



Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni

Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association

e-ISSN: 2667-8381



Cilt (Volume): 15 - Sayı (Issue): 1 - 2024
<https://dergipark.org.tr/vetfarmatoksbulten>



Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni
Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association

Baş Editör / Editor-in-Chief

Prof.Dr. Ender YARSAN (Ankara Üniversitesi, Türkiye)



Editörler Kurulu / Editorial Board

Prof.Dr. Levent ALTINTAŞ (Ankara Üniversitesi, Türkiye)
Prof.Dr. Füsün TEMAMOĞULLARI (Harran Üniversitesi, Türkiye)
Prof.Dr. Begüm YURDAKÖK DİKMEN (Ankara Üniversitesi, Türkiye)
Prof.Dr. Hüsamettin EKİCİ (Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye)
Prof.Dr. Mustafa YİPEL (Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Türkiye)
Dr. Sedat SEVİN (Ankara Üniversitesi, Türkiye)

Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof.Dr. Abdurrahman AKSOY (Ondokuzmayıs Üniversitesi)	Prof.Dr. Cavit KUM (Adnan Menderes Üniversitesi)
Prof.Dr. Arif ALTINTAŞ (Ankara Üniversitesi)	Prof.Dr. Aneliya MILANOVA (Trakya Üniversitesi, Bulgaristan)
Prof.Dr. Nuri ALTUĞ (Namık Kemal Üniversitesi)	Prof.Dr. Songül SONAL (Uludağ Üniversitesi)
Prof.Dr. Yavuz Osman BİRDANE (Afyon Kocatepe Üniversitesi)	Prof.Dr. İbrahim TAŞAL (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)
Prof.Dr. Mehmet ÇALICIOĞLU (Fırat Üniversitesi)	Prof.Dr. Bünyamin TRAŞ (Selçuk Üniversitesi)
Prof.Dr. Gürdal DAĞOĞLU (Fırat Üniversitesi)	Prof.Dr. Murat YILDIRIM (İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi)
Prof.Dr. İbrahim DEMİRKAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)	Prof.Dr. Ali Cesur ONMAZ (Erciyes Üniversitesi)
Prof.Dr. Ahmet DOĞANAY (Ankara Üniversitesi)	Dr. Ishraga G. İBRAHİM (Central Veterinary Res Lab, Sudan)
Prof.Dr. Gökhan ERASLAN (Erciyes Üniversitesi)	Dr. Shahram SAGHAEI (Orumieh Azad Üniversitesi, İran)
Prof.Dr. İzzet KARAHAN (Balıkesir Üniversitesi)	Dr. Tomaž SNOJ (Ljubljana Üniversitesi, Slovenya)





Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni
Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association



İmtiyaz Sahibi : Prof.Dr. Ender YARSAN

Yazı İşleri Müdürü : Prof.Dr. Levent ALTINTAŞ

Dernek Yazışma Adresi : Atmaca Sokak No: 8/3 06110, Dışkapı- Ankara

Kapak Tasarım : Makromedya Halkla İlişkiler Ltd. Şti.

Dizgi : Prof.Dr. Hüsamettin EKİCİ

Bültenin amacı, bilimsel etik kuralları çerçevesinde, Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji ile ilgili ulusal - uluslararası literatüre katkıda bulunacak derleme türünde çalışmalarını yayınlamaktır. Yılda üç kez yayınlanan kör hakemli bir açık erişim bültenidir. Bültenin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Alınan tüm yazılar intihal yazılımları (iThenticate veya Turnitin programı) ile kontrol edilmektedir.

Bültenimiz 2019 yılı Cilt 10, Sayı 1'den itibaren ResearchBib (Academic Research Index), ESJI (Eurasian Scientific Journal Index), ROOTINDEXING, Google Scholar, Sindex (Scientific Indexing Services), 2020 yılı Cilt 11, Sayı 1'den itibaren de ASOS İndeks, Türkiye Atıf Dizini, Index Copernicus, TR Dizin ve ve 2023 yılından itibaren ise SOBİAD indeksleri tarafından taranmaktadır. Bültenimizde yayınlanacak makalelere Cilt: 11, Sayı: 1'den itibaren DOI numarası verilmektedir.

Her Hakkı Saklıdır. Bülteinde yer alan yazılar kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir. Yazıların her türlü sorumluluğu yazarlara aittir.

