik Tutum			4,709	0,070
H ₃	Algılanan Gıda Güvenliği-> Doğal Bala Yönelik Tutum			4,829	0,111
H ₄	Algılanan Fiyat-> Doğal Bala Yönelik Tutum			3,107	0,069
H ₅	Algılanan Kalite-> Doğal Bala Yönelik Tutum			2,983	0,040
H ₆	Açık Renkli Bal Algısı-> Algılanan Kalite	0,125	0,105	1,005	0,026
H ₇	Koyu Renkli Bal Algısı-> Algılanan Kalite			1,005	0,108
H ₈	Doğal Bala Yönelik Tutum-> Daha Fazla Ödeme İstekliliği	0,562	0,540	1,000	1,285
H ₉	Doğal Bala Yönelik Tutum-> Doğal Bal Satın Alma Davranışı	0,741	0,667	1,000	2,854

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo 6'ya göre sağlıklı ürün farkındalığının doğal bala yönelik tutumu 0,023 oranında küçük bir etki boyutuyla açıkladığı, algılanan besin değeri ve algılanan gıda güvenliğinin orta etki boyutlarıyla sırasıyla 0,070 ve 0,111 oranında etkilediği ifade edilebilir. Algılanan fiyat ve algılanan kalite boyutları doğal bala yönelik tutumu 0,069 ve 0,040 oranında açıklarken, açık renkli bal algısı ve koyu renkli bal algısı, algılanan kaliteyi sırasıyla küçük ve orta etki boyutlarıyla etkilemektedir. Doğal bala yönelik tutum, daha fazla ödeme istekliliği ve doğal bal satın alma davranışı üzerinde ise büyük etki boyutlarıyla 1,285 ve 2,854 oranında etkili olduğunu göstermektedir. Bu değerlendirmeler, özellikle doğal bala yönelik tutumun, tüketicilerin ödeme istekliliği ve doğal bal satın alma davranışı üzerinde çok güçlü bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır; diğer değişkenlerin ise etki boyutları bakımından çeşitlilik gösterdiği ifade edilebilir.

Tablo 6'ya göre modelin genel tahmin gücünü değerlendiren Q^2 değerleri oldukça yüksektir. Özellikle sağlıklı ürün farkındalığı, algılanan besin değeri, algılanan gıda güvenliği, algılanan fiyat ve algılanan kalite temel boyutlarında modelin dışarıdan gelen yeni verileri başarıyla tahmin ettiği ifade edilebilir. Bu boyutlar arasındaki ilişkilerin etkili bir şekilde model tarafından tahmin edilebilmesi, yapısal eşitlik modelinin sağlam bir öngörü yeteneğine sahip olduğunu işaret etmektedir. Açık renkli bal algısı ve koyu renkli bal algısı boyutları daha düşük Q^2 değerleriyle değerlendirilse de bu boyutlarda da modelin kabul edilebilir bir tahmin performansına sahip olduğu ifade edilebilir. Ayrıca daha fazla ödeme istekliliği ve doğal bal satın alma davranışı boyutlarının da iyi düzeyde bir tahmin gücüne sahip olduğu ifade edilebilir. Genel olarak modelin boyutları arasındaki ilişkileri etkili bir şekilde tahmin ettiği görülmektedir. Bu sonuçlar da yapılan analizin güvenilir ve etkili olduğunu göstermektedir.

TARTIŞMA

Araştırmanın sonuçları, tüketicilerin doğal balı satın almaya ve doğal bala yönelik daha fazla ödeme yapmaya olan isteklerinin birçok faktörden etkilendiğini göstermektedir. Araştırmanın sonuçları, çalışma içerisinde değinilen literatür sonuçlarıyla da paralellik göstermektedir.

Sağlıklı ürün farkındalığı boyutunda tüketicilere yöneltilen ifadeler bireyin sağlık bilincine ve sağlığını korumak için gösterdiği çabaya vurgu yapmakta ve

doğal balların diğer ballardan daha sağlıklı olduğu düşüncesiyle ilgili bir farkındalık ifadesi de bulunmaktadır. İfade edilen görüşlere ve analiz sonuçlarına dayanarak, sağlıklı ürün farkındalığı boyutunun tüketicilerin doğal bala yönelik tutumlarını olumlu etkilediği sonucuna ulaşılabılır. Bal üreticisi işletmeler bu farkındalık boyutu açısından doğal bal ürünlerini vurgulayarak pazarlama stratejilerini geliştirebilirler.

Doğal, koruyucu madde içermeyen ve yapay katkı maddesi bulunmayan ürünler sunmak, bu tür bir farkındalığa sahip tüketicileri çekebilir. Ayrıca, ürün etiketlerinde bu özelliklere vurgu yapmak ve tüketicilere sağlık avantajlarını anlatmak, marka sadakatini artırabilir. Tüketiciler açısından ise bu farkındalık, daha bilinçli ve sağlıklı ürün seçimleri yapmalarına olanak tanımaktadır. Doğal balın sağlık üzerinde olumlu etkilerine inanan tüketiciler, bu ürünleri tercih ederek kişisel sağlık hedeflerine daha uygun seçimler yapabilirler. Ancak, bu farkındalığın objektif bilimsel verilere dayanıp dayanmadığının da önemli olduğunu hatırlamak önemlidir. Doğal balın diğer ballardan daha sağlıklı olduğu iddiası genel bir kabule sahip olmasa dahi, bireylerin kişisel inançları ve tercihleri doğrultusunda bu ürünleri tercih etme ihtimalleri yüksektir. Bu araştırmanın sonuçlarından biri olan sağlıklı ürün farkındalığının, doğal bala yönelik tutum üzerindeki anlamlı ve pozitif etkisi, literatürdeki araştırma sonuçlarıyla paralellik göstermekte ve desteklenmektedir (Chen 2009, Kozup vd. 2003, Kusdiyanto vd. 2022, Le-Anh ve Nguyen 2020, Plasek vd. 2020, Wang 2015).

Algılanan besin değeri boyutunda tüketicilere yöneltilen ifadeler doğal balların hem lezzet hem de besin değeri açısından diğer ballardan üstün olduğu algısına odaklanmaktadır. Algılanan besin değeri boyutunun tüketicilerin doğal bala yönelik tutumlarını olumlu etkilediği ortaya çıkartılmıştır. İşletmeler açısından, bu algılanan üstünlükleri vurgulamak ürünlerin pazarlanmasında bir avantaj ortaya çıkartma potansiyeline sahiptir. Bu noktada lezzet ve besin değeri odaklı reklam kampanyaları, tüketicilerin ilgisini çekebilir ve marka sadakatini artırabilir. Ayrıca, ürün etiketlerinde doğal balların içerdikleri vitamin ve minerallerle ilgili bilgilerin net bir şekilde sunulması, tüketicilerin bilinçli tercihler yapmalarına destek olabilir. Tüketiciler açısından bu bilgi, tüketicileri doğal balları tercih etmeye yönlendirebilir. Lezzet ve besin değeri odaklı algılar, sağlıklı yaşam tarzını benimseyen tüketiciler için çekici olabilir. Ancak tüketicilerin objektif ve güvenilir kaynaklardan bilgi edinmeleri, doğru kararlar

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

vermelerine yardımcı olacaktır. Ayrıca bu araştırmanın sonuçlarından biri olan algılanan besin değerinin, doğal bala yönelik tutum üzerindeki anlamlı ve pozitif etkisi, literatürdeki araştırmaların sonuçlarıyla da desteklenmektedir (Cosmina vd. 2016a, Kleisiari vd. 2022, Oostenbach vd. 2019, Polak-Śliwińska ve Tańska 2021, Tafa vd. 2021, Vapa-Tankosić vd. 2020).

Algılanan gıda güvenliği boyutunda yer alan ifadeler doğal balın tüketilmesinin güvenli olduğu ve kimyasal madde içermediği algısını vurgulamaktadır. Algılanan gıda güvenliği boyutunun, tüketicilerin doğal bala yönelik olumlu tutumlarını anlamlı bir şekilde etkilediği ortaya çıkartılmıştır. İşletmeler açısından, bu algının güçlü bir pazarlama noktası ve ayırt edici özellik olabileceği göz önüne bulundurulmalıdır. Doğal bal ürünlerinin güvenliği ve kimyasal madde içermemesi vurgulanarak, tüketicilere güven veren iletişim stratejileri benimsemek işletmeleri rakiplerinden ileriye taşıyacaktır. Ayrıca, üretim süreçlerinin güvenlik standartlarına uygun olduğunu vurgulamak da tüketicilerin güvenini artırabilir. Tüketiciler için ise bu algı, doğal bal tüketiminin güvenli olduğuna dair bir güven oluşturabilir. Sağlık ve gıda güvenliği endişelerine duyarlı tüketiciler, doğal balı tercih etme yönelimi taşıyabilirler. Ancak, tüketiciler tarafından bu algının bilimsel temellere dayandırılmasına dikkat edilmeli ve doğrulanmış bilgilere dayalı kararlar alınmalıdır. Ayrıca bu araştırmanın sonuçlarından biri olan algılanan gıda güvenliğinin, doğal bala yönelik tutum üzerindeki anlamlı ve pozitif etkisi, literatürdeki araştırmaların sonuçlarıyla da desteklenmektedir (Leanh ve Nguyen 2020, Piochi vd. 2022, Sun vd. 2016, Vapa-Tankosić vd. 2020, Williams ve Hammitt 2001).

Algılanan kalite boyutunda yer alan ifadeler, doğal bal ürünlerinin üstün kalitesi ve istikrarlı bir kalite seviyesine sahip olduğu algısına odaklanmaktadır. Algılanan kalite boyutunun, tüketicilerin doğal bala yönelik olumlu tutumlarını anlamlı bir şekilde etkilediği ortaya çıkartılmıştır. İşletmeler için bu algı, ürün kalitesinin vurgulanmasında önemli bir fırsat sunmaktadır. Kaliteye vurgu yaparak pazarlama stratejilerini güçlendirmek ve tüketicilere tutarlı ve üstün bir ürün sunma sözü vermek, tüketicilerin marka sadakatini artırabilir. Tüketiciler açısından ise bu algı, doğal balın diğer ballara göre daha üstün bir kaliteye sahip olduğu inancını pekiştirebilir. Ancak bu algının objektif kalite ölçütlerine dayalı olup olmadığını değerlendirmek ve araştırmak önemlidir. Gerçek kaliteyi değerlendirmek için ürün etiketleri,

üretim süreçleri ve bağımsız test sonuçları gibi bilgilere dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu araştırmanın sonuçlarından biri olan algılanan kalitenin, doğal bala yönelik tutum üzerindeki anlamlı ve pozitif etkisi, literatürdeki araştırmaların sonuçlarıyla da desteklenmektedir (Ahmad vd. 2021, Gotlieb vd. 1994, Helly vd. 2022, Margariti 2021).

Açık renkli bal ve koyu renkli bal algılarının algılanan kalite üzerinde anlamlı ve pozitif bir etki yarattığı ifade edilebilir. Bu etkide koyu renkli balın etki katsayısının daha yüksek olması, tüketicilerin besin değeri, lezzet, aroma gibi faktörlere dayalı olarak koyu renkli balı daha kaliteli ve sağlıklı algıladıklarını göstermektedir. Üreticiler, bu bulgulara dayanarak ürün çeşitliliğini artırabilir, etiketleme ve tanıtımda renklerin sağlık ve lezzetle ilişkilendirilmesine vurgu yapabilirler. Tüketiciler ise renk algısının gerçek kaliteyle doğrudan bağlantılı olamayabileceğini anlayarak bilinçli tüketim alışkanlıkları benimseyebilirler. Bu durum, tüketicilerin bal seçiminde daha bilinçli ve doğru tercihler yapmalarına katkıda bulunabilir. Ayrıca bu araştırmanın sonuçlarından biri olan açık renkli bal algısı ve koyu renkli bal algısının, algılanan kalite üzerindeki anlamlı ve pozitif etkisi, koyu renkli balın daha kaliteli algılandığı bulgusu literatürdeki araştırmaların sonuçlarıyla da desteklenmektedir (Boussaid vd. 2018, Fiorda vd. 2016, Fernandes vd. 2020, Gámbaro vd. 2007, Ghorbani ve Khajehroshanaee 2009, Hooker ve Caswell 1996, Kocsis vd. 2023, Neto vd. 2020, Piochi vd. 2022, Testa vd. 2019, Vapa-Tankosić vd. 2020, Yan vd. 2022, Yap ve Chin 2020, Zarei vd. 2019).

Algılanan fiyat boyutunda yer alan ifadeler doğal balların genellikle yüksek fiyatlı olduğu algısı üzerine odaklanmaktadır ve algılanan fiyat boyutunun tüketicilerin doğal bala yönelik tutumlarını etkilediği çıkartılmıştır. İşletmeler açısından, doğal balın fiyatının yüksek olması, kalite algısını güçlendirebilir. Tüketicilere doğal balın fiyatının, ürünün kalitesinin ve sağlık faydalarının bir yansıması olduğu mesajı iletilerek, premium bir ürün olduğu vurgulanabilir. Tüketiciler için ise bu algı, doğal balın kaliteli ve değerli bir ürün olduğu düşüncesini pekiştirebilir. Ancak fiyat konusundaki algının gerçek kaliteyle uygunluğunu değerlendirmek önemlidir. Tüketiciler, fiyat-performans dengesini göz önünde bulundurarak doğru tercihler yapmalıdır. İşletmeler, fiyat stratejilerini belirlerken, ürün kalitesi, sağlık faydaları ve tüketicilere sağlanan değer gibi faktörleri dengelemelidir. Ayrıca bu araştırmanın sonuçlarından biri olan algılanan fiyatın, doğal bala

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

yönelik tutum üzerindeki anlamlı ve pozitif etkisi, literatürdeki araştırmaların sonuçlarıyla da desteklenmektedir (Akroush vd. 2019, Ballco vd. 2022, Ćirić vd. 2015, Hansen 2005, Nursahid ve Mufriantje 2023, Sutanto ve Wulandari 2023, Vapa-Tankosic vd. 2020).

Doğal bala yönelik tutum boyutunun, tüketicilerin doğal bal satın alma davranışını etkilediği ortaya çıkartılmıştır. Doğal balın sağlıklı, besleyici, güvenilir ve kaliteli olduğu algısı, tüketicilerin doğal bal satın alma davranışlarını olumlu yönde etkileyen bir tutum oluşturmaktadır. İşletmeler, ürünlerini tanıtırken sağlık, besin değeri, güvenilirlik ve kalite gibi özelliklere vurgu yapmalı, şeffaf iletişim stratejileri benimsemeli ve üretim süreçlerinde sıkı kalite standartlarına uymalıdır. Tüketiciler ise bilinçli bir tüketim anlayışı benimseyerek, doğal balın sağlık faydaları, kalitesi ve güvenilirliği konusunda objektif bilgiler edinmeye özen göstermelidir. Ayrıca tüketiciler yerel ve sürdürülebilir seçimleri teşvik ederek ve diğer tüketicilerin deneyimlerinden faydalanarak, doğru tercihler yapabilirler. İnceleme ve geri bildirimler üzerinden bilgi almak, doğal balın satın alınması sırasında daha bilinçli kararlar verilmesine katkı sağlayabilir. Bu şekilde, işletmeler ve tüketiciler arasında güçlü bir iletişim ve bilinçli tüketim anlayışıyla doğal balın pozitif etkileri daha etkin bir şekilde amacına ulaşabilir. Ayrıca bu araştırmanın sonuçlarından biri olan doğal bala yönelik tutumun, doğal bal satın alma davranışı üzerindeki anlamlı ve pozitif etkisi, literatürdeki araştırmaların sonuçlarıyla da desteklenmektedir (Ahmad vd. 2021, Dangi vd. 2020, Darsono vd. 2019, Hauser vd. 2013, Novitasari vd. 2021, Nuryanto ve Indriyani 2020).

Doğal bala yönelik tutum boyutu daha fazla ödeme istekliliğini anlamlı ve pozitif bir şekilde etkilemektedir. Bu durum tüketicilerin doğal balın sağlık, besin değeri, güvenilirlik ve kalitesi hakkındaki olumlu düşüncelerinin, fiyat artışına rağmen doğal bal satın alma istekliliğini etkilediğini göstermektedir. Tüketiciler, sağlıklı, besleyici ve kaliteli bir ürün olan doğal bal için daha fazla ödeme yapmaya istekli olabilirler. İşletmeler, bu olumlu tutumu vurgulayarak fiyat stratejilerini belirlerken tüketicilerin ödeme istekliliğini artırabilirler. Ayrıca, ürün etiketlerinde ve pazarlama iletişiminde doğal balın sağlık ve kalite avantajlarına vurgu yapmak, tüketicilerin bu ürünlere daha fazla değer atfetmelerini sağlayabilir. Yeni ürün lansmanlarında ise tüketicilere, doğal balın benzersiz özellikleri ve faydaları konusunda bilgi vererek, fiyat artışına

rağmen tercih edilme olasılığını artırabilirler. Ayrıca bu araştırmanın sonuçlarından biri olan doğal bala yönelik tutumun, tüketicilerin daha fazla ödeme istekliliği üzerindeki anlamlı ve pozitif etkisi, literatürdeki araştırmaların sonuçlarıyla da desteklenmektedir (Cosmina vd. 2016b, Laroche vd. 2001, Madenci vd. 2020, Popovic vd. 2020, Szakály vd. 2019, Trivedi vd. 2018, Wang vd. 2019).

Özetle doğal bal tüketici davranışları üzerinde önemli etkilere sahiptir. Tüketicilerin sağlık bilinci ve ürün farkındalığı, doğal balı tercih etmelerinde belirleyici olmaktadır. Besin değeri ve algılanan kalite ise tüketicilerin doğal balı diğer ballardan üstün görmelerini sağlayabilen unsurlar olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca, tüketicilerin doğal balın güvenli ve kimyasal madde içermediği algısı, ürünün tercih edilmesinde etkili olabilmektedir. Bununla birlikte, doğal balın genellikle yüksek fiyatlı olduğu algısı, tüketicilerin satın alma davranışlarını etkileyebilir. Fakat sağlık ve kalite avantajlarına verilen değer, fiyat artışına rağmen doğal balı satın alma istekliliğini artırmaktadır. Organik ve doğal bal ayrımının netleştirilmesi ve tüketicilere doğru bilginin aktarılması, tüketicilerin doğru tercihler yapmalarına yardımcı olabilir. Bu nedenle, işletmelerin doğal balın sağlık, besin değeri, güvenilirlik ve kalitesi gibi özelliklerine vurgu yaparak pazarlama stratejilerini oluşturmaları ve tüketicileri bilinçlendirmeleri önemlidir.

Bu araştırmanın bazı kısıtlamaları bulunmaktadır, bunlardan biri Türkiye genelinde yapılmış olmasına rağmen, kullanılan anket miktarı, kapsanan coğrafi bölge ve örnekleme yöntemi gibi faktörler nedeniyle sonuçların genellenememesidir. Araştırmada çevrimiçi anket yöntemi kullanılmasının nedeni, zaman ve parasal kaynakların sınırlı olmasıdır. Ancak bu yöntemin kullanımı, katılımcıların anket sorularını yanıtlarken yaşadığı olası anlam karmaşalarını giderme imkanını sınırlamaktadır. Ayrıca, tüketicilerin çevrimiçi anketlere olan ilgisizliği ve çekinceleri, araştırmanın diğer kısıtlamaları arasında yer almaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalar için, bu kısıtlamalar göz önünde bulundurularak farklı yaklaşımlar önerilebilir. Örneğin, verilerin geniş bir örnekleme yöntemi kullanılarak toplanması ve daha büyük bir bütçenin ayrılması, sonuçların daha genelleştirilebilir olmasına yardımcı olabilir. Ayrıca, çevrimiçi anketlerin yanı sıra yüz yüze görüşmeler gibi daha interaktif yöntemlerin kullanılması da katılımcıların daha detaylı ve derinlemesine görüşlerini

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

paylaşmalarını sağlayabilir.

Gelecekteki araştırmalar için, tüketicilerin doğal bal tercihlerini etkileyen diğer faktörlerin detaylı olarak incelenmesi önemli olacaktır. Bu faktörler arasında ambalaj tasarımı, marka itibarı, satış noktası gibi unsurların yanı sıra, ürünün organik veya yerel olması gibi çevresel ve sosyal faktörler de bulunabilir. Özellikle, tüketicilerin bu faktörleri ne ölçüde dikkate aldığı ve bu faktörlerin satın alma kararları üzerindeki etkisi daha derinlemesine araştırılabilir konular arasındadır. Ayrıca, tüketicilerin doğal bal tercihlerini belirleyen motivasyonların incelenmesi ve bu motivasyonların alışveriş deneyimleri üzerindeki etkilerinin anlaşılması da önemlidir. Bu kapsamda, tüketicilerin doğal bal tercihlerinde duygusal, sosyal veya çevresel motivasyonların rolü ve bu motivasyonların satın alma davranışlarına etkisi üzerine odaklanan çalışmalar yapılabilir. Bu şekilde, doğal bal tüketimindeki artışı etkileyen faktörler daha iyi anlaşılabilir ve işletmeler bu bilgileri pazarlama stratejilerinde kullanabilirler.

Çıkar Çatışması: Herhangi bir kuruluş veya işletme ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Durumu: Araştırma için kullanılan anket formu, Bursa Uludağ Üniversitesi Araştırma ve Yayın Etik Kurulu tarafından 26.01.2024 tarihinde (2024-01 oturum sayısında alınan 41 numaralı kararla) onaylanmıştır.

Mali Kaynak : Bu çalışma için gönüllü anket katılımcılarının destekleri dışında herhangi bir destek alınmamıştır.

Veri Sağlama : Mevcut çalışma sırasında kullanılan ve analiz edilen veriler ve materyaller bu makalede mevcuttur.

KAYNAKLAR

- Aertsens J, Verbeke W, Mondelaers K, Huylenbroeck G. Personal determinants of organic food consumption: a review. *British Food Journal*. 2009;111(10):1140-1167, <https://doi.org/10.1108/00070700910992961>.
- Ahmad N, Khairatun S, Abidin U. Factors influencing intention to purchase fraudulent honey among Malaysian consumers. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. 2021;11(4), <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v11-i4/9040>.

- Ajibola A, Chamunorwa J, Erlwanger K. Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism*. 2012;9(1):61, <https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-61>.
- Ajzen I. The theory of planned behavior: frequently asked questions. *Human Behavior and Emerging Technologies*. 2020;2(4):314-324, <https://doi.org/10.1002/hbe2.195>.
- Akroush M, Zuriekat M, Jabali H, Asfour N. Determinants of purchasing intentions of energy-efficient products. *International Journal of Energy Sector Management*. 2019;13(1):128-148, <https://doi.org/10.1108/ijesm-05-2018-0009>.
- Alam S, Sayuti N. Applying the theory of planned behavior (TPB) in halal food purchasing. *International Journal of Commerce and Management*. 2011;21(1):8-20, <https://doi.org/10.1108/10569211111111676>.
- Ali F, Amin M, Çobanoğlu C. An integrated model of service experience, emotions, satisfaction, and price acceptance: An empirical analysis in the Chinese hospitality industry. *Journal of Hospitality Marketing & Management*. 2016;25(4):449-475.
- Ali F, Rasoolimanesh SM, Sarstedt M, Ringle CM, Ryu K. An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) in hospitality research. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*. 2018;30(1):514-538.
- Aljohar H, Maher H, Albaqami J, Al-Mehaizie M, Orfali R, Orfali R vd. Physical and chemical screening of honey samples available in the Saudi market: an important aspect in the authentication process and quality assessment. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2018;26(7):932-942, <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2018.04.013>.
- Amalia F, Sosianika A, Suhartanto D. Indonesian millennials' halal food purchasing: merely a habit? *British Food Journal*. 2020;122(4):1185-1198, <https://doi.org/10.1108/bfj-10-2019-0748>.
- Antoun C, Zhang C, Conrad F, Schober M. Comparisons of online recruitment strategies for convenience samples. *Field Methods*.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- 2015;28(3):231-246,
<https://doi.org/10.1177/1525822x15603149>.
- Aregawi H. Determinant factors influencing honey consumption trends in Mekelle city, Tigray, Ethiopia. *European Business Management*. 2020;6(5):105,
<https://doi.org/10.11648/j.ebm.20200605.11>.
- Bagozzi R, Yi Y. On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 1988;16(1):74-94,
<https://doi.org/10.1177/009207038801600107>.
- Ballco P, Jaafer F, Magistris T. Investigating the price effects of honey quality attributes in a European country: evidence from a hedonic price approach. *Agribusiness*. 2022;38(4):885-904,
<https://doi.org/10.1002/agr.21760>.
- Bashir A. Effect of halal awareness, halal logo and attitude on foreign consumers' purchase intention. *British Food Journal*. 2019;121(9):1998-2015,
<https://doi.org/10.1108/bfj-01-2019-0011>.
- Batt P, Liu A. Consumer behavior towards honey products in Western Australia. *British Food Journal*. 2012;114(2):285-297,
<https://doi.org/10.1108/00070701211202449>.
- Bazzi A, Rabaan A, Al-Tawfiq J, Shannak B. Comparison of the effectiveness of Germania honey compared to manuka honey in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) killing. *The Open Microbiology Journal*. 2019;13(1):21-27,
<https://doi.org/10.2174/1874285801913010021>.
- Bilici F. *Tüketim Psikolojisi ve Pazarlama: Güncel Trendler*. Bursa: Ekin Yayınevi; 2024.
- Blanc S, Zanchini R, Vita G, Brun F. The role of intrinsic and extrinsic characteristics of honey for Italian millennial consumers. *British Food Journal*. 2021;123(6):2183-2198,
<https://doi.org/10.1108/bfj-07-2020-0622>.
- Bouranta N, Psomas E, Vouzas F. The effect of service recovery on customer loyalty: the role of perceived food safety. *International Journal of Quality and Service Sciences*. 2019;11(1):69-86,
<https://doi.org/10.1108/ijqss-10-2017-0093>.
- Boussaid A. Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*. 2018;11(2):265-274,
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.08.011>.
- Bölüktepe FE, Yılmaz S. Tüketicilerin bal satın alma davranış ve alışkanlıklarını etkileme sürecinde markanın önemini belirlemeye yönelik bir araştırma. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2006;6(4):135-142.
- Buba F, Gidado A, Shugaba A. Analysis of the biochemical composition of honey samples from north-east Nigeria. *Biochemistry Analytical Biochemistry*. 2012;2(3),
<https://doi.org/10.4172/2161-1009.1000139>.
- Buditjahjanto I. Analyzing factors of GUI simulation as learning media toward students' learning outcomes. *Journal of Technology and Science Education*. 2022;12(1):83,
<https://doi.org/10.3926/jotse.1317>.
- Charumathi B, Thiagarajan M. Credit risk modeling for Indian debt securities using machine learning. *Buletin Ekonomi Moneter Dan Perbankan*. 2021;24:107-128,
<https://doi.org/10.21098/bemp.v24i0.1401>.
- Chen M. Attitude toward organic foods among Taiwanese as related to health consciousness, environmental attitudes, and the mediating effects of a healthy lifestyle. *British Food Journal*. 2009;111(2):165-178,
<https://doi.org/10.1108/00070700910931986>.
- Cheung GW, Cooper-Thomas HD, Lau RS, Wang LC. Reporting reliability, convergent and discriminant validity with structural equation modeling: A review and best-practice recommendations. *Asia Pacific Journal of Management*. 2023:1-39.
- Chin W, Cheah J, Liu Y, Ting H, Lim X, Cham T. Demystifying the role of causal-predictive modeling using partial least squares structural equation modeling in information systems research. *Industrial Management Data Systems*. 2020;120(12):2161-2209,
<https://doi.org/10.1108/imds-10-2019-0529>.
- Chitarrini G, Debiassi L, Stuffer M, Ueberegger E, Zehetner E, Jaeger H vd. Volatile profile of mead fermenting blossom honey and honeydew honey with or without *Ribes nigrum*. *Molecules*. 2020;25(8):1818,