İletişim: vftdbulten@vetfarmatoks.org.tr





Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni
Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Cilt: 15 - Sayı: 1- 2024

29.04.2024

1. PAPAVER SOMNIFERUM (HAŞHAŞ) BİTKİSİNİN ALKOLOİDLERİNİN FARMAKOLOJİK ve TOKSİKOLOJİK ÖZELLİKLERİ
ALKALOIDS OF THE PAPAVER SOMNIFERUM (OPIUM POPPY) PHARMACOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL PROPERTIES
Pınar PORTAKAL, Tuğba GÜRKÖK TAN.....01
2. NEUROANATOMY, DIGITAL ATLASES, AND TEMPLATES OF BRAINS OF DOMESTIC ANIMALS (CAT, DOG, PIG, HORSE and SHEEP) USING MAGNETIC RESONANCE IMAGING
MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME KULLANILARAK EVCİL HAYVANLARIN (KEDİ, KÖPEK, DOMUZ, AT ve KOYUN) NÖROANATOMİSİ, DİJİTAL ATLASLARI ve BEYİN ŞABLONLARI
Sedat AYDOĞDU.....11
3. BAYBURT İLİNİN EKONOMİK KALKINMASINDA HAYVANSAL ÜRETİM VE ÖNEMİ
ANIMAL PRODUCTION AND ITS IMPORTANCE IN THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF BAYBURT PROVINCE
Mazhar Burak CAN, Beyza Nur CENGİZ, Halit İMİK.....23
4. PARVOVİRAL ENTERİTLİ KÖPEKLERİN BİYOKİMYASAL PARAMETRELER AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ
EVALUATION OF DOGS WITH PARVOVIRAL ENTERITIS IN TERMS OF BIOCHEMICAL PARAMETERS
Esengül ANIL, Murat GÖKGÖZ.....39
5. MICROPLASTICS, A NEW EMERGING CONTAMINANT IN FOODS
GIDALARDA YENİ ORTAYA ÇIKAN KİRLİTİCİ MİKROPLASTİKLER
Elif Ceren ÇAKIROĞLU, Eray BURTAÇGİRAY, Sedef VEREP, Güzin İPLİKÇİOĞLU ARAL.....47



Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni
Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association
e-ISSN: 2667-8381

Pınar PORTAKAL^{1,a,*}
Tuğba GÜRKÖK TAN^{1,b}

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi Gıda ve Tarım Meslek Yüksek Okulu, Çankırı

ORCID^a: 0000-0002-5994-5872

ORCID^b: 0000-0003-0599-5628

***Sorumlu Yazar:** Pınar PORTAKAL
E-Posta: pinarportakal@karatekin.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.12.2023

Kabul Tarihi: 24.01.2024

15 (1): 01-10, 2024

DOI: 10.38137/vftd.1398945

Makale atfı

Portakal, P. ve Gürkök Tan, T. (2024). *Papaver somniferum* (Haşhaş) Bitkisinin Alkaloidlerinin Farmakolojik ve Toksikolojik Özellikleri, *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 15 (1), 01-10. DOI: 10.38137/vftd.1398945.

***PAPAVER SOMNIFERUM* (HAŞHAŞ) BİTKİSİNİN
ALKOLOİDLERİNİN
FARMAKOLOJİK ve TOKSİKOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

ÖZET. Endüstriyel ve tıbbi açıdan önemli bir bitki olan *Papaver somniferum* L. (haşhaş) uzun bir kullanım geçmişine sahiptir. Haşhaş, morfin, kodein, tebain, papaverin, noskapin ve narsein gibi güçlü alkaloidleri üretmektedir. Bu alkaloidler, ağrı kesici (analjezik), öksürük bastırıcı (antitusif) ve bazı durumlarda yatıştırıcı (sedatif) etkilere sahiptir. Morfin, kodein ve diğer alkaloidler, şiddetli ağrıları hafifletmek için kullanılan güçlü analjeziklerdir. Bu nedenle, cerrahi operasyonlar veya şiddetli ağrı durumlarında kullanılmaktadırlar. Uygun şekilde kullanıldığında, ağrıyı hafifletebilirler, ancak kötüye kullanıldığında bağımlılık ve yan etki riski taşırlar. Kodein ise öksürüğü bastırıcı etkisi nedeniyle öksürük şuruplarında sıkça kullanılmaktadır. Bazı alkaloidler, uykusuzluk tedavisinde kullanılabilirler. Bu etkilerinin yanı sıra antioksidan, antimikrobiyal, antikanser etkileri de araştırılmaktadır. Bu derlemede, haşhaş bitkisinin alkaloidlerinin bazılarının farmakolojik ve toksikolojik özellikleri hakkında bilgiler verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alkaloid, farmakoloji, haşhaş, *Papaver somniferum*, toksikoloji.

ALKALOIDS OF THE *PAPAVER SOMNIFERUM* (OPIUM POPPY) PHARMACOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL PROPERTIES

ABSTRACT. *Papaver somniferum* L. (poppy), an industrially and medicinally important plant, has a long history of use. Poppy produces potent alkaloids such as morphine, codeine, thebaine, papaverine, noscapine and narceine. These alkaloids have analgesic, cough suppressant (antitussive) and, in some cases sedative effects. Morphine, codeine and other alkaloids are powerful analgesics used to relieve severe pain. They are therefore used for surgery or severe pain. When used properly, they can relieve pain, but when abused, they carry a risk of addiction and side effects. Codeine is often used in cough syrups for its antitussive properties. Some alkaloids can be used to treat insomnia. In addition to these effects, their antioxidant, antimicrobial and anticancer effects are being investigated. This review aims to provide information on the pharmacological and toxicological properties of some of the alkaloids of the poppy plant.

Keywords: Alkaloid, opium poppy, *Papaver somniferum*, pharmacology, toxicology.

GİRİŞ

Bitkiler çeşitli hastalıkların tedavisinde ve dolayısıyla ilaç yapımında kullanılan çok sayıda metabolit üretebilme potansiyeline sahiptir ve yaşamın başlangıcından bu yana pek çoğu ilaç olarak kullanılmaktadır. Bu bitkiler arasında çok sayıda farmakolojik etkiye sahip fitokimyasallar üreten *Papaver somniferum* L. (haşhaş) bitkisi de bulunmaktadır. Haşhaş Papaveraceae familyası Papaver generusu içinde yer alan tek veya çok yıllık otsu bir bitkidir. Bu familyaya ait türler genellikle kuzey yarımkürenin ılıman ve subtropikal bölgelerinde yayılış göstermektedirler (Seçmen ve ark., 1995). Türkiye Papaver türleri bakımından oldukça zengindir. Papaver cinsi içerisindeki türler sistematik olarak 28 genus ve 250 tür altında toplanmaktadır. Ülkemizde 3'ü çok yıllık, 4'ü tek yıllık toplam 7 genusa ait türler bulunmaktadır (Güner, 2012).

Haşhaş, kayıtlı tarihteki en eski şifalı bitkilerden biridir. Eski zamanlardan beri insanlar tarafından tıbbi ve gıda bitkisi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bitkinin Küçük Asya'dan köken aldığı düşünülmektedir, ancak kesin keşif zamanı ve yeri bilinmemektedir. Haşhaştan ilk kez MÖ 3000 yıllarında Çivi yazısı ile yazılmış Sümer kil tabletlerinde sabahın erken saatlerinde haşhaş sakızının toplanması ve afyon üretimi de dahil olmak üzere afyon ekiminden bahsedilmektedir. Sümerler afyona, günümüzde bazı dünya kültürlerinde hala afyon için kullanılan bir terim olan "Gil" ("mutluluk") adını vermişler ve afyon haşhaşının "Gil Hul" ("neşe bitkisi") olarak bilinen bir ideogramını oluşturmuşlardır. Hitit ve Urartu uygarlıklarına ait iğne formlarında ve çeşitli eski çağ uygarlıklarının tıbbi tedavi uygulamalarında haşhaşın sıklıkla kullanıldığı belirtilmiştir (Erol ve Yanık, 2019).

Afyon (opium) kelimesi Yunanca kökenli olup, "opos" (meyve suyu) ve "opion" (haşhaş suyu) kelimelerinden türemiştir. Afyonun ağrı kesici ve uyku getirici etkisinden klasik Yunan literatüründe sıklıkla bahsedilir. Romalıların afyonu ilaç ve zehir olarak kullandıkları hatta imparator Neron'un düşmanlarını yok etmek için afyon da dahil olmak üzere çeşitli bitki zehirlerini kullandığı belirtilmiştir (Schiff, 2002).