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- <https://doi.org/10.3390/molecules25081818>.
- Choi M, Suh C, Choi SP, Lee CK, Son BC. Validation of the work engagement scale-3, used in the 5th Korean working conditions survey. *Annals of occupational and environmental medicine*. 2020;32.
- Ćirić M, Ignjatijević S, Cvijanović D. Research of honey consumers' behavior in the province of Vojvodina. *Ekonomika Poljoprivrede*. 2015;62(3):627-644, <https://doi.org/10.5937/ekopolj1503627c>.
- Civelek M. Essentials of structural equation modeling. 2018, <https://doi.org/10.13014/k2sj1hr5>.
- Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum; 1988.
- Cosmina M, Gallenti G, Marangon F, Troiano S. Attitudes towards honey among Italian consumers: a choice experiment approach. *Appetite*. 2016a;99:52-58, <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.12.018>.
- Cosmina M, Gallenti G, Marangon F, Troiano S. Reprint of "Attitudes towards honey among Italian consumers: a choice experiment approach". *Appetite*. 2016b;106:110-116, <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.08.005>.
- Dağdemir V, Akdemir G. Investigation of honey consumption preferences of consumers in Erzurum. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2021;11(4):3172-3183, <https://doi.org/10.21597/jist.948572>.
- Dangi N, Narula S, Gupta S. Influences on purchase intentions of organic food consumers in an emerging economy. *Journal of Asia Business Studies*. 2020;14(5):599-620, <https://doi.org/10.1108/jabs-12-2019-0364>.
- Darsono N, Yahya A, Muzammil A, Musnadi S, Anwar C, Irawati W. Consumer actual purchase behavior for organic products in Aceh, Indonesia. 2019, <https://doi.org/10.2991/agc-18.2019.43>.
- Dülgeroğlu İ. Bal kalitesi ve bal satın alma ilişkisi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2019;19(2):136-142.
- El-Sayed A, Unelius C, Suckling D. Honey norisoprenoids attract bumble bee, *Bombus terrestris*, in New Zealand mountain beech forests. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018;66(50):13065-13072, <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b04175>.
- Eryılmaz G, Kılıç O, Başer U. Determination of consumer behaviors on food safety: a case study in urban area of Samsun province. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2018;4(2):237-245, <https://doi.org/10.28979/comufbed.474766>.
- Etikan İ, Musa S, Alkassim R. Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*. 2016;5(1):1, <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>.
- Fan H, Wang J, Lu X, Fan S. Factors influencing food-waste behaviors at university canteens in Beijing, China: an investigation based on the theory of planned behavior. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*. 2022;0(0):0, <https://doi.org/10.15302/j-fase-2022472>.
- Farah M, Hasni M, Abbas A. Mobile-banking adoption: empirical evidence from the banking sector in Pakistan. *The International Journal of Bank Marketing*. 2018;36(7):1386-1413, <https://doi.org/10.1108/ijbm-10-2017-0215>.
- Fatima Z, Zafar S, Batool T. Assessment of antibacterial potential of natural and commercial honey samples against wound isolates. *International Journal of Endorsing Health Science Research (Ijehsr)*. 2020;8(3):123-128, <https://doi.org/10.29052/ijehsr.v8.i3.2020.123-128>.
- Fernandes R, Rosa I, Conti-Silva A. Honey from tüba stingless bees (*Melipona fasciculata*) produced in different ecosystems: physical and sensory studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020;100(9):3748-3754, <https://doi.org/10.1002/jsfa.10415>.
- Fiorda F, Pereira G, Soccol V, Rakshit S, Soccol C. Evaluation of a potentially probiotic non-dairy beverage developed with honey and kefir grains: fermentation kinetics and storage study. *Food Science and Technology International*. 2016;22(8):732-742, <https://doi.org/10.1177/1082013216646491>.
- Fornell C, Larcker DF. Evaluating structural equation

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*. 1981;18(1):39-50, <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>.
- Gámbaro A, Ares G, Giménez A, Pahor S. Preference mapping of color of Uruguayan honeys. *Journal of Sensory Studies*. 2007;22(5):507-519, <https://doi.org/10.1111/j.1745-459x.2007.00125.x>.
- Genevie E, Fatimah U, Samuel L, Nuzul N. The moderating effects of gender and education level on safe food handling intention among consumers in Sibul, Malaysia: based on the theory of planned behavior. *Food Research*. 2019;4(2):366-374, [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(2\).299](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(2).299).
- Ghorbani M, Khajehroshanaee N. The Study of Qualitative Factors Influencing on Honey Consumers Demand: Application of Hedonic Pricing Model in Khorasan Razavi Province. *J. Appl. Sci*. 2009, 9, 1597–1600.
- Godin G. and Kok G. The theory of planned behavior: a review of its applications to health-related behaviors. *American Journal of Health Promotion*. 1996;11(2):87-98, <https://doi.org/10.4278/0890-1171-11.2.87>
- Gotlieb J, Grewal D, Brown S. Consumer satisfaction and perceived quality: complementary or divergent constructs? *Journal of Applied Psychology*. 1994;79(6):875-885, <https://doi.org/10.1037/0021-9010.79.6.875>.
- Gür D, Erdem Ş. Tüketicilerin organik gıda ürünlerine yönelik satın alma niyetini ve satın alma davranışını etkileyen faktörler: İstanbul ili üzerine bir araştırma. *Journal of Research in Business*. 2023;8(1):114-152, doi: 10.54452/jrb.1178949.
- Haider S, Zubair M, Tehseen S, Iqbal S, Sohail M. How does ambidextrous leadership promote innovation in project-based construction companies? Through mediating role of knowledge-sharing and moderating role of innovativeness. *European Journal of Innovation Management*. 2021;26(1):99-118, <https://doi.org/10.1108/ejim-02-2021-0083>.
- Hair JF, Hult G.T.M, Ringle C.M, Sarstedt M. A Primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). 2nd ed. Thousand Oaks, CA: Sage; 2017.
- Hair JF, Risher J, Sarstedt M, Ringle C. When to use and how to report the results of pls-sem. *European Business Review*. 2019;31(1):2-24, <https://doi.org/10.1108/ebur-11-2018-0203>.
- Halagarda M, Groth S, Popek S, Rohn S, Pedan V. Antioxidant activity and phenolic profile of selected organic and conventional honeys from Poland. *Antioxidants*. 2020;9(1):44, <https://doi.org/10.3390/antiox9010044>.
- Hansen T. Perspectives on consumer decision making: an integrated approach. *Journal of Consumer Behaviour*. 2005;4(6):420-437, <https://doi.org/10.1002/cb.33>.
- Hauser M, Nußbeck F, Jonas K. The impact of food-related values on food purchase behavior and the mediating role of attitudes: a Swiss study. *Psychology and Marketing*. 2013;30(9):765-778, <https://doi.org/10.1002/mar.20644>.
- Hawari K, Iskandarani M, Jaber F, Ezzeddine R, Ziller L, Perini M. vd. Evaluation of honey authenticity in Lebanon by analysis of carbon stable isotope ratio using elemental analyzer and liquid chromatography coupled to isotope ratio mass spectrometry. *Journal of Mass Spectrometry*. 2021;56(6), <https://doi.org/10.1002/jms.4730>.
- Helly H, Haryanto B, Didik S. Antecedents of on purchase intention of foreign products, mediating role of attitude, and the moderating role of ethnocentrism. *International Journal of Economics and Business Issues*. 2022;1(1):14-27, <https://doi.org/10.59092/ijebi.vol1.iss1.7>.
- Henseler J, Hubona G, Ray P. Using PLS path modeling in new technology research: updated guidelines. *Industrial Management & Data Systems*. 2016;116(1):2-20, <https://doi.org/10.1108/imds-09-2015-0382>.
- Henseler J, Ringle C, Sarstedt M. A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 2014;43(1):115-135, <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>.
- Henseler J, Ringle C, Sinkovics R. The use of partial

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- least squares path modeling in international marketing. 2009:277-319, [https://doi.org/10.1108/s1474-7979\(2009\)0000020014](https://doi.org/10.1108/s1474-7979(2009)0000020014).
- Henseler J. Partial least squares path modeling. *Advanced methods for modeling markets*. 2017:361-381.
- Hooker NH, Caswell JA. Regulatory Targets and Regimes for Safety: A Comparison of North American and European Approaches. In *The Economics of Reducing Health Risk from Food*; Caswell, J, Ed.; Food Marketing Policy Center: Storrs, CT, USA, 1996; pp. 1–17.
- Husain N, Muda W, Jamil N, Hanafi N, Rahman R. Effect of food safety training on food handlers' knowledge and practices. *British Food Journal*. 2016;118(4):795-808, <https://doi.org/10.1108/bfj-08-2015-0294>.
- Hussain S, Shujahat M, Malik M, Iqbal S, Nawaz F. Contradictory results on the mediating roles of two dimensions of trust between transformational leadership and employee outcomes. *Journal of Organizational Effectiveness People and Performance*. 2017;5(1):39-63, <https://doi.org/10.1108/joepp-11-2016-0063>.
- Iranmanesh M, Mirzaei M, Hosseini S, Zailani S. Muslims' willingness to pay for certified halal food: an extension of the theory of planned behaviour. *Journal of Islamic Marketing*. 2019;11(1):14-30, <https://doi.org/10.1108/jima-03-2018-0049>.
- Ismaiel S, Kahtani S, Adgaba N, Alghamdi A, Zulail A. Factors that affect consumption patterns and market demands for honey in the Kingdom of Saudi Arabia. *Food and Nutrition Sciences*. 2014;05(17):1725-1737, <https://doi.org/10.4236/fns.2014.517186>.
- Istiasih H. Ethics of halal and thayyib food consumption behavior: the era of post-pandemic COVID-19. *International Journal of Research and Review*. 2022;9(11):437-450, <https://doi.org/10.52403/ijrr.20221160>.
- Julia S, Duarte N, Araujo A, Ribeiro L, Corrêa E. Brazilian honey and its therapeutic properties. 2023, <https://doi.org/10.5772/intechopen.106413>.
- Kam H, Mattson T, Kim D. The "right" recipes for security culture: a competing values model perspective. *Information Technology and People*. 2020;34(5):1490-1512, <https://doi.org/10.1108/itp-08-2019-0438>.
- Karahan Ş. and Özbakır G. Güneydoğu Anadolu'da arıcılık faaliyetlerinin ve bal tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 2020;7(4):1148-1158, <https://doi.org/10.30910/turkjans.775427>.
- Khan S, Anjum S, Rahman K, Ansari M, Khan W, Kamal S. vd. Honey: single foodstuff comprises many drugs. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2018;25(2):320-325, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.08.004>
- Kleisiari C, Kleftodimos G, Vlontzos G. Be(e)ha(i)viour(e): assessment of honey consumption in Europe. *British Food Journal*. 2022;125(4):1374-1389, <https://doi.org/10.1108/bfj-12-2021-1300>.
- Kocsis M, Bodó A, Gaál K, Farkas Á. Summer gifts from the hive: botanical origin, antioxidant capacity, and mineral content of Hungarian honeys. 2023, <https://doi.org/10.5772/intechopen.108175>.
- Kozup J, Creyer E, Burton S. Making healthful food choices: the influence of health claims and nutrition information on consumers' evaluations of packaged food products and restaurant menu items. *Journal of Marketing*. 2003;67(2):19-34, <https://doi.org/10.1509/jmkg.67.2.19.18608>.
- Kusdiyanto K, Saputro E, Sholahuddin M, Mabrur M, M.Si. Z, Murwanti S.vd. Identification of intention to buy healthy food. *International Journal of Business Economics & Management*. 2022;5(1):32-41, <https://doi.org/10.21744/ijbem.v5n1.1867>.
- Laroche M, Bergeron J, Barbaro-Forleo G. Targeting consumers who are willing to pay more for environmentally friendly products. *Journal of Consumer Marketing*. 2001;18(6):503-520, <https://doi.org/10.1108/eum0000000006155>.
- Lasanthika C, Wanigasuriya K, Hettiaratchi U, Amarasekara T, Goonewardena S. Psychometric properties and hidden dimensionality of the Sinhala version of end-stage renal disease adherence questionnaire (SINESRD-AQ) among patients receiving hemodialysis in a selected hospital in Sri

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Lanka. 2022, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1077695/v2>.
- LeAnh T, Nguyen T. Consumer purchasing behaviour of organic food in an emerging market. *International Journal of Consumer Studies*. 2020;44(6):563-573, <https://doi.org/10.1111/ijcs.12588>.
- Legate A, Hair J, Chretien J, Risher J. pls-sem: prediction-oriented solutions for HRD researchers. *Human Resource Development Quarterly*. 2021;34(1):91-109, <https://doi.org/10.1002/hrdq.21466>.
- Lu J, Carter D, Turnbull L, Rosendale D, Hedderley D, Stephens J.vd. The effect of New Zealand kanuka, manuka and clover honeys on bacterial growth dynamics and cellular morphology varies according to the species. *Plos One*. 2013;8(2):e55898, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055898>.
- Madenci A, Bayramoğlu Z, Türker S, Ağızan K, Eyiz V. Determination of consumer's willingness to pay for halal food. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2020;17(3):346-356, <https://doi.org/10.33462/jotaf.681421>.
- Mandal M, Mandal S. Honey: its medicinal property and antibacterial activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2011;1(2):154-160, [https://doi.org/10.1016/s2221-1691\(11\)60016-6](https://doi.org/10.1016/s2221-1691(11)60016-6).
- Marangoz M, Tayçu Dolu Z. Tüketicilerin arı ürünlerine ilişkin bilgi ve güven düzeyleri ile satın alma davranışlarının araştırılması. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2019;19(2):110-125, <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.537602>.
- Margariti K. "White" space and organic claims on food packaging: communicating sustainability values and affecting young adults' attitudes and purchase intentions. *Sustainability*. 2021;13(19):11101, <https://doi.org/10.3390/su131911101>.
- Marmaya N, Zakaria Z, Desa M. Gen y consumers' intention to purchase halal food in Malaysia: a pls-sem approach. *Journal of Islamic Marketing*. 2019;10(3):1003-1014, <https://doi.org/10.1108/jima-08-2018-0136>.
- Martinelli E, Canio F. Non-vegan consumers buying vegan food: the moderating role of conformity. *British Food Journal*. 2021;124(1):14-30, <https://doi.org/10.1108/bfj-01-2021-0023>.
- Mitek M, Bocian A, Kleczyńska E, Sowa P, Dżugan M. The comparison of physicochemical parameters, antioxidant activity and proteins for the raw local Polish honeys and imported honey blends. *Molecules*. 2021;26(9):2423, <https://doi.org/10.3390/molecules26092423>.
- Mir B, Mushtaq A, Rizwan S, Bashir F, Jabeen U, Behlil F.vd. Comparison of antioxidant enzymes in natural and commercial honey. *Pak-Euro Journal of Medical and Life Sciences*. 2022;5(1):31-38, <https://doi.org/10.31580/pjmls.v5i1.2422>.
- Molanaei A, Seyedoshohadaei S, Hasani S, Sharifi P, Rashidian M, Taherpour vd. Evaluation of the sensitivity of *Staphylococcus aureus* isolated from nasal swabs to natural honey. *Sudan Journal of Medical Sciences*. 2020;56-64, <https://doi.org/10.18502/sjms.v15i1.6705>.
- Neto W, Paiva R, Novais J. "Honey is good for health": patterns of honey purchasing and consumption in lower Amazon. *CBR-Consumer Behavior Review*. 2020;4(3):324, <https://doi.org/10.51359/2526-7884.2020.247470>.
- Nguyen H, Kasapis S, Mantri N. Physicochemical properties and effects of honeys on key biomarkers of oxidative stress and cholesterol homeostasis in HepG2 cells. *Nutrients*. 2021;13(1):151, <https://doi.org/10.3390/nu13010151>.
- Niyaz ÖC, Demirbaş N. Arı ürünleri tüketicilerinin genel özellikleri ve tüketim tercihleri: Çanakkale ili örneği. *Tarım Ekonomisi Dergisi*. 2017;23(2):255-262.
- Novitasari D, Chidir G, Sutardi D, Iskandar J, Pebrina E. The role of halal awareness on purchase intention of halal food: evidence from Indonesian working students. *International Journal of Science and Management Studies (Ijsms)*. 2021:31-44, <https://doi.org/10.51386/25815946/ijms-v4i1p104>.
- Nursahid I. Mufriantje F. Sweetening the deal: investigating the impact of product quality and price on honey purchase behavior at PT Kembang Joyo Sriwijaya, Malang. *Agriecobis*

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Journal of Agricultural Socioeconomics and Business. 2023;6(01):65-73, <https://doi.org/10.22219/agriecobis.v6i01.25046>.
- Nuryanto I, Indriyani F. The behavior of purchasing domestic herbal products among Indonesians during the COVID-19 era. 2020, <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.210311.056>.
- Odabaş E. Organik Bal ve Doğal Bal Arasında Nasıl Bir Fark Vardır? <https://www.organikbal.com/blog/organik-bal-ve-dogal-bal-arasinda-nasil-bir-fark-vardir.html>, 2018. (Erişim tarihi: 23.01.2024).
- Oemar H, Prasetyaningsih E, Bakar S, Djamaludin D, Septiani A. Awareness and intention to register halal certification of micro and small-scale food enterprises. *F1000research*. 2023; 11:170, <https://doi.org/10.12688/f1000research.75968.3>.
- Onurlubaş, E. Marka değeri boyutlarının marka bağlılığı ve satın alma niyeti üzerine etkisi: X marka beyaz eşya kullanıcıları üzerine bir uygulama. *Electronic Turkish Studies*. 2018;13(30):273-302.
- Oostenbach L, Slits E, Robinson E, Sacks G. Systematic review of the impact of nutrition claims related to fat, sugar, and energy content on food choices and energy intake. *BMC Public Health*. 2019;19(1), <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7622-3>.
- Özdemir E, Kılıç S, Çakırer MA. Satış promosyonları ve kredi kartı kullanımının tüketicilerin plansız satın alma ve satın alma sonrası pişmanlık davranışı üzerindeki etkileri. *İşletme Araştırmaları Dergisi*. 2019;11(4):2528-2545, <https://doi.org/10.20491/isarder.2019.756>.
- Park H, Smith S. Distinctiveness and influence of subjective norms, personal descriptive and injunctive norms, and societal descriptive and injunctive norms on behavioral intent: a case of two behaviors critical to organ donation. *Human Communication Research*. 2007;33(2):194-218, <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2007.00296.x>.
- Peng C, Liang X, Guo S, Qian Y. Study on willingness to pay and impact mechanism of gutter oil treatment: taking urban residents in Sichuan province as an example. *Frontiers in Psychology*. 2021;12, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.711218>.
- Penn J, Petrolia D, Fannin J. Hypothetical bias mitigation in representative and convenience samples. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 2023;45(2):721-743, <https://doi.org/10.1002/aep.13374>.
- Petrovici D, Fearne A, Nayga R, Drolia D. Nutritional knowledge, nutritional labels, and health claims on food. *British Food Journal*. 2012;114(6):768-783, <https://doi.org/10.1108/00070701211234318>.
- Piochi M, Fontefrancesco M, Torri L. Understanding Italian consumers' perception of safety in animal food products. *Foods*. 2022;11(22):3739, <https://doi.org/10.3390/foods11223739>.
- Plasek B, Lakner Z, Temesi Á. Factors that influence the perceived healthiness of food—review. *Nutrients*. 2020;12(6):1881, <https://doi.org/10.3390/nu12061881>.
- Pocol C, Şedík P, Glogoveţan A, Brumă I. Traceability issues of honey from the consumers' perspective in Romania. *International Food and Agribusiness Management Review*. 2022;25(5):709-722, <https://doi.org/10.22434/ifamr2021.0145>.
- Pocol C. and Bolboacă S. Perceptions and trends related to the consumption of honey: a case study of north-west Romania. *International Journal of Consumer Studies*. 2013;37(6):642-649, <https://doi.org/10.1111/ijcs.12046>.
- Polak-Śliwińska M, Tańska M. Conventional and organic honeys as a source of water- and ethanol-soluble molecules with nutritional and antioxidant characteristics. *Molecules*. 2021;26(12):3746, <https://doi.org/10.3390/molecules26123746>.
- Popovic I, Bossink B, Sijde P, Fong C. Why are consumers willing to pay more for liquid foods in environmentally friendly packaging? A dual attitudes perspective. *Sustainability*. 2020;12(7):2812, <https://doi.org/10.3390/su12072812>.
- Rajindran N, Wahab R, Huda N, Julmohammad N, Shariff A, Ismail N vd. Physicochemical

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- properties of a new green honey from Banggi Island, Sabah. *Molecules*. 2022;27(13):4164, doi:10.3390/molecules27134164.
- Razzaghian M, Shah A. An assessment of the predictors and consequences of workaholism using hierarchical models. *Business Economic Review*. 2018;10(4):1-26, doi:10.22547/ber/10.4.1.
- Rigdon E, Hoyle R. Structural equation modeling: concepts, issues, and applications. *Journal of Marketing Research*. 1997;34(3):412, doi:10.2307/3151904.
- Riskos K, Dekoulou P, Mylonas N, Tsourvakas G. Ecolabels and the attitude-behavior relationship towards green product purchase: a multiple mediation model. *Sustainability*. 2021;13(12):6867, doi:10.3390/su13126867.
- Roberts K, Sauer K, Paez P, Alcorn M. Use of the theory of planned behavior to determine food safety behavioral intentions among child nutrition employees. *Food Protection Trends*. 2020;40(6):424, doi:10.4315/1541-9576-40.6.424.
- Russo D, Stol K. Pls-sem for software engineering research. *Acm Computing Surveys*. 2021;54(4):1-38, doi:10.1145/3447580.
- Saeed A, Rasheed F, Waseem M, Tabash M. Green human resource management and environmental performance: the role of green supply chain management practices. *Benchmarking an International Journal*. 2021;29(9):2881-2899, doi:10.1108/bij-05-2021-0297.
- Sayuti Y, Ahmad A, Ariffin A, Nazrin N, Silahudeen T. Food safety knowledge, attitude and practices among management and science university students, Shah Alam. *Management Science Letters*. 2020:929-936, doi:10.5267/j.msl.2019.10.002.
- Šedík P, Predanócyová K, Horská E, Kačániová M. The antimicrobial activity of polyfloral honey and its awareness among urban consumers in Slovakia. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2021;15:467-474, doi:10.5219/1621.
- Seo H, Lee S, Nam S. Factors influencing fast food consumption behaviors of middle-school students in Seoul: an application of theory of planned behaviors. *Nutrition Research and Practice*. 2011;5(2):169, doi:10.4162/nrp.2011.5.2.169.
- Shiau W, Sarstedt M, Hair J. Internet research using partial least squares structural equation modeling (pls-sem). *Internet Research*. 2019;29(3):398-406, doi:10.1108/intr-10-2018-0447.
- Siahaan A, Thiodore J. Analysis Influence of Consumer Behavior to Purchase Organic Foods in Jakarta. In: 6th International Conference of Food, Agriculture, and Natural Resource (IC-FANRES 2021). Atlantis Press, 2022;57-65, doi:10.2991/absr.k.220101.009.
- Sivo S A. How low should you go? Low response rates and the validity of inference in IS questionnaire research. *Journal of the association for information systems*. 2006;7.1:17.
- Song D, Bai Y, Wu H, Wang X. How does the perceived green human resource management impact employee's green innovative behavior? —from the perspective of theory of planned behavior. *Frontiers in Psychology*. 2023;13, doi:10.3389/fpsyg.2022.1106494.
- Song Y, Qin Z, Qi Y. The impact of eco-label on the young Chinese generation: the mediation role of environmental awareness and product attributes in green purchase. *Sustainability*. 2019;11(4):973, doi:10.3390/su11040973.
- Steinmetz H, Knappstein M, Ajzen I, Schmidt P, Kabst R. How effective are behavior change interventions based on the theory of planned behavior? *Zeitschrift Für Psychologie*. 2016;224(3):216-233, doi:10.1027/2151-2604/a000255.
- Sun J, Liu C, Bo Y, Shi J, Wang P, Zhang J vd. Evaluation of a food safety education on knowledge, attitude, and practice among 1300 college students of Henan province, China. 2016, doi:10.2991/mse-15.2016.64.
- Sutanto I, Wulandari R. The effect of price perception and product quality on consumer purchase interest with attitude and perceived behavior control as an intervention study on environmentally friendly food packaging (foopak). *International Journal of Science and Management Studies (Ijsms)*. 2023:85-99,

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

doi:10.51386/25815946/ijms-v6i1p106.

Swaen V, Chumpitaz RC. Impact of corporate social responsibility on consumer trust. *Recherche et Applications en Marketing (English Edition)*. 2008;23(4):7-34, doi:10.1177/205157070802300402.

Szakály Z, Sándor K, Pető K, Huszka P, Kiss M. A modified model of the willingness to pay for functional foods. *Appetite*. 2019;138:94-101, doi:10.1016/j.appet.2019.03.020.

Tafa K, Sundramurthy V, Natesan S. Rheological and thermal properties of honey produced in Algeria and Ethiopia: a review. *International Journal of Food Properties*. 2021;24(1):1117-1131, doi:10.1080/10942912.2021.1953525.

Tan K, Liu Y, Ye Q. A gendered discourse on truthful disclosure of financial fraud practices among accountants in China: implications to corporate governance. *Accounting Research Journal*. 2023;36(2/3):230-250, doi:10.1108/arj-07-2022-0160.

Temizkan V. A research on the attitude and purchasing behavior of Muslim consumers towards products with halal logo in another Muslim country. *Sosyal Mucit Academic Review*. 2022;3(1):123-147, doi:10.54733/smar.1108447.

Testa R, Ascuito A, Schifani G, Schimmenti E, Migliore G. Quality determinants and effect of therapeutic properties in honey consumption. An exploratory study on Italian consumers. *Agriculture*. 2019;9(8):174, doi:10.3390/agriculture9080174.

Thomas L, McIntosh W. "it just tastes better when it's in season": understanding why locavores eat close to home. *Journal of Hunger Environmental Nutrition*. 2013;8(1):61-72, doi:10.1080/19320248.2012.761572.

Tran V, Nguyen N. Organic food consumption among households in Hanoi: importance of situational factors. *Sustainability*. 2021;13(22):12496, doi:10.3390/su132212496.

Trivedi R, Patel J, Acharya N. Causality analysis of media influence on environmental attitude, intention and behaviors leading to green purchasing. *Journal of Cleaner Production*. 2018; 196:11-22.

doi:10.1016/j.jclepro.2018.06.024.

Tunca Rİ, Taşkın, A, Karadavut, U. Türkiye'de arı ürünlerinin bazı illerdeki tüketim alışkanlıklarının ve farkındalık düzeylerinin belirlenmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2015;3(7):556-561.

Vakili Y, Ghanbari N, Nooripour R, Ilanloo H, Maticotta J, Mansournia M. Validity of the Snyder's adult hope scale (ahs) among Iranian women with breast cancer. *Archives of Breast Cancer*. 2022:96-103, doi:10.32768/abc.20229196-103.

Vapa-Tankosić J, Ignjatijević S, Kiurski J, Milenković J, Milojević I. Analysis of consumers' willingness to pay for organic and local honey in Serbia. *Sustainability*. 2020;12(11):4686, doi:10.3390/su12114686

Verma V, Udayakumar A, Pandhi S, Kumar A, Paswan V. Analysis of physicochemical characteristics of pauttika honey procured from Uttar Pradesh, India. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 2020;570-583, doi:10.12944/crnfsj.8.2.23.