Dünyada afyon haşhaşı ekimi Birleşmiş Milletler kontrolü altında yürütülmekte olup aralarında Türkiye, Hindistan, Avustralya, Çek Cumhuriyeti, Macaristan'ın da bulunduğu sınırlı sayıda ülkede yasal olarak üretilmektedir (International Narcotics Board, 2023). Geleneksel üretici olan Türkiye'de ise üretimi Afyonkarahisar, Amasya,

Burdur, Çorum, Denizli, Isparta, Kütahya, Tokat, Uşak illerinin tamamı ile Balıkesir, Eskişehir, Konya ve Manisa illerinin bazı ilçelerinde olmak üzere toplam 13 il'de yapılmaktadır (TMO Haşhaş Raporu, 2019).

Haşhaş bitkisini üretmiş olduğu benzilzokinolin alkaloidleri (BIA) bu bitkiyi tıbbi anlamda en önemli özelliğidir. Bitkinin kök, gövde, kabuk, yaprak, çiçek, tohum veya tamamından bitkisel ilaçlar elde edilmektedir (Ameri ve ark., 2015). Afyon (opium), haşhaş bitkisinin olgunlaşmış kapsülünün çizilmesiyle sızan sıvının katılaştırılması sonucu elde edilir (Özgen ve ark., 2017). Elde edilen sütlü sıvı iyice kurutulularak afyon tozu hazırlanır. Afyonda ağırlık esasına göre %25'e varan oranda alkaloid bulunmaktadır (Masihuddin ve ark., 2018). Alkaloidler kimyasal yapılarına göre fenantren ve benzilzokinolin türevleri olmak üzere ikiye ayrılır. Fenantren türevleri başlıca morfin, kodein ve tebain, benzilzokinolin türevleri ise papaverin, noskapin olarak belirtilmiştir (Gençay, 2013).

Farmakolojide opiyatlar veya opioidler olarak adlandırılan bu doğal kaynaklı alkaloidler merkezi sinir sistemi (MSS) üzerinde oldukça yaygın baskıya yol açmalarının yanında, güçlü ağrıkesici etkisi olan maddelerdir (Kılıç, 2017). Uygulanan miktarlarına göre, MSS'ni hafif bir yatışma halinden başlayarak derin komaya kadar değişen derecede baskı altına alırlar. Ayrıca hayvan sağlığında premedikasyon olarak hayvanların sakinleştirilerek yakalanması, ishal tedavisi ve önlenmesi ile doping amaçlı kullanılmaktadır (Kaya ve ark., 2002).

Bu derlemede, haşhaş bitkisinin alkaloidlerinin bazılarının farmakolojik ve toksikolojik özellikleri hakkında bilgiler verilmesi amaçlanmıştır.

HAŞHAŞ BİTKİSİNDE SENTEZLENEN FARMAKOLOJİK ÖNEME SAHİP ALKALOİTLER

Haşhaş, narkotik analjezik morfin, anti-kanser ajan noskapin, öksürük önleyici kodein, antimikrobiyal sanguarin, damar genişletici papaverin gibi farmasötik özelliklere sahip BIA'lar üretmektedir (Desgagné-Penix ve ark., 2010). Ayrıca tebain, hem doğal haşhaş ürünleri olan kodein ve morfin üretiminde hem de yarı sentetik alkaloidler olan naltrekson ve hidrokodon üretiminde kullanılmaktadır (Pei ve ark., 2021).

Afyonun alkaloid içeriği yaklaşık %10-20'dir ve bu bitkiden 40'tan fazla alkaloid çeşidi izole edilebilmektedir. Bu alkaloidlerden sadece beşi kantitatif miktarın