Wang E. Effect of food service-brand equity on consumer-perceived food value, physical risk, and brand preference. *British Food Journal*. 2015;117(2):553-564, doi:10.1108/bfj-09-2013-0260

Wang L, Wang J, Huo X. Consumer's willingness to pay a premium for organic fruits in China: a double-hurdle analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(1):126, doi:10.3390/ijerph16010126.

Wieseke J, Alavi S, Habel J. Willing to Pay More, Eager to Pay Less: The Role of Customer Loyalty in Price Negotiations. *Journal of Marketing*. 2014;78(6):17-37, https://doi.org/10.1509/jm.13.0104

Williams PR, Hammitt JK. Perceived risks of conventional and organic produce: pesticides, pathogens, and natural toxins. *Risk Analysis*. 2001;21(2):319-330.

Yan S, Wang X, Wu Y, Wang K, Shan J, Xue X. A metabolomics approach revealed an Amadori compound distinguishes artificially heated and naturally matured acacia honey. *Food Chemistry*. 2022; 385:132631.

Yang S, Su Y, Wang W, Hua K. Research on

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- developers' green procurement behavior based on the theory of planned behavior. *Sustainability*. 2019;11(10):2949.
- Yap SK, Chin NL. Kinetic modeling on quality parameters of raw Kelulut honey during dehydration process. *Journal of Food Process Engineering*. 2020;43(6):e13392.
- Yaraş E. Tüketicilerin fiyat algılamalarına yönelik bir araştırma. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*. 2008;8(15):281-300.
- Zarei M, Fazlata A, Tulabifard N. Effect of thermal treatment on physicochemical and antioxidant properties of honey. *Heliyon*. 2019;5(6).
- Zhao K. Sample representation in the social sciences. *Synthese*. 2021;10:9097-9115.
- Zhao Q, Chen CD, Wang JL. The effects of psychological ownership and TAM on social media loyalty: An integrated model. *Telematics and Informatics*. 2016;33(4):959-972.
- Zhu Y. Using the theory of planned behavior to investigate what influences Chinese intention to purchase organic food. *China-USA Business Review*. 2018;17(6):324-333.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

GÖZ İZLEME (EYE TRACKING) ANALİZ YÖNTEMİ İLE DOĞAL BAL TEMALI REKLAMLARIN ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ

Examining the Effectiveness of Natural Honey-themed Advertisements Using by Eye-tracking Analysis

Ahmet UYAR¹, Kübra UYAR

Bolvadin Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi/ Afyon, TÜRKİYE, Yazışma yazarı / Corresponding author E-posta: ahmetuyar@aku.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-7481-4045.

Şuhut Meslek Yüksekokulu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, TÜRKİYE, E-posta: kkilicaslan@aku.edu.tr, ORCID No:0000-0002-3136-8364.

Geliş Tarihi / Received: 15.02.2024

Kabul Tarihi / Accepted: 01.04.2024

DOI: 10.31467/uluaricilik.1438033

ÖZ

Bal endüstrisinde yaşanan rekabet, tüketicilerin artan bilinç düzeyleri bal üreticisi işletmelerin doğal ürünlere yönelmelerine neden olmuştur. Son yıllarda doğal ve organik ürün pazarı gitgide büyümektedir. Tüketiciler katkı maddesi olmayan, doğal olarak üretilen ürünlere yönelmektedir. Özellikle bal endüstrisinde halkı kandırmaya yönelik yapılan tanıtım ve reklamlar sektörü zor durumda bırakmış, üretici firmaları daha fazla pazarlama iletişimi yapmaya itmiştir. Bu nedenle doğal bal temalı reklamlar öne çıkmaya başlamış, üretim süreçleri ile tedarik kaynakları önem kazanmıştır. Çalışmada doğal bal temalı reklamların tüketiciler açısından nasıl değerlendirildiği üzerinde durulmuş ve bu reklamların etkinlikleri incelenmiştir. Araştırmada anket yöntemiyle elde edilen veriler yanında göz izleme metodu kullanılarak da analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere göre tüketicilerin doğal etiketli ürünlere önem verdikleri, satın alma kararlarında bunun önemli bir etmen olduğu, doğal bal reklamlarının özellikle ana mesajının daha etkili ve dikkat çekici bir şekilde sunulması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğal bal, Bal reklamları, Göz izleme metodu

ABSTRACT

Competition in the honey industry has led to an increasing awareness among consumers, prompting honey producers to turn to natural products. In recent years, the market for natural and organic products has been growing steadily. Consumers are opting for products that are free of additives and produced naturally. Misleading promotions and advertisements in the honey industry have put the sector in a difficult position, forcing producers to engage in more marketing communication. Therefore, natural honey-themed advertisements have become prominent, and production processes and supply sources have gained importance. This study focuses on how natural honey-themed advertisements are perceived by consumers and examines their effectiveness. In addition to data obtained through survey methods, analyses were also conducted using eye-tracking methods. According to the obtained data, it has been concluded that consumers attach importance to products labeled as natural, and it is a significant factor in their purchasing decisions. It is necessary to present the main message of natural honey advertisements in a more effective and attention-grabbing way.

Key Words: Natural honey, Honey advertisements, Eye tracking method

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

EXTENDED SUMMARY

Objective: The aim of this study is to analyze the effectiveness of natural honey themed advertisements. In order to achieve this, firstly, the effect of natural honey products on consumer preferences was analysed, participants' attitudes towards natural products were tried to be understood and some questions about this subject were asked to them. In addition, by using the eye tracking method, natural honey-themed advertisements were watched by consumers and researches were conducted. With the data collected from the study, it is emphasized how natural-themed advertisements can be better designed.

Introduction: In recent years, due to the interest in natural products, honey producers often organise natural-themed advertising campaigns in their marketing communications. This situation is observed in all processes from labelling, packaging and advertisement content to slogans. The increasing level of awareness and the importance of natural products also change consumer preferences. It is necessary to understand natural product approaches, which are also part of the marketing strategy, and to evaluate how effective these advertisements are. Making this analysis in terms of increasing competition and trust in the brand gives companies the correct communication language. In addition, evaluating the effectiveness of these advertisements will help companies determine the impact of their marketing efforts and make informed decisions about future advertising strategies. Thus, by emphasising the benefits and uses of natural honey, companies will be able to position their products as a healthier alternative to refined sugar and other sweeteners and easily reach consumers seeking a healthier lifestyle. This would be an important step towards understanding consumers' behaviour, including awareness, interest, beliefs and purchase intention.

Materials and Methods: In the study, 34 participants were asked 6 questions with a 5-point Likert Scale. In addition, one multiple preference question and 4 questions were asked to understand the demographic characteristics of the participants. The data collected by questionnaire method were analyzed with the help of SPSS software. The data obtained with the help of Cross-Tests, Cronbach Alpha, t-Test, and Analysis of Variance were interpreted. In addition, two honey commercials were shown to the participants and the effectiveness

of these commercial films was investigated with the help of eye tracking. The metrics such as Attention, Time Spent, Avg. Fixation Duration, The Time to First Fixation (TTFF), Avg. Revist were also used in the analysis of the study.

Results and Discussion: In the study, it was found that the participants attach importance to natural products, these products have a positive effect on the purchase decision, the most effective advertising medium is seen as television, and products labelled with natural honey give more confidence. In addition, it has been concluded that consumers find the use of celebrities in advertisements valuable and want information about the production processes of honey. In addition, since it is understood that the demographic characteristics of consumers differentiate their approach to natural products, the importance of segmentation has been revealed. When the data obtained with the eye tracking method are examined, it is concluded that the attention of the viewers decreases in the last parts of the advertisements, there is no significant difference between emotional and informative advertisement types in terms of consumers' active viewing, and that it would be beneficial to make the messages to be given in the middle of the screen.

GİRİŞ

Yiyecek ve içecek endüstrisinde doğal içerikli ürünler önem kazanmaktadır. Bunun nedeni tüketiciler arasında doğal ve organik ürünlere olan ilginin her geçen gün artmasıdır. Gıda endüstrisi yüksek kalori sorunu sebebiyle şeker gibi geleneksel tatlandırıcıların yerine geçecek alternatifler aramaktadır. Düşük kalorili veya kalorisiz tatlandırıcılara olan talep yüksektir ve doğal bal, dünya çapındaki yiyecek/içecek üreticileri için ideal bir seçim haline gelmeye başlamıştır (Pnewswire 2023). Son yıllarda yapılan bilinçlendirme çabaları tüketicilerin doğal ürünlere daha fazla ilgi göstermelerine neden olmuştur.

İlgili literatürdeki çalışmalara bakıldığında tüketicilerin bal tercih ederken doğallığa, kaliteye ve ambalajlara odaklandıkları anlaşılmaktadır. Örneğin Niyaz ve Demirtaş (2017) tarafından yapılan çalışmada tüketicilerin bal alırken ambalaja önem verdikleri ve Arıcılar Birliği gibi kurumlara güvendikleri görülmektedir. Paydaş ve Semerci (2001) tarafından yapılan çalışmada da insanların öncelikle doğal bal aradıkları, kaliteli olarak

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

düşündükleri ürünlere yöneldikleri, Şahiner vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada ise tüketicilerin yaş, eğitim, gelir düzeyi gibi değişkenlerinin bu tercihleri şekillendirdiği anlaşılmıştır.

Dünyadaki farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda da tüketicilerin bal tercih ederken doğal ve organik ürünlere yöneldikleri görülmektedir (Cela, vd. 2019, Juma, vd. 2016, Nabwire, 2016, Sparacino, vd. 2022,). Örneğin İtalya'da yapılan bir araştırmada, katılımcıların yaklaşık %66'sının sağlık özellikleri için bal tükettikleri, renk, menşei, organik sertifikasyon gibi faktörlerin bu tüketimleri etkilediği görülmektedir (Zanchini vd. 2022). Jakarta'da yapılan bir araştırmada ise, genç tüketicilerin özellikle COVID-19 salgını sırasında vücut bağışıklığını ve dayanıklılığını artırmak için bal tükettiğini ortaya koymaktadır (Elsadibah, vd. 2023). Göz izleme yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalarda 20-35 yaş arası genç tüketicilerin bal satın alırken, ambalajlarda en fazla üreticinin markasına ve ürünün ismine baktıkları anlaşılmıştır. Kavanozun ağırlığı ve grafik tasarımı en az dikkat çeken öğelerdir (Hazuchová, vd. 2018).

Tüketiciler tarafından tercih edilen bal markaları, reklam ve pazarlama stratejisini doğru gerçekleştiren firmalardan oluşmaktadır (Anonim 2010). İyi tanıtımı yapılan ürünler marka olmayı başarabildikleri için kolayca güven unsuru haline gelebilmektedir. Özellikle doğal ve organik etiketli ürünlerin sıkça reklamı yapılmaya başlamıştır. "Doğal" veya "Organik" gibi etiketlerin kullanılması tüketicilerde olumlu beklentiler yaratmış, bu ürünlerin sağlıklı, çevre dostu ve daha kaliteli olarak algılanması satın almaya yönelik tutum ve niyetleri arttırmıştır (Kapoor vd. 2022, Kumar vd. 2021, Schirmacher, vd. 2023).

Doğal vurgusu yapan reklam ve etiketler yanında ürün ambalajlarının da tüketicilerin satın alma davranışları üzerinde bir etkisi vardır. Ülke çapında yapılan çalışmalarda, cam kavanozdaki markalı balların tüketicilerin büyük çoğunluğu tarafından olumlu karşılandığı ve satın alma davranışları üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır (Bölüktepe ve Yılmaz 2006). Yapılan çalışmalarda tüketicilerin cam kavanozlu ürünleri tercih ettikleri, cam kavanozun üzerindeki ifadeleri okudukları, televizyondan bilgi edindikleri ve organik bal için ekstra para ödemeye hazır oldukları anlaşılmıştır. (Saner vd. 2011). Bunun yanında tüketiciyi kandırmaya yönelik yapılan bazı reklamların ise sektörü olumsuz etkilediği ve

tüketicilerin güvenini kırmaya başladığı görülmektedir (Sıralı 2013, Sayılı 2013). Televizyonlarda doğrudan pazarlama adı altında balda taklit ve taşış yaparak satış yapan kişi ve kurumların tüketiciler üzerinde negatif etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle reklamlarda balın üretim süreçleri, paketlenme ve ambalajlama sistemleri, üretim şekilleri ve içeriği hakkında bilgi verilmesi önemlidir. Ayrıca üreticilerin reklamlarında marka vurgusu yapmaları da müşteri sadakati ve bağlılığı yaratarak, güven konusunda yaşanan sıkıntıları gidermeye yardımcı olmaktadır.

Bal üreticisi firmaların reklamlarını oluştururken şu noktaları dikkat etmeleri gerekmektedir; (Pacificfarmers 2021).

- Ürünü diğer markalardan ayıran özellikler anlatılmalıdır.
- Ürün içeriği ve paketlenme süreçleri hakkında bilgi verilmelidir.
- Dikkat çekici bir logo ve sembole sahip olmalıdır.
- Sertifikalar ve garanti belgeleri içeriyorsa mutlaka reklamda yer almalıdır.
- Sağlık konusuna vurgu yapılmalıdır.
- İzleyicilerin aklında yer edinecek, etkileyici bir slogana sahip olmalıdır.
- Akıcı ve tempolu bir atmosfer oluşturulmalıdır.

Bal üreticisi firmalar iyi bir pazarlama iletişimi oluştururken öncelikle tüketicilere aktarmak istedikleri bir marka kişiliği oluşturmaları gerekmektedir. Bu marka rakiplerinden onları farklı kılacak özellikler barındırmalıdır. Örneğin doğal/organik bal veya en besleyici ya da yerli üretim gibi vurgular tüketici zihnindeki konumlandırmayı olumlu yönde etkilemektedir. Yenilik ve markayı diğerlerinden ayıran özellikler firmanın hatırlanmasına ve tutundurmasına katkı sağlamaktadır. Bunun yanında hedef kitleye uygun tanıtımlar yapılmalıdır. Örneğin hedef kitle çocuklar ise onlara uygun bir reklam atmosferi oluşturulmalı, paket ve şişeler çocukların ilgisini çekecek şekilde hazırlanmalıdır. Tüketicilerin aklında kalacak olan ve şirketin misyonunu anımsatan bir logo kullanılmalıdır (Pacificfarmers 2021). Logo kullanımı reklam filmlerinde uzun süre hatırlanacak bir cıngıl ile desteklenmelidir. Bunun yanında iyi bir slogan bulunmalı, şirketin tarihine ve geçmişine gönderme yapılmalıdır. Özellikle afiş, billboard gibi görsel ilanlarda sade bir dizayn tercih edilmeli, tüketicinin kafasını karıştıracak mesajlardan ve bilgilerden

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

kaçınılmalı, olabildiğince basit ancak akılda kalıcı bir dil oluşturulmalıdır (Sullivan 2013).

Çalışmada bal üreticisi firmaların doğal bal sloganlı reklam çabaları, anket ve Nöropazarlama cihazlarından biri olan göz izleme yöntemleriyle araştırılmıştır. Böylece tüketicilerin doğal bal reklamlarına karşı yaklaşımları anlaşılmasına çalışılmıştır.

Nöropazarlama, müşteri davranışını ve karar verme süreçlerini anlamak için pazarlama, psikoloji ve nöroloji unsurlarını birleştiren bir alandır. Müşterilerin geleneksel pazarlama araştırma yöntemleri tarafından anlaşılamayan bilişsel ve duygusal tepkileri hakkında fikir edinmek için beyin taraması, göz izleme, deri iletkenliği gibi araç ve teknikleri kullanılmaktadır (Dangwal vd. 2023).

Nöropazarlama araştırmalarının önemli bir parçası olan Göz izleme (Eye Tracking) bakış noktasını (bakılan yer) veya gözün başa göre hareketini ölçme işlemine verilen isimdir. Göz takip cihazı, göz konumlarını ve göz hareketlerini ölçen bir cihazdır. Göz izleyicileri görsel sistem araştırmalarında, psikolojide, pazarlamada, insan-bilgisayar etkileşimi için bir girdi cihazı olarak ve ürün tasarımında kullanılmakta, anket, mülakat gibi geleneksel tekniklerin yetersiz olduğu çalışmalarda araştırmacılara görsel verilerin nörolojik unsurlarla analiz edilmesine imkân tanımaktadır (Becan ve Alan 2022, Wikipedia 2023). Ayrıca göz takibi, işletmelerin tüketici karar verme süreçlerine dair iç görü kazanmasına yardımcı olarak daha etkili pazarlama kampanyalarına olanak tanımaktadır. Hem kontrollü hem de kontrolsüz göz izleme deneyleri, bakış kalıpları ve duygusal tepkiler de dâhil olmak üzere tüketici davranışları hakkında değerli veriler sağlayarak ürün yerleştirme ve markalama kararlarına yardımcı olmaktadır (Netscribes 2023).

GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırmada birincil veriler kullanılmıştır. Doğal bal mesajlı reklamların tüketici üzerindeki etkisi göz izleme (Eye Tracking) ve anket yöntemi birlikte kullanılarak araştırılmıştır.

Çalışmada RelaEye firması tarafından geliştirilen yapay zekâ destekli göz izleme uygulaması kullanılmıştır. RealEye, yapay zekâyı çalıştırmak için normal bir PC/dizüstü bilgisayarın bilgi işlem gücünü kullanmakta, (Derin sinirsel ağ) web kamerasından

gelen görüntüleri analiz etmektedir. RealEye tarafından geliştirilen yapay zekâ panelistin yüzünü algılamakta, katılımcıların bakışlarını analiz etmektedir. Bu işlemi katılımcılar için tümüyle güvenli bir web tabanlı bir kameradan gerçekleştirmektedir (Fazio vd. 2020). RealEye platformu, 60 Hz örnekleme hızında göz izleme testlerinin yapılmasına olanak sağlamaktadır (Realeye.io 2024). Bunun anlamı göz takip cihazının saniyede 60 ayrı bakış noktasına sahip olduğunu göstermektedir (Farnsworth 2023). Göz izleme çalışmasının web tabanlı yapılması ve katılımcının herhangi bir cihaz bağlanmaması, insanların kendilerini daha rahat bir atmosferde hissetmelerine neden olmaktadır.

Göz izleme çalışmasında katılımcılara doğal bal temalı iki film olan Balparmak firmasının “Özenle Seçilen Bal.” ve Seğmen firmasının “Doğadan Süzülen Lezzet” sloganlı reklam filmleri izletilmiştir. Reklamlar seçilirken mesaj çerçeveleme teorisi kullanılmıştır. Mesaj çerçeveleme teorisi insanların aynı soruna farklı tepki verdikleri varsayımına dayanmaktadır. Mesaj çerçeveleri kazanç ya da kayıp olabilir, soyut ya da somut olana odaklanabilir. Reklamlar çekicilikleri açısından rasyonel ya da duygusal olarak da sınıflandırılabilir (Florence vd. 2022). Çalışmada Aslı Bekiroğlu isimli oyuncunun yer aldığı “Özenle Seçilen Bal” isimli ilk reklam; ünlü kullanımı ve içeriğindeki dostluk gibi bazı duygusal öğeler nedeniyle duygusal reklam kategorisine girmektedir. İkinci reklam olan “Doğadan Süzülen Lezzet” isimli reklam ise bal üretim süreçlerini anlattığı ve firma hakkında bilgi verdiği için rasyonel reklam kategorisinde değerlendirilmiştir. Çalışmada bu iki reklam filmi izletildikten sonra katılımcılara 5’li Likert Ölçeğiyle 11 sorudan oluşan bir anket uygulanmıştır. Anketteki ölçek geliştirilirken Sıralı’nın (2015) ve Coşkun’un (2019) çalışmalarından yararlanılmıştır. Elde edilen veriler SPSS 15.0 ile değerlendirilerek, frekans ve yüzde dağılımları yapılmış, Çapraz testlere, Cronbach Alpha, t-Testi, ve Varyans Analizi ’ne tabi tutulmuştur.

Araştırmanın örneklemi 20 ila 75 yaş aralığında bulunan tüketicilerden oluşmaktadır. Göz izleme çalışmalarında hareketli bir reklam filmi izlerken %90 güç etkisi oranına ulaşmak için 34 katılımcı yeterlidir (Şenduran 2019). Bu nedenle çalışmaya 34 katılımcı dâhil edilmiştir. Katılımcılar kolayda örneklem metoduyla belirlenmiştir. Katılımcıların çevreden gelen ses, gürültü gibi faktörlerden etkilenmemeleri için sessiz bir ortam oluşturulmuş, ekrandan çok

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

uzak olmayacak biçimde standart bir mesafe (65 cm) ayarlanarak oturma düzeni sağlanmıştır. Ayrıca toplanacak verilerin bilimsel amaçlı olarak kullanılacağı konusunda güvence verilmiş, etik kurul onamı için izinleri alınmıştır.

Göz izleme metodunda şu metriklere bakılmıştır (Realeye 2024);

Dikkat (Attention): Reklamı izleyenlerin ne kadar dikkatli biçimde görüntüleri takip ettiklerini göstermektedir.

Harcanan Zaman (Time Spent): Katılımcıların seyrettikleri filmi ne kadar süreyle ilgi duyarak izlediklerini göstermektedir. Bu değer arttıkça görselin ne kadar ilgiyle izlendiği anlaşılmaktadır.

Ortalama Sabitlenme Süresi (Avg. Fixation Duration): İzlenen reklama ortalama olarak kaç saniye sabitlenme yaşandığını göstermektedir. Süre, bir katılımcının anlama düzeyini veya karmaşıklığını gösterebilir. Daha uzun süreli sabitlenmeler daha fazla karmaşıklıkla ilişkilidir (Cullipher vd. 2018).

Ortalama İlk Sabitlenme Süresi (TTFF): İlk odaklanma zamanını göstermektedir. Değeri düşüğe ilgili alanın fark edilme hızı artmış olmaktadır.

Ortalama Tekrar ziyaret (Avg. Revist): Bir katılımcının bakışlarının belirli bir noktaya kaç kez çevirdiği hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu, hangi alanların katılımcıların ilgisini çektiğini (iyi ya da kötü) ve hangi alanların görüldüğünü ancak daha sonra oradan uzaklaşıldığını göstermektedir. Katılımcı, hoş olduğu için, kafa karıştırıcı olduğu için, hatta sinir bozucu olduğu için görüntünün belirli bir alanına tekrar bakabilmektedir. Göz takibi, birinin bir şeye bakarken nasıl hissettiğini söyleyemese de, neyin daha fazla incelenmesi gerektiği konusunda veri sağlayabilmektedir (Farnsworth 2023).

Isı Haritaları: Göz izlemedeki (Eye Tracking) Bir kişinin gözlerinin nereye, ne kadar süreyle odaklandığının nicel bir temsilini sağlamakta ayrıca bireylerin bakış kalıplarını analiz etmek ve görselleştirmek için kullanılmaktadır. Isı haritasındaki renkler bakışın süresini, renk hücrelerinin konumu ise bakışın yerini göstermektedir (Ghosh vd. 2021).

Bir anket alışmasında verileri analiz ederken istatistiksel anlamda daha güçlü sonuçlar almak için parametrik testlere başvurmak gerekmektedir. Ölçeğin parametrik testler ile değerlendirilebilmesi

için bazı ön koşullara ihtiyaç vardır. Bunun için örneklem sayısı 30'ün üzerinde olmalı, veriler normal dağılımı sahip olmalı, denekler birbirinden bağımsız olmalı ve rastgele seçilmelidir (Can 2014). Çalışmada verilerin normal dağılıma sahip olması için ölçekteki maddelerin Çarpıklık ve Basıklık değerlerinin (Skewness ve Kurtosis) +1,5 ile -1,5 aralığında olması gerekmektedir (Tabachnick vd. 2013). Yapılan normallik testi sonucunda elde edilen verilerin tamamının +1,5 ile -1,5 değerleri aralığında olması, katılımcı sayısının 30'ün üzerinde olması, katılımcıların rastgele seçilmesi ve birbirlerinden bağımsız olmaları nedeniyle parametrik testler kullanılmıştır.

BULGULAR

Tüketicilerin Demografik Yapısı

Göz izleme (Eye Tacking) ve anket çalışmasına toplamda 34 tüketici katılmıştır. Katılımcıların 20'si kadın 14'ü erkeklerden oluşmaktadır. Katılımcıların %35'i 21-30 yaş arasındadır. %47'si lisans düzeyinde üniversitelerden mezundur. Evlilerin oranı %61,8 bekârların oranı ise %38,2'dir.

Güvenilirlik Analizi

Anketin güvenilirliğini belirlemek için Cronbach Alfa analizi yapılmıştır. Bu analiz; anket içindeki maddelerin kendi içinde tutarlılığını göstermekte, anketin homojen yapısını belirlemek için yapılmaktadır (Yıldız ve Uzunsakal 2018). Analiz sonucunda çalışmanın Cronbach Alfa değeri, 781 olarak hesaplanmıştır. Çıkan sonuca göre anket güveniliridir.

Tüketicilerin Doğal Bal Konusuna Yaklaşımları

Tüketicilere doğal bal konusunda düşünceleri sorulmuştur. Elde edilen verilere göre katılımcıların en fazla katıldıkları ifade "Bal reklamlarında balın nerden geldiği ve nasıl tüketime hazır hale getirildiği anlatılmalıdır." düşüncesidir. Çalışmaya göre katılımcılar "Reklamlarda gösterilen doğal bal etiketi balın sağlıklı bir ürün olduğunu gösterir." ifadesine en az oranda katılmıştır. En düşük oranı elde etmesine karşın yine de bu ifadeye katılım oranı yüksektir. Tablo 2 genel olarak değerlendirildiğinde tüketicilerin reklamlarda bal üretim süreçleriyle ilgili bilgi edinmek istedikleri, kavanoz üzerindeki doğal ifadesine dikkat ettikleri anlaşılmaktadır.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tüketicilerin Bal reklamlarına Karşı Yaklaşımları

Çalışma kapsamında tüketicilere ayrıca en etkili bal reklam mecrası hangisidir? Diye bir soru

yöneltilmiştir. Elde edilen verilere göre katılımcıların %64'ü bal reklamı yaparken en etkili mecranın televizyon olduğunu düşünmektedir.

Tablo 1. Tüketicilerin demografik özellikleri

Table 1. Demographic characteristics of consumers

DEĞİŞKENLER	N	Yüzde	DEĞİŞKENLER	N	Yüzde
Cinsiyet			Medeni Durum		
Erkek	20	41,2	Evli	21	61,8
Kadın	14	58,8	Bekâr	13	38,2
Toplam	34	100	Toplam	34	100
Yaş Grupları			Öğrenim		
21-30	12	35,3	İlköğretim	0	0
31-40	2	5,9	Ortaokul	2	5,9
41-50	9	26,5	Lise	7	20,6
51-60	8	23,5	Lisans	16	47,1
60 ve üzeri	3	8,8	Lisansüstü	9	26,5
Toplam	34	100	Toplam	34	100

Tablo 2. Katılımcıların doğal bal ürünlerine karşı yaklaşımları

Table 2. Participants' attitudes towards natural honey products

İfadeler	N	X	Standart Sapma
Reklamlarda gösterilen doğal bal etiketi balın sağlıklı bir ürün olduğunu gösterir.	34	3,35	1,089
Reklamlarda gösterilen doğal bal etiketi ürünün güvenilir olduğunu gösterir.	34	3,50	1,161
Bal alırken bal kavanozu üzerindeki etikette doğal ifadesi var mı diye bakarım.	34	3,76	1,156
Bal reklamlarında ünlü kullanılması dikkat çekiciliği artırır.	34	3,47	1,187
Bal reklamlarında balın nerden geldiği ve nasıl tüketime hazır hale getirildiği anlatılmalıdır.	34	4,03	1,029
Reklamlarda gördüğüm "doğal bal" ifadesi ürünü satın almama neden olur.	34	3,47	1,187

Tablo 3. Tüketicilerin bal reklamı mecralarına karşı yaklaşımları

Table 3. Consumers' attitudes towards honey advertisement media

Mecra	Sayı	Yüzde
Televizyon	22	64,7
Sosyal Medya	8	23,5
Billboard	1	2,9
El İlanı /Afiş	2	5,9
Arama Motorlar (Google, Yandex vd.)	1	2,9
Toplam	34	100

Tablo 4'de yaşa göre bal reklam mecralarının etkinliği gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre gençler daha çok sosyal medyanın iyi bir reklam

mecrası olduğunu düşünürken, orta yaş ve yaşlılarda TV reklamlarının daha etkin olduğu düşüncesi hâkimdir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo 4. Tüketicilerin bal reklamı mecralarına karşı yaklaşımlarının yaşa göre karşılaştırılması

Table 4. Consumers' attitudes towards honey advertisement media by age

Yaş/Mecra	TV Reklamı	Sosyal-Medya	Billboard	El İlanı/Afiş	Arama Motorlar	Toplam
20-30	4	6	1	0	1	12
31-40	1	1	0	0	0	2
41-50	7	1	0	1	0	9
51-60	7	0	0	1	0	8
61 ve üzeri	3	0	0	0	0	3
Toplam	22	8	1	2	1	34

Tüketicilerin Doğal Bal Ürünlerine Karşı Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

Tüketicilerin doğal bala karşı ilişkin görüşlerinin, cinsiyetlere göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için yapılan t-Testi sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir. Doğal bal ifadesinin satın alma üzerindeki etkisi cinsiyetlere göre farklılık göstermektedir. Buna göre erkekler kadınlara oranla

reklamlarda doğal bal ifadesini gördüklerinde o ürünü daha fazla satın alma eğilimindedirler.

Tüketicilerin doğal bala karşı görüşlerini medeni durumlarıyla karşılaştıran Tablo 6'ya göre evli katılımcılar bekâr katılımcılara oranla doğal bal reklamlarını gördüklerinde o ürünü daha fazla satın alma eğilimi duymaktadırlar.

Tablo 5. Tüketicilerin doğal bala ilişkin düşüncelerini cinsiyete göre karşılaştıran t-testi

Table 5. T-Test comparing consumers' opinions on natural honey according to gender

Boyutlar	Cinsiyet	n	X	p
Reklamlarda gördüğüm "doğal bal" ifadesi ürünü satın almama neden olur	Erkek	14	4,00	,27
	Kadın	20	3,10	

$p < 0.05$, X:Aritmetik Ort.

Tablo 6. Tüketicilerin doğal bala ilişkin düşüncelerini medeni durumlarına göre karşılaştıran t-testi

Table 6. T-Test comparing consumers' opinions on natural honey according to marital status

Boyutlar	Medeni Durum	n	X	p
Reklamlarda gördüğüm "doğal bal" ifadesi ürünü satın almama neden olur	Evli	21	3,86	,13
	Bekar	13	2,85	

* $p < 0.05$, X:Aritmetik Ort.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo 7. Tüketicilerin doğal bala ilişkin düşüncelerini yaşlarına göre karşılaştıran t-testi

Table 7. T-Test comparing consumers' opinions on natural honey according to their age

Boyutlar	Yaş	n	X	*P
Reklamlarda gördüğüm “doğal bal” ifadesi ürünü satın almama neden olur	20-30	12	2,75	,002
	31-40	2	5,00	
	41-50	9	3,22	
	51-60	8	3,88	
	61 ve üzeri	3	5,00	

*p< 0.01, X:Aritmetik Ort.

Tüketicilerin doğal bal reklamlarına karşı yaklaşımlarını yaşlarına göre karşılaştıran Tablo 7'ye göre doğal bal reklamların satın alma üzerindeki etkisi 20-30 yaş grubu arasında en az yaşanmaktadır. Genel olarak yaş ilerledikçe reklamların satın alma üzerindeki etkisi de artmaktadır.

Tüketicilerin Reklamlara Dikkat Ortalamaları ve Sabitlenme Değerleri

Çalışma kapsamında tüketicilere 2 adet reklam filmi izletilmiş, Göz izleme metodu (Eye tracking) kullanılarak dikkat ve sabitlenme değerleri analiz edilmiştir. İlk reklam filmi Balparmak firması tarafından yapılan “Özenle Seçilen Bal” isimli reklamdır. Bu reklamda ünlü kullanımı uygulanmış, duygusal öğelere yer verilmiştir. Reklamın ana mesajı firmanın “doğal bal” üretimi yaptığıdır. Çalışmada kullanılan ikinci reklam olan “Doğadan Süzülen Lezzet” isimli reklam ise Seğmen firması tarafından yapılmıştır. Reklam fabrikadaki bal üretim süreçlerini anlatmakta ve firma hakkında bilgi vermektedir. Bu reklamın da ana fikri firmanın doğal bal üretimi yaptığı ve bunu el değmeden, modern yöntemlerle gerçekleştirildiğidir. İki reklam da farklı vurgular yaparak benzer mesajlar vermeye çalışmıştır. Bu nedenle çalışmada duygusal bir reklam olan ilk reklam ile rasyonel mesajlar veren ikinci reklam karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 8’de gösterilmektedir.

Dikkat değeri bir reklamın tüketiciler tarafından ne kadar dikkatli bir şekilde izlendiğini göstermektedir. Göz izleme çalışmalarında önemli bir veri olarak kabul edilmektedir. Katılımcılar tarafından ilk reklama gösterilen dikkat ortalaması 0,32 ikinci reklama ise 0,34 seviyesindedir. Katılımcıların ikinci reklama gösterdikleri dikkat değeri daha fazladır. Ancak verilerin birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Ortalama sabitlenme süresi, izlenen reklama ortalama olarak kaç saniye sabitlenme yaşandığını göstermektedir. Uzun süreli sabitlenmeler reklam içinde anlama düzeyini gösterebildiği gibi reklamdaki karmaşıklıktan da kaynaklanabilmektedir. Birinci ve ikinci reklama ortalama sabitlenme süresi eşit çıkmıştır (0,29).

Tekrar ziyaret bir noktaya bakma sonra bakışını başka noktaya çevirme ve tekrar ilk noktaya geri çevirme anlamına gelmektedir. Ortalama tekrar ziyaret bir izleyicinin bakışlarının belirli bir noktaya kaç kez çevirdiği hakkında bilgi sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar bir kişinin 20 milisaniyede ekranda beliren görüntü algılayabildiğini ve ekrana bir saniyede birden fazla bakış atabildiğini göstermektedir (Delmore vd. 2018). Hareketli reklamlarda bazı sahnelerin birkaç saniyeden daha fazla ekranda kalması, katılımcıların aynı noktaya defalarca bakmasına olanak tanımaktadır. Aynı noktaya tekrar bakma beğenilen bir görselden kaynaklanabildiği gibi beğenilmeyen hatta nefret edilen bir görüntüden de kaynaklanabilir. İlk reklamda ortalama tekrar ziyaret 5,74 ikinci reklamda ise 4,62 seviyesindedir. İlk reklamda katılımcıların belirli noktalara tekrar tekrar bakma eğilimleri daha fazladır.

Ortalama ilk sabitlenme süresi izleyicilerin ne kadar süre içinde reklama odaklanmaya başladıklarını göstermektedir. Değer ne kadar düşük olursa katılımcıların reklama olan ilgisinin o kadar kısa sürede başladığı anlaşılmaktadır. Çalışmadan elde edilen verilere göre birinci reklama ilk sabitlenme süresi 0,76 iken ikinci reklama 0,69 seviyesindedir. Tüketiciler ikinci reklama daha hızlı bir şekilde odaklanmaya başlamışlardır.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo 8. Tüketicilerin dikkat ve sabitleme değerleri

Table 8. Consumers' attention and fixation values

	N	Ortalama	Std. Sapma
Balparmak Reklamı			
Ortalama Sabitleme Süresi:	34	,2941	,04222
Dikkat	34	,3288	,14043
Ortalama Tekrar ziyaret:	34	5,24	4,973
Ortalama İlk Sabitleme Süresi:	34	,7615	,13731
Seğmen Reklamı			
Ortalama Sabitleme Süresi:	34	,2965	,04341
Dikkat	34	,3432	,09486
Ortalama Tekrar ziyaret:	34	4,62	4,171
Ortalama İlk Sabitleme Süresi:	34	,6988	,15490

Tablo 9'da göz izleme çalışmasından elde edilen dikkat ve odaklanma değerlerinin cinsiyetlerine göre karşılaştırılması yer almaktadır. Reklama gösterilen dikkatin ve odaklanmanın farklılık gösterip göstermediğini anlamak için Tablo 9'daki değerlere bakmak gerekmektedir. Çalışmada erkekler Balparmak firmasına ait olan ilk reklama daha fazla dikkat etme eğilimindeyken, kadınlar bilgilendirici reklam kategorisindeki Seğmen firmasının

reklamına daha fazla dikkat göstermişlerdir. Ancak bu fark istatistiki olarak anlamlı değildir.

Balparmak reklamı özelinde kadınlarla erkekler arasında ortalama tekrar ziyaret istatistiki olarak anlamlı bir farklılığa sahiptir. Kadınların Balparmak firmasının reklamında yer alan görsellere tekrar ziyaretleri daha fazladır.

Tablo 9. Tüketicilerin göz izleme değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırılması

Table 9. Comparison of eye tracking values of consumers by gender

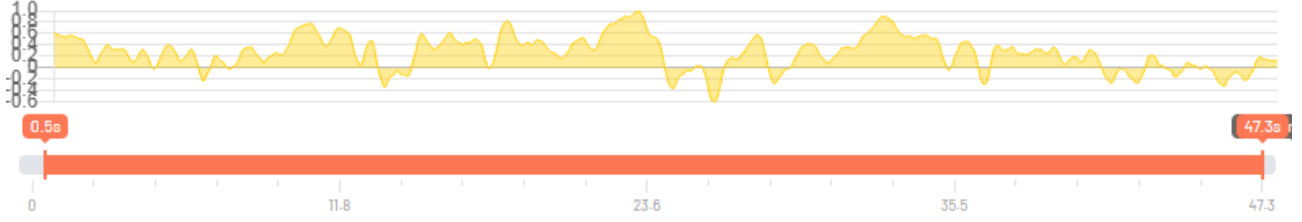
	Cinsiyet	N	Ortalama	Sig.
Balparmak Reklamı				
Ortalama Sabitleme Süresi:	Erkek	14	,29	
	Kadın	20	,29	
Dikkat	Erkek	14	,37	
	Kadın	20	,29	
Ortalama Tekrar ziyaret:	Erkek	14	2,36	
	Kadın	20	7,25	
Ortalama İlk Sabitleme Süresi:	Erkek	14	,73	
	Kadın	20	,78	
Seğmen Reklamı				
Ortalama Sabitleme Süresi:	Erkek	14	,30	
	Kadın	20	,29	
Dikkat	Erkek	14	,31	
	Kadın	20	,36	
Ortalama Tekrar Ziyaret:	Erkek	14	3,64	
	Kadın	20	5,30	
Ortalama İlk Sabitleme Süresi:	Erkek	14	,67	
	Kadın	20	,71	

* p< 0.01

Şekil 1'de birinci reklam olan Balparmak firması tarafından yapılan "Özenle Seçilen Bal" isimli reklamın dikkat grafiği gösterilmektedir. Reklam boyunca genel olarak tüketicilerin dikkat değerleri eksiye (-) düşmemiştir. Şekle göre reklamın en dikkat çeken noktası 23,6. saniyede gerçekleşmiştir.

35,5. saniyeden sonra ise izleyicilerin reklama olan ilgi azalmıştır. Reklamın bu saniyesinden sonra markanın isminin gösterilerek vurgulanması ve ana mesaj olan doğal bal vurgusunun yapılması nedeniyle izleyicilerin ilgisinin düşmüş olması reklamın etkinliği açısından iyi değildir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE



Şekil 1. Tüketici dikkat grafiği (Balparmak reklamı)

Figure 1. Consumer attention graphic (Balparmak Advertisement)

Aşağıdaki görselde “Özenle Seçilen Bal” isimli reklamın tüketiciler tarafından en fazla dikkat çeken sahnesinin ısı haritası gösterilmektedir. Söz konusu sahnede reklamın ana karakterine kamera yaklaşmış, dış ortam sesi kesilmiş, reklamdaki geniş açış yok edilerek tüketicilerin ekrana odaklanması

sağlanmıştır. Bu nedenle reklamın en dikkat çekici noktası burası olmuştur. Görsel 1’deki ısı haritasına göre izleyiciler doğrudan Aslı Bekiroğlu’nun verdiği mesaja ve söylediği sözlere odaklanmaktadır. Reklamın en dikkat çekici sahnesinde izleyicilerin dikkat değerinin ortalaması 1,06’dır.



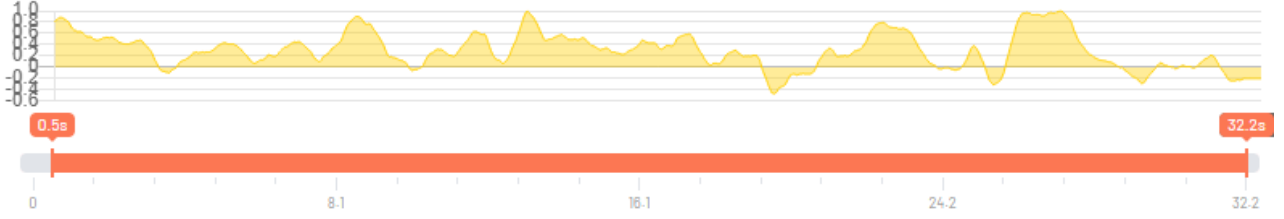
Resim 1. Balparmak reklamında dikkat değerinin en yüksek olduğu sahneye ait sıcaklık haritası

Figure 1. Temperature map of the scene with the highest attention value in the Balparmak advertisement

Şekil 2’de ikinci reklam olan Seğmen firması tarafından yapılan “Doğadan Süzülen Lezzet” isimli reklamın dikkat grafiği gösterilmektedir. Grafiğe bakıldığında izleyicilerin genel dikkat değerlerinin eksiye (-) düşmediği görülmektedir. Şekle göre reklamın en dikkat çeken noktası 25,9. saniyesinde gerçekleşmiştir. Bu noktada dikkat ortalaması 1,7

olarak kaydedilmiştir. 27. saniyeden sonra ise izleyicilerin ilgisi hızla düşmüştür. Reklamın ana mesajının verildiği ve sloganın ön plana çıkarıldığı bu noktada ilginin kaybolmuş olması reklamın etkinliği açısından iyi değildir. Reklamın en düşük dikkat ortalaması 19,2. saniyesinde kaydedilmiştir. Bu noktada dikkat ortalaması – 0,46’dır.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE



Şekil 2. Tüketici dikkat grafiği (Seğmen reklamı)

Figure 2. Consumer attention graphic (Seğmen advertisement)

Aşağıdaki görselde “Doğadan Süzülen Lezzet” isimli reklamın en çok dikkat çeken saniyesindeki görsel ısı haritasıyla birlikte paylaşılmıştır. Bu sahnede gölgeler arasından çıkan bal şişesi izleyicilerin dikkatini oldukça çekmiştir (Dikkat ortalaması: 1,07). Hemen bu sahneden sonra ise reklamın ana mesajı

olan “doğan süzülen lezzet” sloganı gelmektedir. Reklamın bu kısmı çıktığında izleyicilerin dikkati hızlı bir şekilde düşmüştür (Dikkat ortalaması; -0,27). Bu nedenle dikkat çeken bir sahneden sonra klasik bir geçiş reklamın etkinliğini düşürmüştür, ana mesajın etkisini azaltmıştır.



Resim 2. Seğmen reklamında dikkat değerinin en yüksek olduğu sahneye ait sıcaklık haritası

Figure 2. Temperature map of the scene with the highest attention value in the Seğmen advertisement

İki reklamda da hikâye içinde bahsedilen “doğal bal” vurgusu reklam sonunda ana mesaj olarak izleyiciye gösterilmiştir. Aşağıdaki görsellerde reklamların doğal bal sloganının belirtildiği durumlarda ısı haritalarıyla oluşturulmuş, tüketicilerin en fazla dikkat ettikleri bölgeler aydınlatılmış diğerleri karartılmıştır.

Görsel 3’de Balparmak reklamına ilişkin ana sloganın yer aldığı sahne gösterilmektedir. Reklamda son sahne olan ve logo, slogan, iletişim bilgisi gibi görselleri içerebilen bu reklamın en çarpıcı kısmına “Packshot” adı verilmektedir (112art 2023).

Balparmak reklamında yer alan Packshot sahnesinde katılımcılar ekranın tam orta noktasına bakmışlar ve reklamın ana sloganını kısmen okumuşlardır. Genel olarak göz izleme çalışmalarında elde edilen bulgular reklamın orta noktasının en fazla takip edilen yer olduğunu göstermektedir (Brasel ve Gips 2008, Tatler 2007). Bu reklamda da merkez nokta en fazla dikkat edilen bölge olmuştur. Mesajın ekrana yayılmış olması, geniş bir açıyla sahnenin çekilmesi nedeniyle ana mesaj tümüyle okunmamış olabilir. Bu durum ise reklam mesajının tüketiciler tarafından hatırlanma ihtimalini azaltabilir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE



Resim 3. Balparmak reklamda doğal bal sloganının çıktığı sahneye ait görsel harita

Figure 3. Visual map of the scene where the slogan of natural honey appears in the Balparmak advertisement

Görsel 4'te Seğmen reklamına ilişkin ana sloganın yer aldığı sahne gösterilmektedir. İzleyiciler ekranın sağ alt köşesinde olmasına karşın "doğadan süzülen lezzet" yazısını okumuşlardır. Ana mesajın okunması reklam açısından olumludur. Bu durum

tüketicilerin sloganı hatırlama oranını arttırabilir. Firmanın markasının ise yeterince dikkat çekmemiş olması reklamı yapan firmanın hatırlanması açısından olumsuz bir durumdur.



Resim 4. Seğmen reklamında doğal bal sloganının çıktığı sahneye ait görsel harita

Figure 4. Visual map of the scene where the slogan of natural honey appears in the Seğmen advertisement

TARTIŞMA

Doğal Bal temalı reklamların etkinliğini inceleyen bu çalışma literatürdeki çalışmalarla bazı benzerlikler ve farklılıklar barındırmaktadır. Çalışmadan elde

edilen verilere göre, tüketicilerin doğal bal ifadesini gördüklerinde daha fazla ücret ödemeye hazır oldukları belirlenmiştir. Ayrıca katılımcılar bal alırken kavanozun üzerindeki etikette doğal ifadesi var mı? diye bakmakta, reklamlarda balın menşei ve

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

hazırlanma süreçleri hakkında bilgi istemektedirler. Bu veriler; Niyaz ve Demirtaş (2017), Saner vd. (2011), Paydaş ve Semerci (2001), Sparacino, vd. (2022), Cela, vd. (2019), Juma, vd. (2016), ve Nabwire, (2016) tarafından yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Tüketiciler doğal ve organik ürünlere yönelme, sağlıklı üretim, el değmeden hazırlanma ve balın menşei hakkında bilgi istemekte, gerek reklamlarda gerekse ürün etiketlerinde bu konuya dikkat etmektedirler. Şahiner vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada tüketicilerin demografik faktörlerinin tercihlerini değiştirdiğini göstermektedir. Benzer sonuçlar bu çalışmada da bulunmuştur. Özellikle erkekler kadınlara, evliler bekârlara, orta yaş ve yaşlılar da gençlere oranla doğal etiketli ürünleri daha fazla satın alma eğilimindedirler.

Literatürde yer alan çalışmalarda, Bal kavanozlarında yer alan “Doğal” veya “Organik” gibi ifadelerin ayrıca doğal vurgusu yapan reklam ve etiketlerin satın alma kararı üzerinde pozitif bir etkiye neden olduğuna dair çalışmalar bulunmaktadır (Bölüktepe ve Yılmaz 2006, Kapoor vd. 2022, Kumar vd. 2021, Schirmacher, vd. 2023). Bu çalışmada da tüketiciler, “Reklamlarda gördüğüm doğal bal ifadesi, ürünü satın almama neden olur” görüşüne katıldıklarını bildirmişlerdir. Bunun yanında yapılan çalışmalar “Doğal” veya “Organik” gibi etiketlerin tüketicilerde sağlıklı, çevre dostu ve daha kaliteli ürün algısını oluşturduğunu göstermektedir (Kapoor vd. 2022, Kumar vd. 2021, Schirmacher, vd. 2023). Bu çalışmada da katılımcılar doğal bal etiketli ürünlerin daha sağlıklı ve güvenilir olduğunu belirtmişlerdir.

Göz izleme metoduyla elde edilen veriler ise literatürdeki çalışmalarla bazı farklılıklar göstermektedir. Örneğin Hazuchová, vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, bal satın alırken genç tüketicilerin ambalajlarda en fazla üreticinin markasına ve bal ismine baktıklarını bulmuştur. Bu çalışmada ise tüketicilerin reklamın son sahnesindeki bal kavanozunun ismini ve marka adını kısmen okudukları görülmektedir. Hazuchová, vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen araştırmada tüketicilere hareketsiz, sabit bir afiş gösterildiği düşünüldüğünde bu farklılık normal karşılanabilir. Afiş, gazete duyurumu, billboard gibi hareketsiz reklamlar gösterildiğinde tüketiciler daha çok reklamı yapan firmanın ismine odaklanırken, hareketli bir reklamda farklı noktalara odaklanıp marka adını gözden kaçırabilmektedirler.

Katılımcılar ankette yer alan “Bal alırken bal kavanozu üzerindeki etikette doğal ifadesi var mı diye bakarım.” ifadesine büyük oranda katılmaktadırlar. Ancak aynı katılımcıların göz izleme değerlerine bakıldığında reklam içerisinde doğal bal ifadesine çok fazla dikkat etmedikleri görülmüştür. Bu durum anket ile göz izleme cihazının farklı ölçüm tekniği olmasından ve yöntemlerinin birbirine benzememesinden kaynaklanabileceği gibi tüketicilerin reklamda bu konuya çok önem vermemesinden ancak ürünü satın alırken doğal ürünleri tercih etmek istemelerinden de kaynaklanabilir.

Çalışma tüketicilerin fizyolojik tepkilerini ve anket yoluyla elde edilen verilerinin tutarlılığını karşılaştırması, reklam etkinliğini incelemesi, doğal ürünlere olan yaklaşımlarını belirlemesi, satın alma davranışları hakkında bilgi vermesi nedeniyle literatürde önemli bir yere sahiptir. Özellikle reklamın ana mesajının verilirken reklamda son sahne olan “Packshot” kısmının daha iyi kurgulanması gerektiği anlaşılmaktadır. Daha önce Brasel ve Gips 2008 ile Tatler (2007) tarafından yapılan çalışmalarda tüketicilerin reklam ekranında orta noktaya bakma eğiliminde oldukları görülmüştür. Bu çalışmada da katılımcıların son sahnede reklamın orta noktasına bakmaları nedeniyle mesajın etkinliği azalmıştır.

Tüketicilerin doğal bal temalı reklamlara yaklaşımlarını inceleyen bu çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. Çalışma daha geniş bir örneklem ile farklı metotlar kullanılarak tekrar edilebilir. Mesaj çerçeveleme yaklaşımında bulunan diğer öğeler göz önüne alınarak farklı reklamlar tüketicilere izletilebilir. Çalışma; afişler, billboardlar gibi yazılı, sabit reklamlar üzerinde gerçekleştirilebilir. Nitel veriler, farklı analiz yöntemleriyle birleştirilerek kullanılabilir. GSR, EEG, EMG gibi nöropazarlama araçları çalışmaya entegre edilebilir.

Sonuç

Araştırma sonuçlarına göre; tüketiciler doğal etiketli ürünlere bakmakta, ürünün hazırlanma ve üretim süreçleri hakkında bilgi talep etmektedir. Bu ise tüketicilerin satın alma kararlarını etkilemektedir. Ancak bu bakış açısı bazı demografik farklılıklara göre değişim göstermektedir. Örneğin evliler bekârlara oranla doğal etiketli ürünleri daha fazla satın alma eğilimindedir. Bunun yanında 20-30 yaş grubu doğal bal ürünlerini en az satın alan gruptur. Erkekler de kadınlara oranla doğal bal etiketlerine daha fazla güvenerek satın alabileceğini söylemektedir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Göz izleme metoduyla elde edilen verilerde ise oldukça dikkat çekici sonuçlara ulaşılmıştır. Örneğin her iki reklamda da reklamın son saniyelerinde tüketicilerin dikkatleri azalmaktadır. Marka isminin ve sloganın ortaya çıkmasından itibaren izleyiciler dikkatlerini kaybetmişlerdir. Hatta iki reklamda da dikkat eksi (-) değerlere düşmüş, reklamın en az izlenen yerleri olmuştur. Bu nedenle reklamlarda ana mesajın verildiği, marka isminin ve sloganın bulunduğu son kısmının tüketicinin ilgisini çekecek bir şekilde oluşturulması, reklamın etkinliği açısından önemlidir. Reklamlarda duygusal öğelere yer verilmesi ya da daha bilgilendirici olması tek başına reklamın etkinliğini ve ona karşı gösterilen dikkati etkilememektedir. Reklamda farklı çerçeveler oluşturulsa da reklamın dikkat çekiciliği açısından benzer sonuçlar doğabilmektedir. Bu nedenle, reklamın içindeki hikâye yanında onu nasıl sunulduğu, yönetildiği, film içindeki kamera, ses ve görsel öğelerin doğru kullanımı, yaratıcılık ve sanatsal sunum da reklamın etkinliğini arttırmaktadır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda bal reklamı yapan firmalara aşağıda belirtilen önerilerde bulunulabilir;

- Doğal veya organik ifadesinin gerek reklamlarda gerekse ürün üzerindeki etiketlerde kullanılması ürünün satışı açısından olumludur.
- Tüketiciler yanıltıcı ve hileli ürünlerden rahatsızlık duyduğu için üretici firmalardan ürünün nasıl hazırlandığı, nereden elde edildiği, üretim süreçlerinde yaşananlar hakkında bilgi talep etmektedir. Üreticiler; doğal, organik etiketler yanında, üretim süreçleri, kalite belgeleri, standartlar gibi bilgilendirici ibareleri ürün etiketleri üstünde bulundurmalıdır.
- Reklamın son kısmı, verilen mesaj itibarıyla en önemli bölüm olarak düşünülmesine karşın, tüketicilerin beklentisinin azaldığı ve reklama olan ilginin kaybedilmesi nedeniyle en az dikkat çeken kısım olabilmektedir. Bu nedenle, reklamlarda son sahnelerin dikkat çekici hazırlanmasında fayda vardır.
- Uzun süreli konvansiyonel reklamlar tüketicilerin dikkatini çekme konusunda başarısız olabilir. Bu nedenle özellikle sosyal medyada kısa süreli ve dikkat çekici videolar olan reels'ler oluşturularak, reklam etkinliği artırılabilir.
- Reklamlarda genel olarak izleyiciler ekranın tam orta kısmına bakma eğilimindedirler. Ekranın ya da afişin merkezi (orta noktası) verilmek istenen mesaj ya da görsel için en uygun kısımdır.

- Tüketiciler genel olarak bal reklamlarında televizyon reklamlarının daha etkili bir mecra olduğunu söylemektedir ancak özellikle gençler sosyal medyanın reklam açısından daha önemli olduğunu düşünmektedir. Bal üreticileri reklam yaparken tüketici segmentasyonlara uygun reklam stratejileri geliştirmelidir.
- Özellikle organik ürünleri için özel bir web sitesi bal ürünlerini tanıtmak ve satmak için merkezi bir tanıtım imkânı sağlayabilir. Fotoğraflar, faydalar, üretim süreçleri ve nasıl sipariş edileceği gibi bilgiler bu site içinde verilerek ürünlerin daha kapsamlı tanıtımı yapılabilir.
- Tüketicilerin önemli bir kısmı satın aldıkları cam kavanozlu balların doğal olmasını talep etmekte ve ürüne güvenmek istemektedir. Ürün etiketine konulacak QR kod ile bal hazırlanma süreçleri ve balların temin edildiği bölgeler bir video şeklinde gösterilebilir.

Rekabetin arttığı, Postmodern tüketim kültürü içinde firmaların, müşteri odaklı davranmaları, sağlıklı ve doğal ürünlere yönelmeleri ve bu konuyu doğru bir iletişim diliyle aktarmaları oldukça önemlidir. Müşteri segmentasyonunu doğru konumlayan, üretim süreçleri konusunda şeffaf davranan, insanların güvenini kazanan firmalar rekabet açısından bir adım daha önde yer alacak, müşteri memnuniyeti ve sadakati sağlayacaklardır.

Çalışmada dışarıdan mali kaynak kullanılmamış, yazarların katkıları eşit paylaşılmış, birinci yazar Ahmet UYAR şeklinde düzenlenmiş ve yazarlar arası herhangi bir tartışma durumu bulunmamaktadır. Çalışmada anket ve Eye tracking yöntemleri birlikte kullanılmış birincil veriler katılımcıların izni ve onayıyla toplanmıştır. Çalışma için etik kurul raporu; Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından 2023/339 karar numarasıyla, 20/12/2023 tarihinde alınmıştır.

KAYNAKLAR

- 112art. <https://112art.com/packshot-reklam> (Erişim Tarihi: 23.3.2024).
- Anonim. Tarım Orman Müdürlüğü. Marka ve Müşteri. Ordu'da Gıda Güvenliği. 2010; 4(12): 36-37.
- Becan C, Alan H. Reklamlarda İnsan Görseli Kullanımı Üzerine Dikkat Düzeyinin Ölçülmesine Yönelik Keşfedici Bir

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Araştırma: Nöropazarlama Yöntemi Olarak Bir Göz Takibi Çalışması. *Uluslararası Halkla İlişkiler ve Reklam Çalışmaları Dergisi*. 2022; 5(2): 9-39.
- Bölüktepe FE, Yılmaz, S. Tüketicilerin Bal Satın Alma Davranış ve Alışkanlıklarını Etkileme Sürecinde Markanın Önemi Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2006; 6(4):135-142.
- Brasel SA, Gips J. Points of View: Where Do We Look When We Watch TV? *Perception*, 2008; 37(12): 1890-1894, doi.org/10.1068/p625
- Can A. SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde veri analizi, Pegem Akademi, İstanbul, Türkiye, 2014 s. 32-47.
- Cela A, Zhllima E, Imami D, Skreli E, Canavari M, Chan C. Analysis of Urban Consumer Preferences for Honey in The Context of A Transition Economy– A Case Study for Albania. *Journal of Land Management Food and Environment*. 2019; 70(4): 237-248, doi.org/10.2478/boku-2019-0021
- Coşkun A. Türkiye’de bal sektörünün mevcut durum değerlendirilmesi ve tüketici eğilimleri. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 2019, <https://acikerisim.nku.edu.tr>, (erişim tarihi. 3.1.2024).
- Cullipher S, Sarah JR, Hansen R, Jessica R. Eye Tracking as a Research Tool: An Introduction. *The Chemistry Education Researcher American Chemical Society*. 2018; (1):1-9, doi: 10.1021/bk-2018-1292.ch001
- Dangwal A, Bathla D, Kukreti M, Mehta M, Chauhan P, Sarangal, R. Neuromarketing science: A road to a commercial start-up. In *Applications of Neuromarketing in the Metaverse*. 2023; 223-232, doi: 10.4018/978-1-6684-8150-9.
- Delorme A, Poncet M, Fabre-Thorpe M, Briefly flashed scenes can be stored in long-term memory. *Frontiers in neuroscience*. 2018; 12: 386850. doi.org/10.3389/fnins.2018.00688.
- Elsadibah S, Apriantini A, Cyrilla L. Young Consumers Behavior in Consuming Honey During the Covid-19 Pandemi: Case Study in Jakarta. *Journal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 2023; 11(2): 101-112, doi.org/10.29244/jipthp.11.2.101-112.
- Farnsworth B. 10 Most Used Eye Tracking Metrics and Terms. 2023. <https://imotions.com/blog/learning/10-terms-metrics-eye-tracking/#1-fixations-and-gaze-points>. (Erişim tarihi: 10.11.2023).
- Fazio M, Reitano A, Loizzo MR. Consumer preferences for new products: eye tracking experiment on labels and packaging for olive oil based dressing. *Proceeding*. 2020;70(59): 4, https://doi.org/10.3390/foods_2020-08124
- Florence, ES, Fleischman D, Mulcahy R, Wynder M. Message Framing Effects on Sustainable Consumer Behaviour: A Systematic Review and Future Research Directions For Social Marketing. *Journal of Social Marketing*. 2022; 12(4): 623-652, doi.org/10.1108/JSOCM-09-2021-0221.
- Ghosh S, Wronski P, Koetsenruijter J, Mueller W, Wensing M. Watching People Decide: Decision Prediction Using Heatmaps of Reading a Decision-Support Document. *Journal of Vision*. 2021; 21(9): 2631, doi.org/10.1167/jov.21.9.2631
- Hazuchová, N., Nagyová, L., Stávková, J., Chytil, O., & Košičiarová, I. Attention Analysis of Honey Jar Labels Using Eye-Tracking Techniques. *Potravinárstvo*. 2018; 12(1): 815-823, doi.org/10.5219/1005
- Juma CN, Otieno DJ, Oluouch-Kosura W, Gyau A, Oduol JA. (2016). A survey of consumer perceptions and preferences for geographical indication and quality attributes of honey in kenya. *Fifth International Conference*, 23-26 September 2016, Book of Proceedings, doi: 10.22004/ag.econ.246915
- Kapoor S, Fernandes S, Punia S. 'Natural' Label Halo Effect on Consumer Buying Behavior, Purchase Intention and Willingness to Pay for Skincare Products. *Cardiometry*. 2022; (23): 741-755. doi: 10.18137/cardiometry.2022.23.741755
- Kumar S, Talwar S, Krishnan S, Kaur P, Dhir A. Purchasing Natural Personal Care Products in the Era of Fake News? The Moderation Effect of Brand Trust. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 2021; (63): 102668. doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102668
- Nabwire C. Economic analysis of consumers awareness and willingness to pay for geographical indicators and other quality

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- attributes of honey in Kenya. University of Nairobi, Department of Agricultural Economics, Master Thesis, 2016. <http://erepository.uonbi.ac.ke/> (Erişim Tarihi: 15.10.2023).
- Netscribes. <https://netscribes.com>. (Erişim Tarihi: 10.11.2023).
- Niyaz ÖC, Demirtaş N. Arı Ürünlerinin Genel Özellikleri ve Tüketim Tercihleri: Çanakkale İli Örneği. *Tarım Ekonomisi Dergisi*. 2017; 23(2): 255-262. doi.org/10.24181/tarekoder.369470
- Pacificfarmers. <https://pacificfarmers.com>, 2021 (Erişim Tarihi: 20.1.2024).
- Paydaş M, Semerci A. İstanbul'da Süzme Bal Tüketim Eğilimleri. *Teknik Arıcılık*. 2001; (73): 8-15.
- Prnewswire. <https://prnewswire.com> (Erişim Tarihi: 2.10.2023).
- Realeye. <https://support.realeye.io> (Erişim Tarihi: 1.12.2024).
- Saner G, Yücel B, Yercan M, Karaturhan B, Engindeniz S, Çukur F, Kösoğlu M. 2011. Organik ve konvansiyonel bal üretiminin teknik ve ekonomik yönden geliştirilmesi ve alternatif pazar olanaklarının saptanması üzerine bir araştırma: İzmir ili Kemalpaşa ilçesi örneği. TEPGE Yayınları, Ankara, Türkiye, 2011 s. 195.
- Sayılı M. Tokat İlinde Tüketicilerin Arı Ürünleri Tüketim Durumları ve Alışkanlıkları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2013; 13(1): 16-22, doi.org/10.31467/uluaricilik.162297
- Schirmacher H, Elshiewy O, Boztug Y. That's not Natural! Consumer Response to Disconfirmed Expectations about 'Natural'food. *Appetite*. 2023; (180): 106270, doi.org/10.1016/j.appet.2022.106270
- Sıralı R. Mercek Altındaki Bal Reklamları. *Orduda Gıda Güvenliği Dergisi*. 2013; 7(19): 21-24.
- Sıralı R. Süzme Bal Satın Alma Sürecinde Tüketici Tercihlerini Etkileyen Faktörler. *Orduda Gıda Güvenliği Dergisi*. 2015; 9(25): 44-49.
- Sparacino A, Merlino VM, Blanc S, Borra D, Massaglia S. A Choice Experiment Model for Honey Attributes: Italian Consumer Preferences and Socio-Demographic Profiles. *Nutrients*. 2022; 14(22): 4797, doi.org/10.3390/nu14224797.
- Sullivan L, Bennett S. Satan reklam yaratmak. *MediaCat*, İstanbul, Türkiye, 2013, s.55-66
- Şahinler N, Şahinler S, Gül A, Görgülü Ö. Arı Ürünleri Tüketici Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. 4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 1-3 Eylül 2004, Isparta, p.53-57.
- Şenduran F. Göz Takip Sisteminin (Eye Tracker) Spor Biliminde Kullanılması: Yeni Araştırmacılar İçin Kılavuz. Ankara Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi. 2019; 17(4): 1-13, doi.org/10.33689/spormetre.528980.
- Tabachnick BG, Fidell LS, Ullman JB. Using multivariate statistics, MA: Pearson, Boston, USA 2013, ss.497-516.
- Tatler, B. W. The Central Fixation Bias in Scene Viewing: Selecting an Optimal Viewing Position Independently of Motor Biases and Image Feature Distributions. *Journal of Vision*, 2007; 7(14): 4-4, doi.org/10.1167/7.14.4.
- Yıldız D, Uzunsakal E. Alan Araştırmalarında Güvenilirlik Testlerinin Karşılaştırılması ve Tarımsal Veriler Üzerine Bir Uygulama. *Uygulamalı Sosyal Bilimler Dergisi*, 2018; 2(1): 14-28.
- Wikipedia. <https://en.wikipedia.org> (Erişim Tarihi 22.12.2023).
- Zanchini R, Blanc S, Pippinato L., Di Vita G, Brun F. Consumers' Attitude Towards Honey Consumption for its Health Benefits: First Insights from an Econometric Approach. *British Food Journal*. 2022; 124(12): 4372-4386, doi.org/10.1108/BFJ-09-2021-0992.

NOT / NOTE

ETHOLOGY OF STINGLESS BEES (*Tetragonula "iridipennis" sp. group*) IN HABITANCY

Kendi Bölgesinde İğnesiz Arıların (*Tetragonula "iridipennis" sp. grubu*) Davranışları

Balakrishnan SAAIVIGNESH¹, Sagadai MANICKAVASAGAM²,
Boopathiraja ANUJAA³

¹Department of Agricultural Entomology, Agricultural College & Research Institute, Tamil Nadu Agricultural University, Madurai, Tamil Nadu, INDIA. Corresponding author / Yazışma yazarı E-mail: b.saaivignesh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7893-2612,

²Department of Agricultural Entomology, Faculty of Agriculture, Annamalai University, Chidambaram, Tamil Nadu, INDIA. E-mail: drmanicks2003@yahoo.co.in, ORCID ID: 0000-0001-5295-1180,

³Department of Agricultural Entomology, Annamalai University, Chidambaram, Tamil Nadu, INDIA. E-mail: anuabi.b@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1800-8310.

Geliş Tarihi / Received: 12.03.2024

Kabul Tarihi / Accepted: 06.04.2024

DOI: 10.31467/uluaricilik.1451516

ABSTRACT

Most primitive stingless bee species in Asia are *Tetragonula "iridipennis" sp. group*, which are highly eusocial and corbiculate. The aim of the study is to explore the stingless bee behaviour around their habitat, as they have constructed their nest in cracks and crevices. General behaviour of stingless bee, inside the hive and their habitat was studied through periodical observation of colony throughout the research period 2020 to 2021. Colony behaviour showed that the bees (i) resort to switching of entrance (during morning and night), (ii) construct false nest and vestibule chamber to prevent intruders by trapping and mummification, (iii) follow mass provisioning (time and number of workers involved in provisioning per brood pot) and ovipositioning process (time taken for egg laying by queen and sealing of brood pots by workers after oviposition), (iv) resort to cleaning process through removal of waste as a debris ball, (v) resort to mess and soil manner of foraging (burglary of floral rewards), (vi) forage on resin substances (like natural milky latex from plant and petroleum product-grease) and (vii) peak forage time was between 10.00 and 01.00 hours.

Keywords: *Tetragonula* sp., Behaviour, Defence, Mass provision and oviposition, Foraging

ÖZ

Asya'daki en ilkel iğnesiz arı türü, oldukça eusosyal ve korbikülat olan *Tetragonula "iridipennis" sp. grubudur*. Çalışmanın amacı, yuvalarını çatlak ve yarıklara inşa ettikleri için yaşam alanlarının etrafındaki iğnesiz arı davranışlarını keşfetmektir. Arıların kovan içindeki ve yaşam alanlarındaki genel davranışları, 2020-2021 araştırma dönemi boyunca kolonilerin periyodik olarak gözlemlenmesi yoluyla incelenmiştir. Koloni davranışları, arıların (i) giriş değiştirmeye (sabah ve gece boyunca) başvurduklarını, (ii) tuzak ve mumyalama yoluyla davetsiz misafirleri önlemek için sahte yuva ve giriş odası inşa ettiklerini, (iii) toplu tedariki (kuluçka kabı başına tedarikte yer alan işçi sayısı ve süresi) ve yumurtlama sürecini (kraliçe tarafından yumurtlama için geçen süre ve yumurtlamadan sonra işçiler tarafından kuluçka kaplarının kapatılması) takip ettiklerini göstermiştir, (iv) atıkların bir döküntü yumağı olarak uzaklaştırılması yoluyla temizleme işlemine başvurma, (v) dağınıklık ve toprak arama yöntemine başvurma (çiçek ödüllerinin alınması), (vi) reçine maddeleri (bitkiden elde edilen doğal

NOT / NOTE

sütlü lateks ve petrol ürünü-gres gibi) üzerinde yemleme ve (vii) en yoğun yemleme zamanı 10.00 ile 01.00 saatleri arasında gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Tetragonula* sp., Davranış, Savunma, Toplu tedarik ve Yumurtlama, Yiyecek arama

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Çalışmanın amacı: Bu çalışma, *Apis* spp. türlerinden önemli ölçüde farklı olan iğnesiz arının (*Tetragonula* sp.) biyolojisi, yuvalama davranışı, besin sağlama ve yumurtlama gibi davranışlarını ve kovan ve habitatlarındaki yiyecek arama davranışlarını keşfetmek için yapılmıştır.

Gereç ve Yöntem: Yabancı iğnesiz arı kolonileri Salem (11048'14 "N 770 51'28 "E), Dharmapuri (120 19'04 "N 780 06'48 "E), Cuddalore (110 27'44 "N 790 19'57 "E) ve Puducherry (120 00'42 "N 790 44'30 "E) gibi Tamil Nadu'daki çeşitli yerlerden yakalanmış ve davranış çalışmaları için kovanlarda evcilleştirilmiştir. Yuvalama davranışı çalışmaları için, koloniler evcilleştirildikten hemen sonra, evcilleştirmeden sonraki üç gün içinde sabah (06.00 ila 10.00 saat) ve akşam (18.00 ila 23.00 saat) boyunca giriş ve giriş tüpü yapımını kapatmak için görsel olarak gözlemlenmiştir. Kuluçka kabı yapımı, tedarikte yer alan arı sayısı, ana arı yumurtlaması, atık yönetimi ve yiyecek arama gibi ek davranışlar haftada iki kez görsel olarak gözlemlenmiş, kuluçka kabı başına toplu tedarik ve mühürleme için geçen süre ve reçinenin boşaltılması bir kronometre kullanılarak kaydedilmiştir.

Bulgular: Gece zararlılarından veya avcılardan kaçınmak için giriş kapatma davranışı gerçekleştirilmiştir. İşçi arılar 20.00-23.00 saatleri arasında girişe az miktarda çamur bırakarak girişi kapatmakta ve 06.00-09.00 saatleri arasında açmaktadır. Sahte yuva ve giriş odası inşa edilmekte ve koruyucu yuvalama için arılar tarafından yuva giriş tüplerine çamur parçacıkları ve yağ gibi mevcut malzemeler biriktirilmektedir. Kağıt yaban arısı ve buğday biti gibi arı düşmanları reçine tükürülerek tuzağa düşürülmekte ve çamur kullanılarak mumyalanmaktadır. İşçi arıların toplu beslenmesini teşvik etmek için ana arı kontrol eder, kanatlarını çırpar ve antenleriyle inşa edilen kuluçka kabının yakınındaki işçilere dokunur. Kitlesel sağlama için 4-6 işçi arı, larva besinini bir kuluçka kabının dörtte üçüne kusarak larva besinini doldurmaya katılmıştır. Kitlesel sağlama ve yumurtlamadan sonra, tek bir işçi kuluçkayı 04-55 saniye içinde mühürlemektedir. Toplu yemleme, yumurtlama ve bir kuluçka kabının kapatılması için geçen toplam süre 1,0 ila 3,25

dakika arasında değişmektedir. Temizleme işleminde, döküntü topu çene kemiği ile tutularak taşınmış, düşürmek için 2-3 metre uzağa uçmaktadır. Yiyecek arama faaliyeti, sabah erken ve akşam geç saatlere kıyasla gün ışığı saatlerinde zirve yapılmaktadır. *Tecoma* çiçeklerinde dağınık ve toprakta yiyecek arama şekli gözlenmişve ayrıca çiçekleri ziyaret etmekten ziyade ekstra çiçek nektarı toplamayı da içerdiği gözlenmiştir. Çamur için, işçi arılar *Euphorbia antiquorum*'dan sütlü lateks ve gres yağını benzersiz bir şekilde toplamaktadır. Tek bir işçi arının korbikulayı gres yağı ile doldurması 3,5 dakika sürmektedir.

Sonuç: Yukarıda bahsedilen bu benzersiz davranışlar, kişniş, havuç vb. gibi küçük çiçeklerle tarımsal ve bahçecilik ürünlerini tozlaştırmak veya ballarını ve balmumu yerine kullandıkları çamur insan hastalıklarını iyileştirmek için kullanmak amacıyla iğnesiz arıları evcilleştirmede başarılı olmamıza yardımcı olabilir.

INTRODUCTION

Stingless bees differ from *Apis* species in biology and foraging behaviour. The process of feeding the larvae is very different from that of the *Apis*. The system of larval feeding in stingless bees is called mass provisioning whereas, in *Apis* spp., the larvae are fed progressively. Development of a queen takes several weeks, while in honeybees it takes 15-16 days (Roubik, 1992). Periodically they construct queen cells even under queen right condition (Mythri *et al.*, 2018). During foraging, dammer bees show a preference for different plants. Their small size allows them to have access to many kinds of flowers whose openings are too narrow to permit penetration by other bees and they are common visitors to flowering plants in the tropics (Heard, 1999). They prefer to live in perennial colonies and have a different mechanism of caste determination and queen rearing when compared to other social bees (Engels and Imperatriz-Fonseca, 1990 and Leonhardt *et al.*, 2007) and some species have biting and spitting as their defense mechanism attack that causes irritation (Rahman *et al.*, 2015). Sticky secretions act effectively against arthropod

NOT / NOTE

predators as a mechanical barrier. They trap the predator by gluing their mouthparts and locomotory organs or apply it near the entrance tube to immobilize their enemies (Pasteels *et al.*, 1983 and Roubik, 2006). Stingless bees are polylectic (collect pollen from various floral species), they are a manageable pollinator as they have ability to adopt extreme conditions and various nesting habits (George, 1934 and Solomon Raju *et al.*, 1999). *Tetragonula iridipennis* Smith is the most abundant stingless bee in India. This bee forages in diverse flora with a high degree of floral fidelity (Layek and Karmakar, 2018). The objective of this study is to explore the behavioural habits of stingless bee in their habitat, due to lack of information on behavioural aspects as they are constructed the nest in enclosed surfaces like cracks and crevices, which will be helpful in domestication and proliferation of colonies.

MATERIALS AND METHODS

This study was mainly carried out in Frisch Bee Garden of the Department of Entomology, Faculty of

Agriculture, Annamalai University, Chidambaram, Cuddalore, Tamil Nadu, India that is located at 11°23'53" N and 79°41'43" E.

Behavioural studies were carried out in domesticated colonies which are recovered from different localities in Tamil Nadu province *viz.*, Salem (Mettur), Dharmapuri (Pennagaram and Morappur), and Cuddalore (Vridhachalam), and one place in Puducherry (Vanoor) (Table 1). Soon after domestication and before the construction of the entrance tube, switching of nest entrance behaviour in the hive was visually observed during the morning (06.00 to 10.00 hours) and evening (18.00 to 23.00) within the first 3 days of domestication.

Other behaviours, such as brood pot construction, number of bees involved in mass provisioning per brood, queen oviposition, waste management, and foraging were visually observed twice a week through a glass top hive, and time taken for mass provisioning and sealing per brood pot and unloading of resin & pollen were recorded using a stopwatch.

Table 1. Collection sites of feral stingless bee colonies for behavioural studies.

S.No	Location	Collection site	Geographical position	No.of colonies domesticated
1.	Mettur (Salem)	Kunjandiyur	11°48'14"N 77°51'28"E	5
2.	Pennagaram (Dharmapuri)	Anumandhapuram	12°19'04"N 78°06'48"E	7
3.	Morappur (Dharmapuri)	Dhodamapatti	12°03'22"N 78°29'56"E	13
4.	Vridhachalam (Cuddalore)	Aanandhakudi	11°27'44"N 79°19'57"E	15
5.	Vanoor (Pondicherry)	Aurobindo Ashram	12°00'42"N 79°44'30"E	2

RESULTS

Switching off the entrance

To avoid nocturnal pests or predators, workers closed the entrance during the night and opened it in the morning. Workers closed the entrance between

20.00 and 23.00 hrs and opened it between 06.00 and 09.00 hrs. Workers deposited a small quantity of cerumen near the entrance and liquified it to close the entrance by plastering on the entrance hole (Fig. 1).

NOT / NOTE



Fig 1. Switching of entrance (soft rim of cerumen near the entrance for closing).

Nest defence

The protective building behaviour such as false nest (entrance tube) and vestibule chamber (empty storage pots) construction was visually observed in the domesticated colony (Fig. 2). Enemies like paper

wasp and weevil (*Alcidodes* sp.) got stuck in the spitting of resin and were mummified by the workers using the cerumen within the nest (Fig. 3). Deposition of materials such as mud particles and grease on the entrance tube of some hives to avoid predators were also observed visually.



Fig 2. False nest (entrance tube) for nest defence

NOT / NOTE



Fig 3. Pests of *Tetragonula* colony. (a) Resin bee (*Megachile* sp.), (b) Mummification of Weevil (*Alcidodes* sp.), (c) Mummification of Paper wasp

Mass provisioning and egg laying

Queen bee inspected the constructed pots and fluttered her wings and tapped the worker near the constructed brood pot with her antennae, which stimulated the workers for provisioning. For mass provisioning a single brood pot, 4-6 workers

regurgitated the larval food to fill three fourth of the pot (Fig. 4). Queen laid a single egg in each pot on the provisioned brood food. After egg laying, a single worker sealed the brood pot within 4-55 s. The entire time taken from mass provisioning, egg laying and sealing the brood pot ranged from 1.0 to 3.25 min.

NOT / NOTE

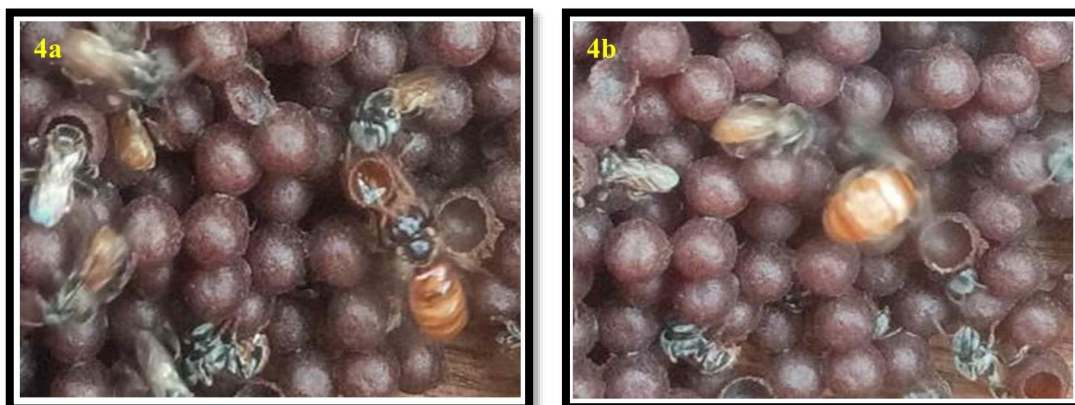


Fig 4. Provisioning and Ovipositioning (POP) process. (a) Mass provisioning of worker and queen inspection, (b) Egg laying by queen in provisioned brood pot

Waste management

Worker bees were involved in cleaning the waste or debris material from the hive. Bees carried out the waste ball and flew to drop the waste ball outside the nest entrance at least 0.61 to 0.91 meters away.

Spherical shaped debris ball with projected structure aided in easy holding with the mandible (Fig. 5). In some cases, instead of making debris balls, workers removed the (emerged out brood pot) cocoon as such from the hive through the entrance.

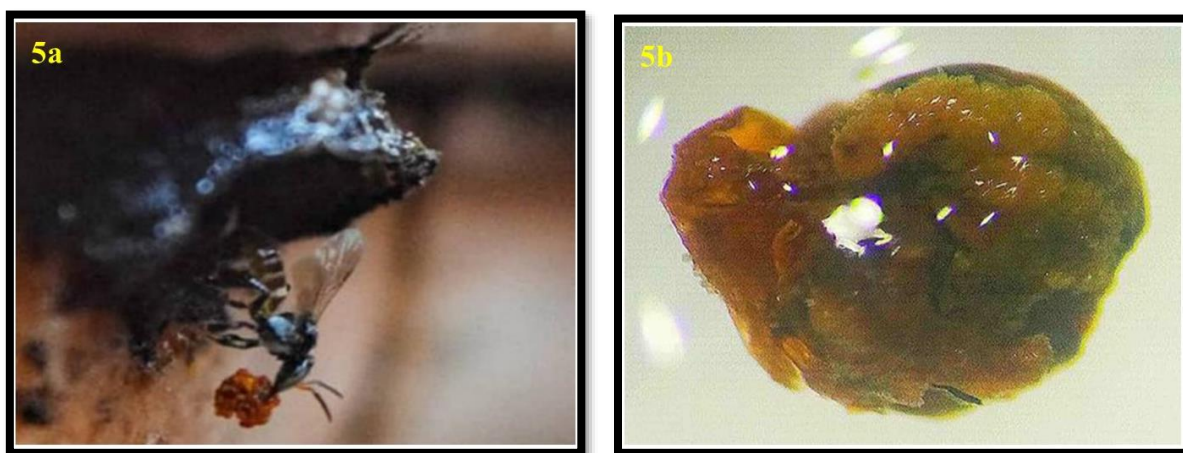


Fig 5. Waste management by *Tetragonula* workers. (a) Waste material carried by workers, (b) Microscopic view of debris ball

Foraging behaviour

Foraging by bees was at its peak at high sunshine hours than in the early morning and late evening. Workers resorted to messing and soil manner of foraging in *Tecoma* flowers, where they robbed the floral rewards (nectar, pollen and resin) by damaging the corolla tube from outside without entering through the open central tube (Fig. 6). Foragers collected extrafloral nectar (EFN) from plant parts

rather than visiting flowers. *Tetragonula* bees have been observed to forage the milky latex from the sadhurakalli tree (*Euphorbia antiquorum*). The main source of forage by workers was pollen which enhanced the colony growth during the honey flow period and helped to manage the dearth period. Among the storage pots, the number of pollen pots was more than honey pots.

NOT / NOTE

A single worker took 3.5 min to load the corbicula with grease (Fig. 7). Resin foragers unloaded the raw resin pellets by using their middle leg to push and by sticking the load onto the resin dump or hive

substratum (Fig. 8). The aroma and flavour of honey not only depends on the plants which they foraged but also the plants from which the resin was foraged.



Fig 6. Robbing floral rewards by damaging corolla tube of *Tecoma stans*. (a) damaging corolla tube by biting, (b) Damaged corolla tube after floral larceny



Fig 7. Foraging on grease (Petroleum product)

NOT / NOTE

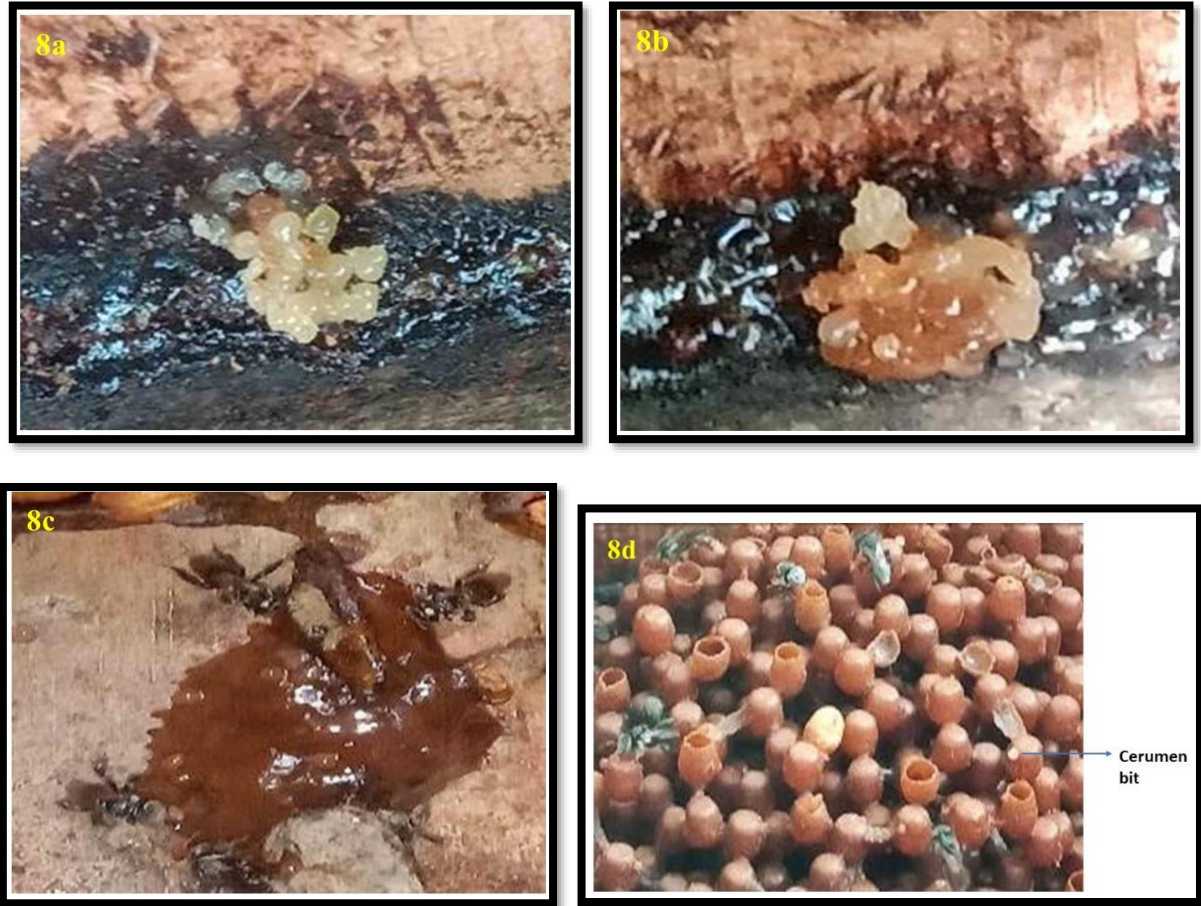


Fig 8. Storage of resin loads to resin dumps (cerumen) for construction. **(a)** Raw resin pellets, **(b)** Resin to cerumen conversion, **(c)** Cerumen or Resin dumps, **(d)** Cerumen bits on top corner of brood pots for construction

DISCUSSION

Switching off the entrance

Workers closed and opened the entrance at night and morning between 20.00-23.00 h and 06.00-09.00 h respectively. This finding is in accordance with Wille and Michener (1973) and Gruter *et al.* (2011). The entrance opening time varied with respect to the available flora in the surrounding. Process of entrance closing in *Tetragonula* sp. happened from 20.00 to 23.00 h by depositing cerumen bits, liquefying and plastering in the entrance hole. It was dissimilar to the results of Roubik (1992) who reported that in *Lestrimelitta* sp., the workers close the entrance within seconds by pulling the soft rim inwards.

Nest defence

In *Tetragonula* sp., construction of false nest and vestibule chamber to protect the colony from predators are in accordance with Camargo and Pedro (2003), who reported in *Partamona* sp. that enemies like paper wasp and weevil (*Alcidodes* sp.) were trapped by spitting of resin followed by mummification within the nest. This is again similar to the reports of Camargo and Pedro (2003) and Alves *et al.* (2018), who reported that sticky substances are effective against bees, wasps and ants.

Mass provisioning and ovipositioning

Before egg laying, queen fluttered her wings and tapped the worker near the constructed brood pot with her antennae, which stimulated the workers for provisioning. These observations were similar to the

NOT / NOTE

findings of Sakagami and Zucchi (1974) and Sakagami (1982) who observed that in *Melipona quinquefasciata* and *Trigonisca duckei*, after queen inspected the brood pot, approximately 4-6 workers regurgitated the larval food to fill three fourth of brood pot. It is contradictory to the findings of Sakagami (1982) and Roopa *et al.* (2017) who reported that 2-19 and 6-8 worker bees were respectively involved in mass provisioning. After egg laying, a single worker sealed the brood pot within 4-55 s and the total time taken for mass provisioning, egg laying and sealing of the brood pot ranged between 1.0 and 3.25 min. These findings were dissimilar with the results of Roopa *et al.* (2017) and Kishirsagar and Chauhan (1977), who stated that the time taken for sealing the brood pot after egg laying was two minutes and sixteen seconds and two minutes and forty seconds respectively. These dissimilarities might be due to availability of cerumen in the nest component and also by the worker efficiency in sealing the brood pot.

Waste management

Bees carrying the waste ball and flying to drop the waste ball outside the nest entrance at least 0.61 to 0.91 meters away was contradictory to the findings of Darchen (1969) and Sakagami and Zucchi (1974) who stated that *Melipona* sp. fly to drop the waste ball at a range of 50m from the entrance whereas, *Leurotrigona muelleri* dropped it near the edge of the entrance. These contradictions might be due to the differentiation from genus and species level and hygienic behaviour of stingless bee colonies. In a few cases, instead of making debris balls, workers removed the cocoon from the hive through the entrance. This might be due to rainy days or other unknown causes.

Foraging behaviour

Peak foraging during high sunshine hours than in the early morning and the late evening was in accordance with the findings of Danaradi *et al.* (2011) who reported that the foraging activities (outgoing bees and incoming bees with and without pollen) were at their peak from 10.00 to 12.00 during all the seasons.

Workers of *Tetragonula* sp. robbed the floral rewards (nectar, pollen and resin) by damaging the base of the corolla tube in *Tecoma* before flower opening to reduce the competition between other pollinators. This finding is in accordance with Noll *et al.* (1996) that *Trigona* aids in robbing pollen or nectar by

damaging the floral resources without pollinating the plant. Foragers visited the nodal region of plants such as castor, papaya and cucurbits to collect EFN rather than visiting flowers. This is in accordance with the findings of Noll *et al.* (1996) that *Trigona hypogea* may not visit the flowers for nectar but collect sugar-rich liquids from EFN. The behaviour that a single worker took 3.5 min to load the corbicula with grease and forage the milky latex from the sadhurakalli tree (*Euphorbia antiquorum*) was similar to the findings of Absy and Kerr (1977), Roubik (1992) and Pereira and Tannus-Nelo (2009) who reported that *Melipona*, *Trigona* and *Scaptotrigona* have been observed to collect milky latex.

Conclusion

The general behaviour of stingless bees, *Tetragonula "iridipennis"* sp. group such as switching off the entrance to avoid natural enemies, forming a false net and vestibule chamber for nest defense, mass provisioning for the brood, waste management by debris ball, foraging activity peak at high sunshine hours, collection of EFNs, high amount of pollen in storage pots when compared to honey were unique and different when compared to other honey bees of Apidae family. These above said behaviours help us to be successful in domesticating the stingless bees for the purpose of either pollinating the agricultural and horticultural crops with tiny flowers such as coriander, carrot, etc., or use of their honey and cerumen for curing human ailments. The other behaviours like queen pot construction, number of worker bees involved in filling the honey and pollen pots and variety of substrates that are foraged by bees are yet to be explored in future.

Acknowledgement: Authors thank the localities' who helped for capturing the feral colonies from the districts which provides major support for this study. I submit to state that this work is a part of my master's thesis and the results are presented clearly, honestly and without fabrication, falsification or inappropriate data manipulation. Additionally, no data, text or theories by others are presented.

Author contribution: BSV: performed the collection and domestication of feral colonies and observation on behavioural studies; drafting the manuscript, **SM:** as the advisor for the research work and for drafting the manuscript, **BA:** performed the manuscript drafting. Hence, the authors equally contributed towards the experiments. The authors read and approved the final manuscript.

NOT / NOTE

Conflict of interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Data availability: All data and materials are available if requested.

Ethical issues: Not applicable

Source of finance for the study: Not applicable

REFERENCES

- Absy ML and Kerr WE. Algumas plantas visitadas para obtenção de pólen por operárias de *Melipona seminigramerrillae* em Manaus. *Acta Amazon* 1977;7: 309-315.
- Alves A, Sendoya SF and Rech AR. Fortress with sticky moats: The functional role of small particles around *Tetragonisca angustula* Latreille (Apidae: Hymenoptera) nest entrance. *Sociobiology* 2018;65(2): 330-332.
- Boztug Y. That's not Natural! Consumer Response to Disconfirmed Expectations about 'Natural' food. *Appetite*. 2023; (180): 106270, doi.org/10.1016/j.appet.2022.106270.
- Camargo JM and Pedro SR. Neotropical Meliponini: the genus *Partamona* Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae, Apinae)-bionomy and biogeography. *Rev Bras Entomol* 2003;47: 311-372.
- Danaraddi CS, Sangamesha H, Biradar SB, Manjunath T and Vinod SK. Studies on foraging behaviour of stingless bee, *Trigona iridipennis* Smith at Dharwad, Karnataka. *Int J For Crop Improv* 2011;2(2): 163-169.
- Darchen R. Sur la biologie de Trigona (Apotrigona) nebulata komiensis Cock. I. *Rev Biol Gabon* 1969; 5(3): 151.
- Engels W and Imperatriz-Fonseca VL. Caste development, reproductive strategies, and control of fertility in honey bees and stingless bees. *Social insects: an evolutionary approach to castes and reproduction* 1990; 167-230.
- George CJ. The bionomics, morphology, and metamorphosis of *Melipona iridipennis* (sic). *J Univ Bom* 1934; 2:1-16.
- Grüter C, Kärcher MH and Ratnieks FLW. The natural history of nest defence in a stingless bee, *Tetragonisca angustula* (Latreille) (Hymenoptera: Apidae), with two distinct types of entrance guards. *Neotrop Entomol* 2011; 40:55-61.
- Heard TA. The role of stingless bees in crop pollination. *Annu Rev Entomol* 1999;44(1):183-206.
- Kshirsagar KK and Chauhan RM. Preliminary observations on oviposition behaviour in *Trigona (Tetragona) iridipennis* Smith. *Indian bee journal* 1977.
- Layek U and Karmakar P. Nesting characteristics, floral resources, and foraging activity of *Trigona iridipennis* Smith in Bankura district of West Bengal, India. *Insectes Soc* 2018;65: 117-132.
- Leonhardt SD, Dworschak K, Eitz T and Blüthgen N. Foraging loads of stingless bees and utilisation of stored nectar for pollen harvesting. *Apidologie* 2007;38(2): 125-135.
- Mythri PG, Kencharaddi RN and Hanumantharaya L. Colony division techniques for stingless bees, *Tetragonula iridipennis* Smith. *Int J Pure Appl Biosci* 2018;6(6): 1258-1263.
- Noll FB, Zucchi R, Jorge JA, and Mateus S. Food collection and maturation in the necrophagous stingless bee, *Trigona hypogea* (Hymenoptera: Meliponinae). *J Kans Entomol* 1996;287-293.
- Pasteels JM, Grégoire JC and Rowell-Rahier M. The chemical ecology of defense in arthropods. *Annu Rev Entomol* 1983;28(1): 263-289.
- Pereira CD and Tannús-Neto J. Observations on stingless bees (Hymenoptera: meliponini) collecting of latex in Mammy mammea americana (L.) Jacq. (Clusiaceae), Manaus, state of Amazonas, Brazil 2009;25(6): 133-135.
- Rahman A, Das PK, Rajkumari P, Saikia J and Sharmah D. Stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini): diversity and distribution in India. *Apidologie* 2018;39: 102-118.
- Roopa AN, Eswarappa G, Sajjanar SM and Gowda G. Study on identification of pasturage sources of stingless bee (*Trigona iridipennis* Smith). *Int J Curr Microbiol Appl Sci* 2017;6: 938-943.

NOT / NOTE

- Roubik DW. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press 1992.
- Roubik DW. Stingless bee nesting biology. *Apidologie* 2006;37(2): 124-143.
- Sakagami SF and Zucchi R. Oviposition Behaviour of Two Dwarf Stingless Bees, *Hypotrigona (Leurotrigona) muelleri* and *H. (Trigonisca) duckei*, with Notes on the Temporal Articulation of Oviposition Process in Stingless Bees (With 27 Text-figures and 8 Tables) 1974;19(2): 361-421.
- Sakagami SF. Stingless bees. In: Hermann HR (ed) Social insects III. Academic, New York, pp 361-423.
- Solomon Raju AJ, Rao SP, Vijaya Sri S. The Dammer Bee, *Trigona* and its pollination potential in the Indian Flora. *J Palynol*1999; 35-36: 73-92.
- Sıralı R. Mercek Altındaki Bal Reklamları. *Orduda Gıda Güvenliği Dergisi*. 2013; 7(19): 21-24.
- Sıralı R. Süzme Bal Satın Alma Sürecinde Tüketici Tercihlerini Etkileyen Faktörler. *Orduda Gıda Güvenliği Dergisi*. 2015; 9(25): 44-49.
- Sparacino A, Merlino VM, Blanc S, Borra D, Massaglia S. A Choice Experiment Model for Honey Attributes: Italian Consumer Preferences and Socio-Demographic Profiles. *Nutrients*. 2022; 14(22): 4797, doi.org/10.3390/nu14224797.
- Sullivan L, Bennett S. Satan reklam yaratmak. *MediaCat*, İstanbul, Türkiye, 2013, s.55-66
- Şahinler N, Şahinler S, Gül A, Görgülü Ö. Arı Ürünleri Tüketici Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. 4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 1-3 Eylül 2004, Isparta, p.53-57.
- Şenduran F. Göz Takip Sisteminin (Eye Tracker) Spor Biliminde Kullanılması: Yeni Araştırmacılar İçin Kılavuz. Ankara Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi. 2019; 17(4): 1-13, doi.org/10.33689/spormetre.528980.
- Tabachnick BG, Fidell LS, Ullman JB. Using multivariate statistics, MA: Pearson, Boston, USA 2013, ss.497-516.
- Tatler, B. W. The Central Fixation Bias in Scene Viewing: Selecting an Optimal Viewing Position Independently of Motor Biases and Image Feature Distributions. *Journal of Vision*, 2007; 7(14): 4-4, doi.org/10.1167/7.14.4.
- Yıldız D, Uzunsakal E. Alan Araştırmalarında Güvenilirlik Testlerinin Karşılaştırılması ve Tarımsal Veriler Üzerine Bir Uygulama. *Uygulamalı Sosyal Bilimler Dergisi*, 2018; 2(1): 14-28.
- Wikipedia. <https://en.wikipedia.org> (Erişim Tarihi 22.12.2023).
- Wille A and Michener C. The nest architecture of stingless bees with special reference to those of Costa Rica. *Rev Biol Trop*1973;21: 9-278.
- Zanchini R, Blanc S, Pippinato L., Di Vita G, Brun F. Consumers' Attitude Towards Honey Consumption for its Health Benefits: First Insights from an Econometric Approach. *British Food Journal*. 2022; 124(12): 4372-4386, doi.org/10.1108/BFJ-09-2021-0992.

DERLEME / REVIEW

PROPOLİS EKSTRAKSİYONUNDA UYGULANAN YEŞİL VE YENİLİKÇİ YÖNTEMLER

Green and Innovative Methods for Propolis Extraction

Büşra ÇAKIR, Şeyma Meryem YILMAZ, Nihal GÜZEL*

Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Hitit Üniversitesi. Çorum, TÜRKİYE, E-mail: 144260007busra@gmail.com, ORCID No: 0000-0001-9244-9443, E-mail: seymamrym1920@gmail.com, ORCID No: 0000-0003-0397-3281, Yazışma Yazarı / Corresponding author E-mail: nihalguzel@hitit.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-2387-9009

Received / Geliş: 29.12.2023

Accepted / Kabul: 12.02.2024

DOI: 10.31467/uluaricilik.1411626

ÖZ

Propolis, bal arılarının topladıkları bitki nektar, polen ve reçinemsi maddeleri enzimlerle işleyerek oluşturdukları doğal bir üründür. Propolis gıda, sağlık ve kimya gibi birçok farklı sektörde çok fonksiyonlu şekilde kullanılan biyoaktif içeriğince zengin bir maddedir. Ancak ham propolisin suda az çözünen reçinemsi yapısı nedeniyle apolar özellikteki kısımdan biyoaktif kısmın ayrılması oldukça zordur. Bu nedenle propolis ham haliyle tüketilememektedir. Flavonoid ve fenolik asitlerce zengin 300'e yakın bileşen içeren propolisin kimyasal bileşimi iklim, bitki örtüsü ve mevsime göre çeşitlilik göstermektedir. Kimyasal bileşimdeki bu çeşitlilik, propolisin ekstraksiyonu için geliştirilen yöntemlerin de çeşitlenmesine neden olmuştur. Günümüzde bu amaçla geliştirilen yöntemler arasında en çok çevre dostu ve geri dönüşüm olanağı sağlayan ekstraksiyon yöntemleri dikkat çekmektedir. Bu derlemede propolis ekstraksiyonunda kullanılan hem geleneksel hem de yenilikçi yöntemler özellikle ekstraksiyon etkinliği açısından değerlendirilmiştir. Propolis ekstraksiyonunda kullanılan yenilikçi yöntemler değerlendirildiğinde, ultrases destekli ekstraksiyon ve yeşil çözücü ekstraksiyonu yöntemlerinin yüksek ekstraksiyon etkinliği, sürdürülebilirlik ve düşük operasyon maliyeti açısından dikkat çektiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Propolis, Ultrasonik Ekstraksiyon, Derin Ötektik Çözücü, Sürdürülebilirlik, Yeşil Kimya

ABSTRACT

Propolis is a natural product created by honey bees with enzymes by process nectar, pollen, and resinous plant materials. Propolis is rich in bioactive content that is used in a multifunctional way in many different sectors such as health, food, and chemistry. However, propolis cannot be consumed in its raw form due to its resin-like structure which is less soluble in water. Therefore, it is challenging to separate the bioactive part from the apolar part due to the sticky structure of the raw propolis. Propolis has around 300 chemical compounds high in flavonoid and phenolic acids, and its composition varies depending on the climate, flora, and season. For this purpose, sustainable and environment-friendly extraction methods have been developed. In this review, conventional and novel extraction methods have been evaluated particularly in terms of extraction efficiency. Among the novel propolis extraction methods, ultrasound-assisted and green solvent extraction methods have gained great interest in terms of extraction efficiency, sustainability, and low operation cost.

Keywords: Propolis, Ultrasonic Extraction, Deep Eutectic Solvent, Sustainability, Green Chemistry

DERLEME / REVIEW

EXTENDED ABSTRACT

Purpose: Propolis is a natural resinous product produced by *Apis mellifera* (honey bees). Honey bees collect the extracts from leaves, buds, and barks of trees such as poplar, oak, chestnut, and pine and process them with their enzymes. Propolis is also called bee glue due to its sticky form and is used to close cracks and holes in the hives for insulation and protection. Propolis contains many chemical compounds such as flavonoids, phenolic acids, essential oils, minerals, and vitamins that vary according to herbal source and climate conditions. Due to the great variety of chemical compositions of raw propolis, developing the best approach to obtain high-quality propolis extract might be challenging. Therefore, the optimum extraction condition for propolis obtained by different origins has been investigated in many recent studies. In this review, besides conventional methods, the effectiveness of novel extraction methods such as microwave-assisted extraction, ultrasound-assisted extraction, high pressure, super critic CO₂, and deep eutectic solvent extraction was evaluated. The advantages and disadvantages of extraction methods are mentioned. Moreover, the studies on their industrial use to produce high-quality propolis extract by cost-effective methods are summarized.

Discussion: Extraction methods are closely related to the chemical composition and concentration of propolis extract. Maceration and soxhlet extraction are mostly used conventional methods for propolis extraction. Furthermore, extraction parameters such as particle size, solvent polarity, solid-solvent ratio, extraction temperature, and time affect extraction efficiency. Until today, many solvents (methanol, ethanol, acetone, dichloromethane, hexane, and ethyl acetate) have been used for the conventional extraction of propolis to reach a high bioactive yield. However, the conventional extraction methods are challenging in terms of the need for high purity and large amounts of solvent, difficulty in removing the used solvent, long operation time, high cost, and losses in temperature-sensitive bioactive components due to high-temperature applications. In the last two decades, novel extraction methods have been considered to minimize these disadvantages with the developing technology. These methods are green alternatives to conventional methods due to their environmentally friendly nature (low organic solvent and energy consumption). Ethanol is widely used in green methods since it is a non-toxic solvent that has

advantages for extracting various components such as flavonoids or polyphenols from propolis. Green methods also use different forms of physical power such as ultrasound, microwave, and pressure to decrease solvent consumption. In addition to solvent consumption, the main advantages of many green extraction technologies are reduced extraction time, solvent consumption, and operation costs.

Conclusion: Many previous studies suggested that green extraction methods are more advanced than conventional extraction methods, particularly in terms of extraction efficiency. The ultrasound-assisted extraction method is superior to many novel methods due to its high extraction efficiency and it prevents degradation of thermolabile compounds during the extraction of propolis. Super critic CO₂ extraction is not a preferred method for propolis extraction due to low extraction efficiency to obtain bioactive rich extract and requires ethanol (1 – 10%) as a co-solvent. Although high-pressure processing has significant advantages in terms of extraction times, special equipment is required. Deep eutectic solvents, novel green solvents, developed in the last decade have demonstrated promising potential for propolis extraction. However, more studies are still necessary to find the optimum way to extract bioactive compounds from different types of propolis, especially for industrial-scale applications.

GİRİŞ

Bal, polen, arı sütü, propolis gibi pek çok arı ürünü önemli bileşen kompozisyonları nedeniyle, geçmişten günümüze kadar sağlığın korunması ve geleneksel tedavi yöntemlerinde sahip olduğu önemi korumaktadır (Bakkaloğlu ve Arıcı 2019, Kumova vd. 2002, Yıldız 2020). Arı ürünlerinin tamamı doğrudan tüketilebilen özellikte olmadığından bir kısmının işlenerek tüketilmesi gerekmektedir (Bakkaloğlu ve Arıcı 2019). İşlenerek tüketilebilenler sınıfında yer alan propolise ise ilk olarak Antik Yunan yazıtlarında rastlanılmış olup bu isim, propolisin kovanı ve kovan içindeki arıları enfeksiyonlardan koruduğunu keşfetmelerinin ardından verilmiştir (Kumova vd. 2002). Yapılan önceki çalışmalarda, propolis bal arılarının (*Apis mellifera*) kavak, meşe, kestane ve çam gibi ağaçların ve bazı otsu bitkilerin tomurcuk, yaprak, gövde, kabuk gibi bölümlerinden topladıkları özleri enzimlerle işleyerek oluşturdukları reçinemsi doğal bir ürün olarak tanımlanmaktadır (Keskin 2018, Reis vd. 2019, Şenol Yazkan ve Hendek

DERLEME / REVIEW

Ertop, 2024). Türk Standartları Enstitüsü (TSE) ise propolisi "işçi arıların, kovan içerisindeki besinleri, yavru arıları ve kendilerini çeşitli patojen mikroorganizmalardan (virüs, bakteri, fungus) korumak amacıyla bitkilerin yaprak, gövde, tomurcuk vb. kısımlarından topladığı reçinemsî maddeleri ve bitki nektarlarını, başlarında yer alan salgı bezlerinden salgılanan enzimler ile biyokimyasal değişikliğe uğratarak oluşturdukları, 'arı tutkalı' olarak da adlandırılan ürün" olarak tanımlanmaktadır (TS 12910). Yapışkan formdaki yapısı sebebiyle kovan içine işçi arıların yardımıyla boşaltılarak belirli noktalara biriktirilmekte, birikimi gerçekleştirilen ürün ise kovan içi izolasyonunun sağlanması, kovadaki çatlak ve deliklerin kapatılması, hasarlı peteklerin tamiri, kovan giriş deliğinin daraltılması gibi pek çok amaç için kullanılmaktadır (Yavuz vd. 2012). Diğer yandan, propolisin yapışkan formu, balın toplanmasında çalışma şartlarını zorlaştırdığından çita petekli balın pazarında istenmeyen bir özellik olarak değerlendirilmiş ve arıcılar tarafından arıların üretmesini istemedikleri bir bileşim formuna dönüşmüştür. Ancak, özellikle son yıllarda arıcılık sektöründeki bilinçli üretim ve proses tekniklerinin geliştirilerek sektöre aktarılması özenle yaklaşılabilir konular arasında yer almaktadır. Bununla birlikte arıcılarda artan farkındalık, arı ürünleri içerisinde propolisin önemine dikkat çekerek üretim miktarında artışa neden olmuştur (Keskin 2018, Kumova vd. 2002).

Türkiye'nin zengin bitki örtüsü propolis üretiminde uygun ortamı sağlarken, iklim ve bitki örtüsündeki çeşitlilik propolis kalitesi ve toplama kolaylığı üzerine etkili olmaktadır. Bu anlamda Karlıdağ ve Genç (2007) tarafından yapılan çalışmada, ülkemiz açısından sonbahar ve kış aylarında, arıların kovani soğuktan korumak istemeleri nedeniyle, daha kaliteli propolis üretiminin yapıldığı vurgulanmaktadır. Aynı zamanda yaz mevsiminde artan sıcaklıktan dolayı yapışkan bir formda olan propolisin toplanmasının zorlaştığı ve bu nedenle kovan içinde balmumuyla karışma ihtimalinin de arttığı bildirilmektedir. Örneğin, 25-45 °C'de, oldukça yapışkan bir yapıya sahip olan propolisin yapışkan özelliği sıcaklık artışıyla birlikte artmakta ve genellikle 60-70 °C'de sıvı halde bulunmaktadır. 15 °C'den düşük sıcaklıklarda ise propolis genellikle donuk, kırılabilir ve sert bir yapıya sahiptir (Krell 1996). İklimsel çeşitlilik ve bunun yanı sıra özellikle bölgedeki bitkisel çeşitlilik ve toplanma zamanı propolisin rengi üzerine etkili olmakta, renk koyu sarıdan kahverengine, kırmızı ve yeşile değişim

gösterebilmektedir (Karlıdağ ve Genç 2007). Kendine özgü keskin ve aromatik bir kokusu olan propolisin kimyasal bileşimi de kovanın konumlandırıldığı çevrenin iklimsel ve coğrafi özellikleri, propolisi oluşturan arının türü, botanik etkenler gibi birçok farklı etkene bağlı olduğu için fazlasıyla değişken ve komplekstir (Escriche ve Juan-Borrás 2018, Özdal vd. 2019). Üç yüzden fazla farklı bileşik içerdiği bildirilen propolisin kimyasal bileşimi, genel olarak %50 reçine, %30 mum, %10 esansiyel yağ, %5 polen, %5 diğer organik bileşenler ve minerallerden oluşmaktadır (Yucel vd. 2017).

Propolisin yapısında çeşitli mineral (magnezyum, kalsiyum, potasyum, sodyum, demir) ve vitaminler (B1, B2, B6, C ve E) belirlenmiş olmakla birlikte bunlar minör düzeyde bulunduğu için besin değeri oldukça düşük olarak değerlendirilmektedir (Deblock-Bostyn 1982). Diğer yandan propolis, yüksek antioksidan kapasiteleri nedeniyle sağlık üzerine olumlu etkileri bulunan birçok fenolik bileşeni içermektedir. Yapılan çalışmalar, propolisin önemli bir fenolik kaynağı olduğunu göstermektedir (Tablo 1, Çakır 2022). Fenolik bileşenler genel olarak fenolik asitler ve flavonoidler olarak gruplandırılmaktadır (Bankova 2005). Önceki çalışmalar, fenolik bileşen kompozisyonlarının elde edildiği kaynağa göre değişebileceğini göstermiştir (Tablo 2, Çakır 2022). Örneğin, Çakır ve Güzel (2023) tarafından yapılan çalışmada propoliste bulunan hakim fenolik asitler olarak, ferulik asit (5,31-6,55 mg/g propolis), kafeik asit (3,34-3,73 mg/g propolis), p-kumarik asit (2,63-2,95 mg/g propolis) ve şirincik asit (2,12-2,24 mg/g propolis) belirlenirken, kuersetin (0,14-0,15 mg/g propolis) ve rutin (0,0027-0,0032 mg/g propolis) baskın flavonoidler olarak saptanmıştır. Diğer yandan Oroian vd. (2020a) tarafından yapılan çalışmada, propoliste belirlenen başlıca fenolik bileşenler sırasıyla kamferol (228,8 mg/g propolis), mirisetin (115,5 mg/g propolis) ve luteolindir (27,2 mg/g propolis). Protokateşik asit ise yapılan diğer çalışmalarda (Çakır ve Güzel 2023, Rajan vd. 2021, Sağdıç vd. 2020) belirlenirken bu çalışmada saptanmamıştır. Ham propolisin kendine özgü vaksı ve apolar yapısı biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunu zorlaştırmaktadır (Yıldız 2020). Ayrıca, ham propolisin pek çok farklı iklim ve bitkisel kaynaktan elde ediliyor oluşu propolise oldukça önemli bir kimyasal bileşen çeşitliliği sağlarken propolis ekstraksiyonu için en iyi yaklaşımın geliştirilmesini de zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, yüksek kalitede ve uygun maliyetli propolis

DERLEME / REVIEW

ekstraktlarının elde edilebilmesi için özellikle çok sayıda önemli çalışma yürütülmektedir. Bu derlemede geleneksel ve yenilikçi yöntemlerle

gerçekleştirilmiş propolis ekstraksiyonu ve ekstraksiyon koşullarının optimize edildiği çalışmalar özetlenerek tartışılmıştır.

Tablo 1. Propolis TPC, TFC ve antioksidan aktivite konsantrasyonları*

Table 1. TPC, TFC and antioxidant activity in propolis *

	Miktar (Concentration)	Kaynak (References)
TPC	17,34 – 33,44 mg GAE/ g	Gargouri vd. 2019
	12,54 – 253,71 mg GAE/g	Rajan vd. 2021
	79,17 – 174,51 mg GAE/g	Al-Juhaimi vd. 2021
	4,8 – 504,2 mg GAE/g	Oroian vd. 2020a
	134,02 – 327,30 mg GAE/g	Shahbaz vd. 2021
	55,74 – 91,32 mg GAE/g	Andrade vd. 2017
	510 – 575 mg GAE/g	Erdoğan vd. 2011
	43,77 – 97,96 mg GAE/mL	Zainal vd. 2021
	28,48 – 80,24 mg GAE/mL	Keskin vd. 2020
	2,43– 127,31 mg GAE/mL	Sağdıç vd. 2020
TFC	30,89 – 59,45 mg QE/g	Andrade vd. 2017
	41,19 – 70,19 mg QE/g	Al-Juhaimi vd. 2021
	117 – 559 mg CE/100 g	Gargouri vd. 2019
	104 – 40516 mg/L	Sağdıç vd. 2020
	25,09 – 112,49 µg QE/mL	Zainal vd. 2021
Radikal süpürücü etkisi (DPPH)	%37,00 – %88,11	Zainal vd. 2021
	%44,73 – 73,18	Shahbaz vd. 2021
	%17,29 – 53,62	Al-Juhaimi vd. 2021
	4431 – 4663,80 µmol TEAC/g	Andrade vd. 2017
	409,6 – 503,7 mg TEAC/g	Erdoğan vd. 2011
Antioksidan Kapasite (ABTS)	1868,5 – 2913,5 µmol TEAC/100 g	Andrade vd. 2017
	18,652 µmol TEAC/g	Cavalero vd. 2020
	109,76 – 252,9 µmol TEAC/g	Gargouri vd. 2019
	237,7 – 285,3 mg TEAC/g	Erdoğan vd. 2011

*Çakır 2022'den adapte edilmiştir. TPC: Toplam Fenolik Konsantrasyonu, TFC: Toplam Flavonoid Konsantrasyonu, GAE: Gallik Asit Eşdeğeri, QE: Kuersetin Eşdeğeri, TEAC: Trolox Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi

*Adapted from Çakır 2022. TPC: Total Phenolic Concentration, TFC: Total Flavonoid Concentration, GAE: Gallic Acid Equivalent, QE: Quercetin Equivalent, TEAC: Trolox Equivalent Antioxidant Capacity

DERLEME / REVIEW

Tablo 2. Propolis fenolik bileşen kompozisyonu*

Table 2. Phenolic composition of propolis extract*

Fenolik Bileşen Kompozisyonu (Phenolic composition)	Miktar (Phenolic content)	Kaynak (References)
Flavonoid		
Apigenin	0,09 – 13,4 mg/g	Hu vd. 2022, Oroian vd. 2020a, Pellati vd. 2013
Krisin	4,06 – 161,7 mg/g	Hu vd. 2022, Oroian vd. 2020a, Pellati vd. 2013
Epigallokateşin	0,33 – 3,39 mg/g	Rajan vd. 2021
Galangin	0,57 – 16,3 mg/g	Hu vd. 2022, Pellati vd. 2013
Isorhamnetin	0,29 – 23 mg/g	Hu vd. 2022, Oroian vd. 2020a
Kamferol	0,03 – 12,21 mg/g	Hu vd. 2022, Rajan vd. 2021
Kateşin	0,04 – 2,33 mg/g	Rajan vd. 2021
Kuersetin	0,06 – 12,4 mg/g	Oroian vd. 2020a, Rajan vd. 2021
Miristin	2,32 – 295 µg/mL	Bozkuş vd. 2021, Sağdıç vd. 2020
Naringenin	2,00 – 959µg/mL	Bozkuş vd. 2021, Sağdıç vd. 2020
Pinobanksin	0,37 – 7,8 mg/g	Hu vd. 2022, Pellati vd. 2013
Pinocembrin	2,51 – 25 mg/g	Hu vd. 2022, Pellati vd. 2013,
Rutin	0,11 – 75,6 mg/g	Oroian vd. 2020a, Rajan vd. 2021
Fenolik asit		
4-OH Benzoik Asit	43,17 mg/kg	Shahbaz vd. 2021
Ferulik Asit	3 – 1561 mg/L	Sağdıç vd. 2020
Gallik Asit	0,03 – 0,440 mg/g	Rajan vd. 2021, Rebiai vd. 2021
İsoferulik Asit	0,34 – 3 mg/g	Pellati vd. 2013
Kafeik Asit	0,04 – 21,66 mg/g	Hu vd. 2022, Oroian vd. 2020a, Rebiai vd. 2021
Kafeik Asit Fenil Ester (CAPE)	2,3 – 13,1 mg/g	Pellati vd. 2013
Klorojenik Asit	0,07– 19,35 mg/g	Hu vd. 2022, Rajan vd. 2021
m-Kumarik Asit	1,33 – 13,57 mg/kg	Shahbaz vd. 2021
p-Kumarik Asit	1,21 – 271,7 mg/g	Oroian vd. 2020a, Rajan vd. 2021
Protokateşik Asit	0,06 – 0,52 mg/g	Rajan vd. 2021
Transsinamik Asit	37 – 3532 mg/L	Sağdıç vd. 2020
Vanilik Asit	12,67 – 26,81 mg/kg	Shahbaz vd. 2021

*Çakır 2022'den adapte edilmiştir. *Adapted from Çakır 2022.

Propolis Ekstraksiyon Yöntemleri

Geleneksel Ekstraksiyon Yöntemleri

Propolisin geleneksel ekstraksiyonunda yaygın olarak kullanılan yöntemler maserasyon ve soxhlet ekstraksiyonudur (Trusheva vd. 2007). Ekstrakte edilen biyoaktif bileşenin kompozisyonu ve konsantrasyonu, ekstraksiyon metodunun yanı sıra seçilen solvent konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklık ve süresi, partikül büyüklüğü, katı solvent oranı gibi parametrelerle de yakından ilişkilidir (Oroian vd. 2020b). Bu nedenle bugüne kadar propolisten biyoaktif bileşenlerin elde edilmesinde dimetil sülfoksit (Netíková vd. 2013), metanol, etanol, aseton, diklorometan, heksan, etil asetat gibi pek çok solvent kullanılmıştır (Sambou vd. 2020). Ancak etanol-su karışımı, diğer organik solventlerle kıyaslandığında toksisitesinin düşük olması ve daha yüksek ekstraksiyon etkinliğine sahip olması

nedenleriyle propolis biyoaktif bileşenlerinin ekstraksiyonunda en çok kullanılan solventtir (Escriche ve Juan-Borrás 2018). Diğer yandan yüksek saflıkta ve çok miktarda solvent gereksinimi, kullanılan solventin uzaklaştırılma zorluğu, uzun operasyon süresi ve maliyeti, yüksek sıcaklık uygulamaları nedeniyle sıcaklığa duyarlı biyoaktif bileşenlerde meydana gelen kayıplar geleneksel yöntemlerin en önemli dezavantajlarıdır. Bu dezavantajların minimize edilmesi için gelişen teknoloji ile beraber farklı ekstraksiyon yöntemleri üzerinde durulmaktadır (Şengül ve Topdaş 2019). Propolisin ekstraksiyonunda geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılan yöntemler; çevreye verilen zararın minimumda tutulması sebebiyle yeşil teknikler olarak da adlandırılmaktadır (Yıldız 2020). Yeşil tekniklerin güvenilir olması, daha az kimyasal kullanılması, düşük enerji harcanması, kirliliğin en aza indirgenebilir olması, zaman kaybı

DERLEME / REVIEW

oluşturmaması, yenilenebilir hammadde kullanımına olanak sağlaması son yıllarda gıda teknolojileri açısından tercih edilme nedenleri arasında gösterilmektedir (Şengül ve Topdaş 2019).

Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon Yöntemi

Mikrodalga destekli ekstraksiyon (ME), yüksek frekanslı (300 GHz – 300 MHz) elektromanyetik dalgalar yardımıyla materyalden bir sıvı içinde çözünebilir maddelerin ekstraksiyonu şeklinde tanımlanabilen yeni bir tekniktir (Şengül ve Topdaş 2019). Bu teknikte çözgen seçimi oldukça önemli bir parametre olup çözgenin mikrodalga ışımasını absorblama düzeyi, analitin çözücüdeki çözünürlüğü ve çözücünün materyalin içeriğindeki bileşenlerle etkileşimi dikkate alınmalıdır (Büyüktuncel 2012). Pellati vd. (2013) ham propolisten fenolik bileşenlerin mikrodalga destekli ekstraksiyonunda solvent konsantrasyonunun (%60 – 90 etanol:su) yanı sıra süre (10 – 20 dak.) ve sıcaklık (80 – 120 °C) parametrelerinin ekstraksiyon verimi üzerine etkilerini araştırmıştır. Yapılan bu çalışmada, fenolik bileşenlerin mikrodalga destekli ekstraksiyonu için en uygun solventin %80 etanol olduğu belirlenirken ekstraksiyonun 106 °C'de 15 dakika süresince gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Hamzah ve Leo (2015) tarafından ME ile gerçekleştirilen propolis ekstraksiyonunda ise katı: solvent oranı, mikrodalga gücü ve sıcaklık parametreleri için optimum koşulları belirlemiştir. Çalışma sonuçları 115 °C sıcaklıkta 1:5 katı solvent oranı ve 300 W mikrodalga gücü ile gerçekleştirilen ekstraksiyonun verim açısından uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalarda ME diğer ekstraksiyon yöntemleri ile de ekstraksiyon verimliliği açısından karşılaştırılmıştır. Oroian vd. (2020b), propolis ekstraksiyonunu geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinden olan maserasyon ve mikrodalga ile gerçekleştirmiştir. Maserasyona kıyasla (%91) ME ile daha yüksek ekstraksiyon verimine (%96) ulaşıldığını belirlemiştir. Ayrıca geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla ME ile gerçekleştirilen ekstraksiyonda operasyon süresi kısılırken solvent gereksiniminin de azaldığı belirlenmiştir (Hamzah ve Leo 2015, Pellati vd. 2013). Ekstraksiyon süresi ve çözücü kullanımını azaltması gibi avantajların yanı sıra ME gıda proseslerinde düşük maliyetli olması ve ekipmanların küçüklüğü gibi avantajlara da sahiptir (Cravotto vd. 2008).

Ultrases Destekli Ekstraksiyon Yöntemi

Ultrasonik ses uygulamaları yüksek ve düşük enerjili olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Düşük enerjili

ultrasonik uygulamalarda kullanılan referans; 1 W/cm²'den düşük ses yoğunluğu ve 100 kHz'den yüksek frekansken, yüksek enerjili ultrasonik uygulamalarda kullanılan referans ise 1 W/cm²'den yüksek ses yoğunluğu ve 18-100 kHz'den daha düşük frekans aralığı olarak belirlenmiştir (Cavuldak vd. 2016). Yüksek frekanslı düşük enerjili ultrasonik uygulamalar gıdanın yapısında kimyasal ve fiziksel etkileşimler meydana getirmediği için fizikokimyasal özelliklerinin tespitinde kullanılmaktadır. Düşük frekanslı yüksek enerjili ultrasonik uygulamalarda ise gıdanın yapısında kimyasal ya da fiziksel değişimler meydana gelmekte ve hedeflenen bileşiklerin ekstraksiyonu için kullanılabilir (Oroian vd. 2020a). Yapılan ultrases destekli ekstraksiyon (UE) çalışmalarında fenolik bileşen içeriği bakımından daha zengin propolis ekstraktı elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle yapılan çalışmalarda ekstraksiyon etkinliği üzerine etkili olabilecek katı: solvent oranı, çözücü konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklık ve süresi gibi çeşitli parametrelerin optimize edilmesi üzerinde durulmuştur (Tablo 3).

Çalışmalarda genellikle çözücü olarak etanolün farklı konsantrasyonları kullanılırken dimetilsülfoksit, propilen glikol vb. çözücüler de ekstraksiyon solventi olarak seçilmiştir. Katı solvent oranı (1:9 – 1:300) ve sıcaklık (25 – 75 °C) gibi optimize edilmek istenen parametrelerde çok sayıda çalışmada oldukça geniş bir aralıkta değerlendirilmiştir. Ekstraksiyon süresi olarak neredeyse her çalışmada farklı süreler seçilirken minimum 2 – 3 dakika, maksimum 60 dakika süren ultrases uygulamaları bulunmaktadır. Örneğin Cavalero vd. (2020), propolis ekstraksiyonunu düşük sıcaklıkta (≤ 25 °C), 1:35 katı solvent oranında %90 etanol çözeltisi kullanılarak 20 dakika süresince ultrases uygulayarak gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada elde edilen propolis ekstraktında antioksidan aktivite (18,652 μ mol TEAC/g, DPPH) ve toplam fenolik madde miktarı (3462,4 mg GAE/g) da belirlenmiştir. Oroian vd. (2020a) ise propolisin ultrasonik ekstraksiyonunda ultrasonik genlik, sıcaklık, çözücü konsantrasyonu ve süre parametreleri değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışmada optimum koşulların belirlenmesinde ekstraktın içerdiği toplam fenolik madde miktarı (459,9 mg GAE/g), flavonoid konsantrasyonu (220,6 mg QE/g), ve balsam içeriği (%1,95) dikkate alınmıştır. Çalışma sonuçlarına göre propolisin ultrasonik ekstraksiyonu için %100 ultrasonik amplitude, %70 solvent konsantrasyonu, 58 °C sıcaklık ve 30 dakika en uygun koşullar olarak belirlenmiştir. Ultrases, kullanıldığı bazı sistemlerde

DERLEME / REVIEW

tek başına yeterli olurken bazılarında ısı ve/veya basınç gibi işlemlerle kombine edilerek kullanılmaktadır. Bu kombine sistemlere termosonikasyon (ultrases – sıcaklık), manosonikasyon (ultrases – basınç), manotermosonikasyon (ultrases – sıcaklık – basınç) uygulamaları örnek olarak verilebilmektedir (Knorr vd. 2004). Çakır ve Güzel (2023) tarafından yapılan çalışmada ise propolis ekstraksiyonu termosonikasyon ile gerçekleştirilerek optimum ekstraksiyon için model geliştirilmiştir. Bu çalışmada UE parametreleri olarak etanol konsantrasyonu (%50 – 100), sıcaklık (30 – 70 °C), süre (10 – 50 dak) ve katı solvent oranı (1:100 – 1:300 g/mL) seçilmiştir. UE ile gerçekleştirilen ekstraksiyonun etkinliği geleneksel yöntemle gerçekleştirilen ekstraksiyon (%75 etanol, 50 °C, 1:200 g/mL katı solvent oranı ve 24 saat ekstraksiyon süresi) etkinliği ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda

geleneksel yöntemle elde edilene kıyasla UE ile optimum koşullarda (90% etanol, 51 °C, 32 dakika ve 1:300 g/mL katı solvent oranı) gerçekleştirilen propolis ekstraktında daha yüksek oranda toplam fenolik madde (252,74 mg GAE/g), flavonoid (222,32 mg CE/g), antioksidan aktivite (1,43 mmol TEAC/g) ve balsam konsantrasyonu (%71,99) içerdiği belirlenmiştir. Gargouri vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada da propolis ekstraksiyonu için UE ve geleneksel yöntem antioksidan ve antimikrobiyal etkinlik açısından kıyaslanmış ve propolisin ultrasonik ekstraktının etkinliğinin daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir. Sambou vd. (2020) ise propolis ekstraksiyonunda geleneksel, ME ve UE yöntemlerini kullanarak ekstraktların antiradikal aktivitelerini karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda ise UE yöntemiyle elde edilen propolis ekstraktlarının enyüksek antiradikal aktiviteye (IC50 = 48 µg/mL) sahip olduğunu belirlemiştir.

Tablo 3. Ultrases destekli propolis ekstraksiyonu parametreleri

Table 3. Ultrasound assisted extraction parameters

Katı-Solvent Oranı (Solid:Solvent Ratio)	Sıcaklık (°C) (Temperature, °C)	Süre (dk) (Time, min)	Çözücü Konsantrasyonu (Solvent Concentration)	Kaynak (References)
1:9	—	30	%70 etanol	Sorucu 2015
1:10	75	40	%60 etanol	Acun ve Gül 2021
1:9	—	30	%70 etanol	Sariyev vd. 2019
1:9	—	15	%70 etanol	Nyandwi 2017
1:10	20 – 22	60	%70 etanol	Uçak 2018
1:15	—	20	%80 etanol	Gargouri vd. 2019
2:15	35	60	%70 etanol	Andrade vd. 2017
1:10	58 – 60	2 – 3	%70 etanol, %100 DMSO, %100 propilen glikol	Bakkaloglu vd. 2021

Ultrasonik ses dalgalarının mekanik aktivitesi, solventin dokulara doğru olan dağılımını hızlandırarak hücre duvarı parçalanmasını ve hücre içi bileşenlerin çözücüye kolayca geçmesini sağlamaktadır. Ayrıca ortama ses salınımıyla birlikte salınan yüksek enerji sayesinde mekanik enerji

arttırılarak ısı ve kütle transferi hızlandırılmaktadır (Cavalero vd. 2019, Cavuldak vd. 2016, Oroian vd. 2020a). Bu sayede UE sonucunda pek çok bileşen için geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek ekstraksiyon etkinliği değerleri belirlenmiş ve gıda endüstrisinde daha çok uygulama alanı bulmuştur.

DERLEME / REVIEW

Özellikle yeşil ve yenilikçi teknikler olarak gösterilen mikrodalga, yüksek hidrostatik basınç destekli ekstraksiyon ve süper kritik akışkan ekstraksiyonu gibi ekstraksiyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında, ultrasesin kullanım kolaylığı ve cihazın daha düşük maliyetli olması da avantaj sağlamaktadır. Ultrasesin, ekstraksiyon ve ayırma süreçlerinde karışmayan fazlar arasında kütle transferi sağladığı ve homojenizasyona yardımcı olduğu bilinmektedir. Son araştırmalar, ultrases destekli ekstraksiyon yönteminin çözücü kullanımını azaltması, düşük sıcaklıklarda çalışma kolaylığı sağlayarak bazı aktif bileşiklerin termal bozunmasını önlemesiyle daha kısa sürelerde birçok bileşiğin ekstraksiyonunu sağladığını göstermektedir (Cavalero vd. 2019, Oroian vd. 2020a).

Süper Kritik CO₂ Ekstraksiyon Yöntemi (SC-CO₂)

Süper kritik akışkan, bir gaz ve sıvı arasındaki maddenin ara formunda bulunmaktadır. Sıvılar gibi yoğunluk ve çözünme gücü özelliğine sahipken gazlar gibi difüzyon, viskozite ve yüzey gerilimi özelliklerine de sahiptirler (Azmir vd. 2013). Süper kritik (SC) ekstraksiyon sistemlerinde akışkan olarak genellikle CO₂ kullanılmaktadır. Süper kritik akışkan olarak CO₂'nin kullanımı güvenli, düşük maliyetli, proses sırasında oksidasyonu önlemesi ve yeniden üretilebilir olması nedenleriyle tercih edilmektedir (Bankova vd. 2021). CO₂ polar olmayan yapıda olduğundan polar olan analitiklerin ekstraksiyonu için genellikle küçük miktarlarda metanol, etanol ve diklorometan gibi modifikatör eklemesi yapılmaktadır (Büyüktünel 2012). Süper kritik akışkanların sahip olduğu bu özellikler dolayısıyla ekstraksiyon işleminde iyi bir çözücü olma potansiyeli taşımaktadırlar. Propolisin SC ekstraksiyonunda optimum koşulların belirlenmesi için gerçekleştirilen bir çalışmada, yardımcı çözügen olarak seçilen etanol konsantrasyonu (%0, 1, 2, 4), sıcaklık (31,7, 40 ve 50 °C) ve basıncın (250, 350 ve 450 bar) etkisi incelenmiştir. Çalışmada en yüksek etanol konsantrasyonunun (%4) biyoaktif bileşen verimi açısından propolis ekstraksiyonunda en etkin konsantrasyon olduğu belirlenirken SC-CO₂ ekstraksiyonunun 40 °C ve 350 bar basınçta uygulanması önerilmektedir (Reis vd. 2020). De Zordi vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, propolis ekstraksiyonu sırasında uygulanan basınç ve sıcaklığın flavonoid konsantrasyonu üzerine doğrusal ya da ikinci dereceden etkili olmasına karşın, ekstraksiyon süresinin minör düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak SC-CO₂ ekstraksiyonu,

diğer yöntemlerle gerçekleştirilen propolis ekstraksiyon metotları ile kıyaslandığında ekstraksiyon etkinliğine önemli bir katkısının olmadığı belirlenmiştir (Machado vd. 2015). Antioksidan bileşenlerin seçiciliği açısından değerlendirildiğinde de geleneksel yöntemle gerçekleştirilen (%80 etanol, 70 °C, 30 dak.) propolis ekstraksiyonunun SC ekstraksiyonuna (350 bar, 50 °C, 60 dak ve %1 etanol ilavesi) kıyasla daha etkin olduğu belirlenmiştir (Devequi-Nunes vd. 2018). Propolisin SC-CO₂, maserasyon ve ultrases destekli ekstraksiyonu sonucu, SC-CO₂ yöntemi ile fenolik bileşiklerin geri kazanımı en düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Buna karşın bu yöntemler içerisinde antioksidan aktivite üzerine olumsuz etkisi olmaksızın zaman açısından en verimli yöntem olarak ultrases destekli ekstraksiyon önerilmektedir (Barrientos Lezcano vd. 2023). Benzer şekilde, de Zordi vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada da propolisin SC-CO₂ ile ekstraksiyonu flavonoid içeriği bakımından UE ile karşılaştırılmış ve UE'nun propolis için daha iyi bir yöntem olduğu bildirilmektedir. Sonuç olarak, propolis ekstraksiyonu için SC-CO₂ ekstraksiyonu düşük polaritesi ve yardımcı çözügen ihtiyacı nedeniyle diğer pek çok avantajına rağmen tercih edilen yöntemler arasında yer almamaktadır (Bankova vd. 2021).

Yüksek Basınç Ekstraksiyon Yöntemi

Yeni ve çevreci ekstraksiyon yöntemlerinden biri olan basınçlı sıvı ekstraksiyonu, gelişmiş çözücü ekstraksiyonu, yüksek basınçlı çözügen ve hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu olarak da adlandırılmaktadır (Nieto vd. 2010). Hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu 20,3 MPa'a kadar çıkabilen yüksek basınçlar ve 40 – 200 °C arası sıcaklıklarda kapalı bir ortamda gerçekleştirilmektedir (Erdoğan vd. 2011). Bu işlem yüksek sıcaklık ve basınç kullanılarak çözücünün gıdaya daha hızlı nüfus etmesi ve bileşenlerin ayrışması prensibine dayanmaktadır. Bu sayede daha az miktarda solvent kullanılarak ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Kullanılan yüksek sıcaklık; Van der Waals kuvvetleri, hidrojen bağı ve dipol çekim gibi analit-örnek matriksi etkileşimlerinin bozulmasına neden olarak ekstraksiyon veriminin artmasını sağlamaktadır (Richter vd. 1996). Sıcaklık kullanımı moleküller arasındaki adhezyon ve kohezyon kuvvetleri ile desorpsiyon için gerekli olan aktivasyon enerjisinin azaltılmasını sağlar (Büyüktünel 2012). Fakat kullanılan yüksek sıcaklık bileşen yapısında bozulmalara neden olabilmektedir. Erdoğan ve arkadaşları (2011),

DERLEME / REVIEW

propolis ekstraksiyonunda basınçlı sıvı ekstraksiyonu yöntemiyle gerçekleştirmiş ve fenolik bileşenleri %97 – 99 oranında elde ettiklerini bildirmiştir. Hızlandırılmış solvent ekstraksiyonundan farklı olarak yüksek hidrostatik basınç uygulamaları da propolis ekstraksiyonunda kullanılmaktadır. Bu yöntemde yüksek hidrostatik basınç (100 – 800 MPa) gıda matrisine daha kısa sürede solvent girişi sağlayarak ekstraksiyon verimini artırırken süreyi kısaltmaktadır (Bankova vd. 2021). Xi ve Shouqin (2007) tarafından yapılan çalışmada propolis ekstraksiyonu oda sıcaklığında uygulanan yüksek basınç (500 MPa) ile gerçekleştirilmiş ve ekstraksiyon etkinliği geleneksel yöntemlerle kıyaslanmıştır. Bu çalışma propolis ekstraksiyonunda yüksek basınç uygulamalarının uzun süren (4 h – 7 gün) geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha kısa sürede (1 dak) benzer etkinlik düzeyine ulaşabileceğini göstermiştir. Hem yüksek hidrostatik basınç uygulamaları hem de hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu propolis ekstraksiyonunda süre açısından büyük avantaj sağlasa da her iki yöntemde de özel ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır (Bankova vd. 2021).

Derin Ötektik Solvent Ekstraksiyon Yöntemi

Son yıllarda, çevre kirliliğini azaltmayı ve verimi daha düşük maliyetlerle artırmayı amaçlayan, süper kritik akışkanlar, yüksek basınç, ultrases ve mikrodalga gücünün kullanıldığı pek çok yeni ekstraksiyon yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntemlerin pek çoğu propolis ekstraksiyonu için de kullanılarak etkinlikleri yapılan çalışmalarla değerlendirilmiştir. Uygulanan bu yöntemlerde ise ana veya yardımcı çözügen olarak genellikle etanol kullanılmıştır. Ancak son yıllarda kimyasal kullanımında azalmaya gidilip çevre dostu, geri dönüşüm olanaklı ve yenilenebilir çözücü arayışı artmıştır. Bu alanda sürdürülen çalışmalarda yeşil çözücü olarak da adlandırılan derin ötektik solventler (DÖS) ön plana çıkmıştır (Aydın vd. 2021). Derin ötektik solventler, belli oranlarda karıştırılıp, çözücülüğe ve kendi bileşenlerinden daha düşük erime noktasına sahip homojen karışımlar olarak tanımlanmaktadır (Dai vd. 2013). Bu çözücüler toksik olmayan hidrojen bağ alıcısı (HBA) (kuaterner amonyum, tetrakilamonyum ve fosfonyum tuzları) ve hidrojen bağ verici (HBV) (asitler, alkoller, aminler ve karbonhidratlar) özelliğe sahip iki bileşenden oluşmaktadır (Zhang vd. 2018). Derin ötektik solventlerin etkinliğindeki en önemli parametreler kullanılan bileşenlerin yanı sıra su miktarı, viskozite ve yoğunluktur (Palos-Hernández vd. 2022). Bazı çalışmalar, suyun DÖS'lerin

kimyasal yapısı için önemli bir etken olduğunu ve hidrojen bağ alıcısı ile hidrojen bağ vericisinin etkileşimini güçlendirdiğini bildirmektedir (Ma vd. 2018). Diğer yandan su miktarındaki artış DÖS'in yoğunluğunda ve viskozitesinde azalmaya neden olmakta ve böylece bağların etkisini azaltıp DÖS'in etkinliğini düşürebildiği de yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Bi vd. 2020, Mbous vd. 2017). Propolis ekstraksiyonunda derin ötektik solventler genellikle UE ve ME gibi yeni ekstraksiyon yöntemleriyle birlikte kullanılmış ve ekstraksiyon etkinliğinin arttığı görülmüştür (Koutsoukos vd. 2019). Propolis ekstraksiyonunda farklı derin ötektik solventlerin etkinliği etanol (%70) ile karşılaştırılmıştır. DÖS'ler içerisinde etanole en yakın sonuç, propilen glikol ve sitrik asit (1:4) ile hazırlanan DÖS ile elde edilmiştir (Trusheva vd. 2019). Benzer şekilde Funari vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada da farklı derin ötektik çözücüler kullanılmıştır. Bu çalışmada ise kolin ve propilen glikol (1:1) ile hazırlanan derin ötektik solventin propolis ekstraksiyonunda kullanılabilecek en etkili solvent olduğu bildirilmektedir. Literatürde farklı kaynaklardan elde edilen propolisler için farklı derin ötektik solventlerin etkinliği belirlenmekle birlikte yapılan çalışmalarda DÖS'lerin genel olarak etkinliği yüksek yeşil bir solvent olduğu vurgulanmaktadır.

Sonuç

Ham haliyle tüketilemeyen ve birçok faydası kanıtlanmış bir ürün olan propolisin hem gıda bilimi hem de endüstrisi bakımından önemli bir potansiyelinin olduğu değerlendirilmiştir. Bu bakımdan propolisten yüksek verim sağlanabilmesi amacıyla ekstraksiyon işleminin gerçekleştirilmesi gereklidir. Ekstraksiyon işleminde kullanılan solventin seçimi ise ekstraksiyonu verimliliği açısından oldukça önemli bir parametredir. Propolis ekstraksiyonunda genellikle kullanılan etanol:su karışımlarının yanısıra kullanılan yeşil solventler de ekstraksiyonu verimliliği açısından gelecek vadetmektedir. Ham propolisin kimyasal özelliklerinin önemli derecede etkili olduğu ekstraksiyon verimi ve ürün stabilizasyonu üzerine, seçilen ekstraksiyon yönteminin yanı sıra kullanılan metodun da etkisi bulunmaktadır. Bugüne kadar kullanılmış olan geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinin zaman ve fazla miktarda çözücü gerektirdiği de bilinmektedir. Bu sebeple günümüzde yeşil ekstraksiyon teknikleri giderek popülerlik kazanmaktadır. Çağımız problemleri haline gelen çevre kirliliği ve fazla tüketim gibi sorunlar için kimyasal kullanımının minimize edildiği, enerji

DERLEME / REVIEW

tasarrufu sağlayan yeşil tekniklerden olan ultrases desteği ile gerçekleştirilen ekstraksiyonların, kaynakların verimli kullanılması ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önem taşıdığı düşünülmektedir. Bilimsel anlamda propolisin ultrases destekli ekstraksiyonunda farklı çözücülerle ve özellikle derin ötektik çözücülerle ekstraksiyonunun gerçekleştirildiği, en iyi propolis çözücü kombinasyonunun net bir şekilde görülmesine katkı sağlayabilecek yeni çalışmaların yapılması ve desteklenmesi gerekmektedir. Propolisin sahip olduğu fonksiyonel, kimyasal ve biyolojik özellikleri nedeniyle gıda sektöründe ürün formülasyonlarının geliştirilmesinde kullanımı açısından önemli bir potansiyelinin olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada değeri her gün daha fazla anlaşılan propolisin fiziksel ve kimyasal özellikleri, geleneksel ve yenilikçi yöntemlerle ekstraksiyonuna dair yapılan önemli çalışmalar derlenerek sunulmuştur.

Çıkar çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederler.

Etik onayı: Bu çalışma insan veya hayvan testlerini içermemektedir.

Finansman Yazarlar herhangi bir fonlarının olmadığını beyan ederler.

Yayın Onayı: Tüm yazarlar makaleyi onayladılar ve Uludağ Arıcılık Dergisine gönderilmesini kabul ettiler.

Yazar Katkısı: Makale NG tarafından tasarlanmıştır. Literatür taraması, veri toplama, taslağın yazımı BÇ, ŞMY ve NG tarafından gerçekleştirilmiştir. Tüm yazarlar makalenin son versiyonunu onayladı.

KAYNAKÇA

- Acun S ve Gül H. Mikroenkapsüle Çam Propolisinin Top Kek Üretiminde Kullanılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 2021;11(2),1205-1217, doi.org/10.21597/jist.855038.
- Al-Juhaimi FY, Özcan MM, Ahmed IAM, Alsawmahia ON, Özcan MM, Ghafoor K, Babiker EE. Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, Fatty Acid Composition, and Antimicrobial Activity of Propolis from Different Locations in Turkey. *Journal of Apicultural Research*, 2021;1-9, doi.org/10.1080/00218839.2021.1898785.

- Andrade JKS, Denadai M, de Oliveira CS, Nunes ML, Narain N. Evaluation of Bioactive Compounds Potential and Antioxidant Activity of Brown, Green and Red Propolis from Brazilian Northeast Region. *Food Research International*. 2017;101,129-138, doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.066.
- Aydın M, Danacıoğlu D A, Türker S. Propolisin Genel Özellikleri ve Kullanımı. *Gıda*. 2021;46(1),69-81, doi.org/10.15237/gida.GD20102.
- Azmir J, Zaidul ISM, Rahman MM, Sharif KM, Mohamed A, Sahena F vd. Techniques for Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials: A Review. *Journal of Food Engineering*. 2013;117(4),426-436, doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014.
- Bakkaloglu Z, Arici M, Karasu S. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Turkish Propolis and Characterization of Phenolic Profile, Antioxidant and Antimicrobial Activity. *Food Science and Technology*. 2021;41, 687-695, doi.org/10.1590/fst.14520.
- Bakkaloğlu Z, Arıcı M. Farklı Çözücülerle Propolis Ekstraksiyonunun Toplam Fenolik İçeriği, Antioksidan Kapasite ve Antimikrobiyal Aktivite Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*. 2019;17(4),538-545, doi.org/10.24323/akademik-gida.667272.
- Bankova V, Trusheva B, Popova M. Propolis Extraction Methods: A Review. *Journal of Apicultural Research*. 2021;60(5),734-743, doi.org/10.1080/00218839.2021.1901426.
- Bankova V. Chemical Diversity of Propolis and the Problem of Standardization. *Journal of Ethnopharmacology*. 2005;100(1-2),114-117, doi.org/10.1016/j.jep.2005.05.004.
- Barrientos Lezcano JC, Gallo Machado J, Marin Palacio LD, Builes S. Extraction kinetics and physicochemical characteristics of Colombian propolis. *Journal of Food Process Engineering*, (2023), e14272, doi: 10.1111/jfpe.14272.
- Bi Y, Chi X, Zhang R, Lu Y, Wang Z, Dong Q vd. Highly Efficient Extraction of Mulberry Anthocyanins in Deep Eutectic Solvents: Insights of Degradation Kinetics and Stability Evaluation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2020;66,102512, doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102512.

DERLEME / REVIEW

- Bozkuş TN, Değer O, Yaşar A. Chemical Characterization of Water and Ethanolic Extracts of Turkish Propolis by HPLC-DAD and GC-MS. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*. 2021;44(1-2), 77-86, doi.org/10.1080/10826076.2021.1883648.
- Büyüktuncel E. Gelişmiş Ekstraksiyon Teknikleri I. Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy. 2012;(2),209-242.
- Cavalaro RI, da Cruz RG, Dupont S, de Moura JMLN, de Souza Vieira TMF. In Vitro and in Vivo Antioxidant Properties of Bioactive Compounds from Green Propolis Obtained by Ultrasound Assisted Extraction. *Food Chemistry X*. 2019;4,100054, doi.org/10.1016/j.fochx.2019.100054.
- Cavalaro RI, de Freitas Fabricio LF, de Souza Vieira TMF. Ultrasound Assisted Extraction of Antioxidants from *Baccharis Dracunculifolia* and Green Propolis. *Processes*. 2020;8(12),1530, doi.org/10.3390/pr8121530.
- Cavuldak ÖA, Vural N, Anlı RE. Bitki Kaynaklı Fenolik Bileşiklerin Ultrasonik Dalga Destekli Ekstraksiyonu. *Gıda*. 2016;41(1),53-61, doi.org/10.15237/gida.GD15059.
- Cravotto G, Boffa L, Mantegna S, Perego P, Avogadro M, Cintas P. Improved Extraction of Vegetable Oils under High-Intensity Ultrasound and/or Microwaves. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2008;15(5),898-902, doi.org/10.1016/j.ultsonch.2007.10.009.
- Çakır B, Güzel N. Optimization of Propolis Extraction Under Thermosonication and Quantification of Bioactive Compounds by LC-MS/MS. *Food Analytical Methods*. 2023;16(9),1583-1595, doi.org/10.1007/s12161-023-02526-0.
- Çakır B. Propolis Biyoaktif Bileşenlerinin Ultrasonik Ekstraksiyonunda Sıcaklık, Süre ve Solvent Konsantrasyonunun Etkisinin Belirlenmesi. Hitit Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çorum, 2022.
- Dai Y, van Spronsen J, Witkamp GJ, Verpoorte R, Choi YH. Natural Deep Eutectic Solvents as New Potential Media for Green Technology. *Analytica Chimica Acta*. 2013;766,61-68, doi.org/10.1016/j.aca.2012.12.019.
- de Zordi N, Cortesi A, Kikic I, Moneghini M, Solinas D, Innocenti G vd. The Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Polyphenols from Propolis: A Central Composite Design Approach. *The Journal of Supercritical Fluids*. 2014;95,491-498, doi.org/10.1016/j.supflu.2014.10.006.
- Deblock-Bostyn G. L'Abeille et Ses Produits. *Bull Soc Pharm Lille*. 1982;38,181-203.
- Devequi-Nunes D, Machado BAS, Barreto GDA, Rebouças Silva J, da Silva DF, da Rocha JLC vd. Chemical Characterization and Biological Activity of Six Different Extracts of Propolis Through Conventional Methods and Supercritical Extraction. *PLoS One*. 2018;13(12), e0207676, doi.org/10.1371/journal.pone.0207676.
- Erdoğan S, Ateş B, Durmaz G, Yılmaz I, Seckin T. Pressurized Liquid Extraction of Phenolic Compounds from Anatolia Propolis and Their Radical Scavenging Capacities. *Food and Chemical Toxicology*. 2011;49(7),1592-1597, doi.org/10.1016/j.fct.2011.04.006.
- Escriche I, Juan-Borrás M. Standardizing the Analysis of Phenolic Profile in Propolis. *Food Research International*. 2018;106,834-841, doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.055
- Funari CS, Sutton AT, Carneiro RL, Fraige K, Cavalheiro AJ, da Silva Bolzani V, Arrua RD. Natural Deep Eutectic Solvents and Aqueous Solutions as an Alternative Extraction Media for Propolis. *Food Research International*. 2019;125,108559, doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108559.
- Gargouri W, Osés SM, Fernández-Muiño MA, Sancho MT, Kechaou N. Evaluation of Bioactive Compounds and Biological Activities of Tunisian Propolis. *Lwt*. 2019;111,328-336, doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.044.
- Hamzah N, Leo CP. Microwave-Assisted Extraction of Trigona Propolis: The Effects of Processing Parameters. *International Journal of Food Engineering*. 2015;11(6),861-870, doi.org/10.1515/ijfe-2015-0106.
- Hu H, Wang Y, Zhu H, Dong J, Qiao J, Kong L, Zhang H. Two Novel Markers to Discriminate Poplar Type Propolis From Poplar Bud Extracts: 9-Oxo-ODE and 9-Oxo-ODA. *Journal of Food Composition and Analysis*.

DERLEME / REVIEW

- 2022;105,104196,
doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104196.
- Karlıdağ SK, Genç F. Farklı Balansı (Apis Mellifera) İrk ve Yöntemleri ile Üretilen Propolis Örneklerinin Reçine Miktarları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2007;7(2),52-58.
- Keskin M. Alginat-Propolis Mikrokapsüllerin in vitro Sindirim Sisteminde Salımının Ham Propolis ile Kıyaslanması. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2018;18(2),94-100,
doi.org/10.31467/uluaricilik.485031
- Keskin Ş, Yatanaslan L, Karlıdağ S. Farklı İllerden Toplanan Propolis Örneklerinin Kimyasal Karakterizasyonu. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2020;20(1),81-88,
doi.org/10.31467/uluaricilik.714317.
- Knorr D, Zenker M, Heinz V, Lee DU. Applications and Potential of Ultrasonics in Food Processing. *Trends in Food Science & Technology*. 2004;15(5),261-266,
doi.org/10.1016/j.tifs.2003.12.001.
- Koutsoukos S, Tsiaka T, Tzani A, Zoumpoulakis P, Detsi A. Choline Chloride and Tartaric Acid, a Natural Deep Eutectic Solvent for the Efficient Extraction of Phenolic and Carotenoid Compounds. *Journal of Cleaner Production*. 2019;241,118384,
doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118384.
- Krell R. Value-Added Products From Beekeeping. *Food & Agriculture Org*. 1996;124.
- Kumova Ü, Korkmaz A, Avcı BC, Ceyran G. Önemli Bir Arı Ürünü: Propolis. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2002;2(2),10-24.
- Ma C, Laaksonen A, Liu C, Lu X, Ji X. The Peculiar Effect of Water on Ionic Liquids and Deep Eutectic Solvents. *Chemical Society Reviews*. 2018;47(23),8685-8720,
doi.org/10.1039/C8CS00325D.
- Machado BAS, Barreto GDA, Costa AS, Costa SS, Silva RPD, da Silva DF vd. Determination of Parameters for the Supercritical Extraction of Antioxidant Compounds from Green Propolis Using Carbon Dioxide and Ethanol as Co-Solvent. *PLoS One*. 2015;10(8), e0134489,
doi.org/10.1371/journal.pone.0134489.
- Mbous YP, Hayyan M, Hayyan A, Wong WF, Hashim MA, Looi CY. Applications of Deep Eutectic Solvents in Biotechnology and Bioengineering—Promises and Challenges. *Biotechnology and Advances*. 2017;35(2),105-134,
doi.org/10.1016/j.biotechadv.2016.11.006.
- Netíková L, Bogusch P, Heneberg P. Czech ethanol-free propolis extract displays inhibitory activity against a broad spectrum of bacterial and fungal pathogens. *Journal of Food Science*. 2013;78 (9), M1421-M1429,
doi.org/10.1111/1750-3841.12230.
- Nieto A, Borrull F, Pocurull E, Marcé RM. Pressurized Liquid Extraction: A Useful Technique to Extract Pharmaceuticals and Personal-Care Products From Sewage Sludge. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2010;29(7),752-764,
doi.org/10.1016/j.trac.2010.03.014.
- Nyandwi R. Farklı Ülkelerden Sağlanan Ham Propolislerin Biyolojik Aktiviteye Sahip Fenolik Bileşik İçeriklerinin Karşılaştırılması. *Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bursa, 2017, (erişim tarihi.01.01.2004),
https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi*.
- Oroian M, Dranca F, Ursachi F. Comparative Evaluation of Maceration, Microwave and Ultrasonic-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Propolis. *Journal of Food Science and Technology*. 2020b;57(1),70-78,
doi.org/10.1007/s13197-019-04031-x.
- Oroian M, Ursachi F, Dranca F. Influence of Ultrasonic Amplitude, Temperature, Time and Solvent Concentration on Bioactive Compounds Extraction From Propolis. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020a; 64,105021,
doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105021.
- Özdal T, Ceylan FD, Eroğlu N, Kaplan M, Olgun EO, Çapanoğlu E. Investigation of Antioxidant Capacity, Bioaccessibility and LC-MS/MS Phenolic Profile of Turkish Propolis. *Food Research International*. 2019;122,528-536,
doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.028.
- Palos-Hernández A, Fernández MYG, Burrieza JE, Pérez-Iglesias JL, González-Paramás AM. Obtaining Green Extracts Rich in Phenolic Compounds from Underexploited Food by-Products Using Natural Deep Eutectic Solvents. Opportunities and Challenges.

DERLEME / REVIEW

- Sustainable Chemistry and Pharmacy. 2022;29,100773, doi.org/10.1016/j.scp.2022.100773.
- Pellati F, Prencipe FP, Bertelli D, Benvenuti S. An Efficient Chemical Analysis of Phenolic Acids and Flavonoids in Raw Propolis by Microwave-Assisted Extraction Combined with High-Performance Liquid Chromatography Using the Fused-Core Technology. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2013;81,126-132, doi.org/10.1016/j.jpba.2013.04.003.
- Rajan M, Batista TC, Oliveira CS, Oliveira DG, Narain N. Optimization of Solvent Extraction and HPLC-DAD Method Parameters for Determination of Phenolic Compounds in Various Brazilian Propolis. *Journal of Apicultural Research*. 2021;1-14, doi.org/10.1080/00218839.2021.1996111.
- Rebiai A, Seghir BB, Hemmami H, Zeghoud S, Belfar ML, Kouadri I. Determination of Some Phenolic Acids in Algerian Propolis. *Ovidius University Annals of Chemistry*. 2021;32(2),120-124, doi.org/10.2478/auoc-2021-0018.
- Reis JHDO, Barreto GDA, Cerqueira JC, Anjos JPD, Andrade LN, Padilha FF vd. Evaluation of the Antioxidant Profile and Cytotoxic Activity of Red Propolis Extracts from Different Regions of Northeastern Brazil Obtained by Conventional and Ultrasound Assisted Extraction. *Plos One*. 2019;14(7), e0219063, doi.org/10.1371/journal.pone.0219063.
- Reis JHDO, Machado BAS, Barreto GDA, Anjos JPD, Fonseca LMDS, Santos AAB vd. Supercritical Extraction of Red Propolis: Operational Conditions and Chemical Characterization. *Molecules*. 2020;25(20),4816, doi.org/10.3390/molecules25204816.
- Richter BE, Jones BA, Ezzell JL., Porter NL, Avdalovic N, Pohl C. Accelerated Solvent Extraction: a Technique for Sample Preparation. *Analytical Chemistry* 1996;68(6),1033-1039, doi.org/10.1021/ac9508199.
- Sağdıç O, Karasu S, Göktaş H. Piyasada Satılan Ticari Propolis Örneklerinin Biyoaktif Bileşenlerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*. 2020;(19),19-31, doi.org/10.31590/ejosat.734204.
- Sambou M, Jean-François J, Ndongou Moutombi FJ, Doiron JA, Hebert M, Joy AP vd. Extraction, Antioxidant Capacity, 5-Lipoxygenase Inhibition and Phytochemical Composition of Propolis from Eastern Canada. *Molecules*. 2020;25(10),2397, doi.org/10.3390/molecules25102397.
- Sariyev R, Çaycı M, Oruç HH. Azerbaycan Propolislerinin Fenolik Madde İçerikleri ve Kalite Açısından Değerlendirilmesi. *Journal of Research in Veterinary Medicine*. 2019;38(2),44-51, doi.org/10.30782/jrv.578182.
- Shahbaz M, Zahoor T, Arshad R, Rafiq S, Qaisrani TB, Liaqat A vd. Chemical Profiling, HPLC Characterization And In Vitro Antioxidant Potential Of Pakistani Propolis Collected From Peripheral Region Of Faisalabad. *Cellular And Molecular Biology*. 2021;67(1),40-44, doi.org/10.14715/cmb/2021.67.1.6.
- Sorucu A. Marmara Bölgesindeki Propolislerde Biyolojik Etkisi Olan Fenolik Madde ve Miktarlarının Mevsim ve Rakım Farkına Bağlı Olarak Belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Bursa, 2015, (erişim tarihi.01.01.2004), https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi*.
- Şengül M, Topdaş EF. Katı-Sıvı Ekstraksiyonunda Kullanılan Modern Teknikler ve Bu Teknikler Arasında Ultrason Yardımlı Ekstraksiyonun Yeri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2019;50(2),201-216, doi.org/10.17097/ataunizfd.466649.
- Şenol Yazkan SN, Hendek Ertop M. Maserasyon, reflüks ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemleri ile üretilen kestane propolis ekstraktlarının farklı gıda modellerinde kullanımı: Fizikokimyasal, duyu ve biyoaktif niteliklere etkisi. *Food and Health*. 2024;10(1),22-39, doi.org/10.3153/FH24003.
- Trusheva B, Petkov H, Popova M, Dimitrova L, Zaharieva M, Tsvetkova I vd. "Green" Approach to Propolis Extraction: Natural Deep Eutectic Solvents. *Comptes Rendus De l'Académie Bulgare Des Sciences*.

DERLEME / REVIEW

- 2019;72(7),
doi.org/10.7546/CRABS.2019.07.06.
- Trusheva B, Trunkova D, Bankova V. Different Extraction Methods of Biologically Active Components From Propolis: A Preliminary Study. *Chemistry Central Journal*. 2007;1(1),1-4, doi.org/10.1186/1752-153X-1-13.
- TSE. Türk Standartları Enstitüsü. TS12910. Arıcılık-Arı Tutkalı (Propolis). 2003.
- Uçak İ. Propolis Ekstraktı ile Zenginleştirilmiş Balık Yağında Lipit Oksidasyonu Düzeyinin Belirlenmesi. *Gıda/Gıda Dergisi*. 2018;43(3), doi.org/10.15237/gida.GD18031.
- Xi J, Shouqin Z. Antioxidant Activity of Ethanol Extracts of Propolis by High Hydrostatic Pressure Extraction. *International Journal of Food Science & Technology*. 2007;42(11),1350-1356, doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01339.x.
- Yavuz C, Ertürk Ö, Sarıkaya A. Propolisin Biyolojik Önemi. *Arıcılık Araştırma Dergisi*. 2012;8,32-33.
- Yıldız O. Tüketilebilir Propolis Ekstrelerinde Kullanılan Çözücülerin (Menstrumların) Değerlendirilmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2020;20(1),24-37, doi.org/10.31467/uluaricilik.659556.
- Yucel B, Topal E, Kosoğlu M. Bee Products as Functional Food. Ed. Waisundara V, Shiomi N, "Superfood and Functional Food-An Overview of Their Processing and Utilization". InTech Press, Croatia, 2017, p.15-33.
- Zainal WNH, Azian NAAM, Albar SS, Rusli AS. Effects of Extraction Method, Solvent and Time on the Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of *Tetrigona Apicalis* Malaysian Propolis. *Journal of Apicultural Research*. 2021;1-7, doi.org/10.1080/00218839.2021.1930958.
- Zhang H, Fu Y, Niu F, Li Z, Ba C, Jin B vd. Enhanced Antioxidant Activity and in Vitro Release of Propolis by Acid-Induced Aggregation Using Heat-Denatured Zein and Carboxymethyl Chitosan. *Food Hydrocolloids*. 2018;81,104-112, doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.019.