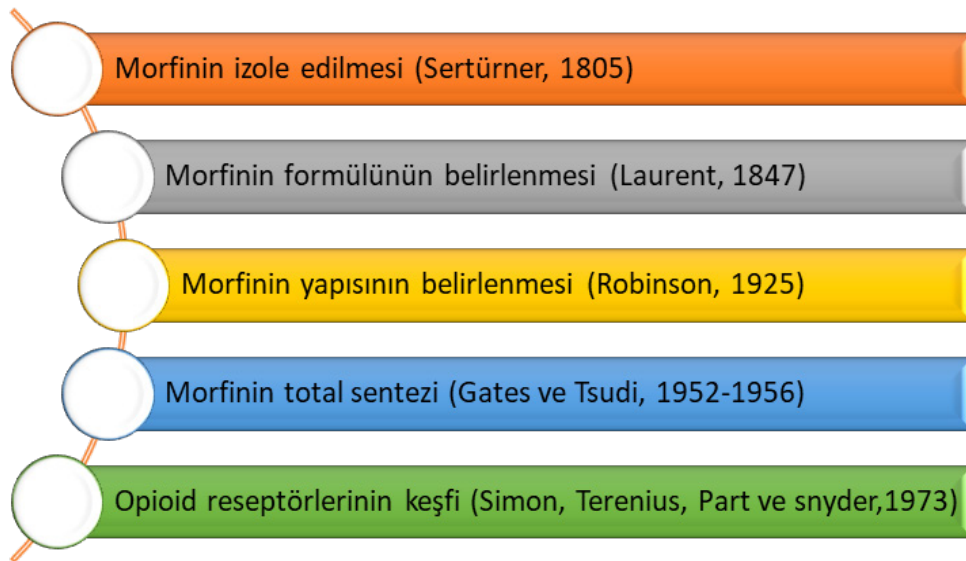
neredeysi tamamını oluşturmaktadır. Bunlar: morfin (%8-17), kodein (%0,7-5), tebain (%0,1-2,5), papaverin (%0,5-1,5), noskapin (narkotin) (%1-10) alkaloidleridir ve tıbbi alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Bruneton, 1995). Ham afyondaki alkaloidlerin miktarları değişlik göstermektedir. Bunda nem, toprak, iklim koşullarındaki farklılıkların önemli ölçüde etkisi vardır. Diğer bir etkin faktör de hasat zamanıdır. Mesela afyonun erken alınması, ham afyondaki kodein miktarının daha yüksek, morfin miktarının daha düşük olmasına neden olur (Ayhan ve Yıldırım, 2021).

Morfin

Afyonun ana alkaloidi olan morfin ilk defa 1805 yılında Friedrich Sertürner tarafından afyondan izole edilmiş olup uyku tanrısı Morpheus'a ithafen morfin adı verilmiştir. Kimyasal formülü ilk defa 1925 yılında belirlenmiş ve total sentezi 1952-1956 yılları arasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Morfinin yapısında fenolik, sikloheksan, sikloheksanol, N-metil piperidin ve kısmen doymuş furan halkası olmak üzere beş halka bulunmaktadır (Şekil 2) (Benyhe ve ark., 2015). Morfinin tek kaynağının afyon haşhaşı olduğu ve hiçbir biyoteknolojik yöntem ile şimdiye kadar sentezlenemediği bilinmektedir. Dolayısıyla morfinin sadece ekzojen uygulaması

yapılmaktadır. Ancak yapılan bir araştırmada insan nöroblastoma hücrelerinde *de novo* morfin biyosentezinin gerçekleştiğini göstermiştir.

Farmakokinetik açıdan incelendiğinde morfinin gastrointestinal yoldan hızlı bir şekilde absorbe edildiği bildirilmiştir. Ancak, ilk geçiş etkisine uğradıkları için terapötik etkinin ortaya çıkabilmesi için oral dozların parenteral dozlara oranla daha yüksek olması gerekebilir (Katzung ve ark., 2014). Vücutta hızlı bir şekilde beyin, böbrek, karaciğer, dalak ve akciğer gibi fazla kanlanan organlara dağılır ve ayrıca farklı oranlarda plazma proteinlerine bağlanırlar. 2 saat yarılanma ömrüne sahiptir. Karaciğerde metabolize olan morfin daha sonra böbreklerden atılır. Morfin, uygulandığında vücutta en ilk MSS'ni etkileyerek ağrının kesilmesini sağlar, kuru öksürüğün tedavisinde kullanılır, medullanın gerisinde kemoreseptör trigger zonunu doğrudan uyararak bulantı ve kusmaya yol açar. Keyif verici özelliğinden dolayı alışkanlık yaptığı için hekim kontrolü dışında kullanımı çeşitli tehlikelerinden dolayı yasaklanmıştır (Tomkins, 2001; Öztürk, 2022). Subkutan (SC) ya da intra musküler (IM) yoldan 10-15 mg ve intra venöz (IV) 4-6 mg dozlarında uygulandığında analjezik etkisi yaklaşık 4 saat sürer, SC 100- 200 mg'ı uygulaması ölüme yol açar (Kaya ve ark 2002; Dökmeci 2020).



Şekil 1. Morfin ve ilgili reseptörlerin keşfinin kronolojisi.

Kodein

Morfinden sonra 1832 yılında kodein izole edilmiştir. Kimyasal yapısı Şekil 2’de belirtilmiştir. Kodein, ağrı kesici etkisi morfinin yaklaşık 1/20, aspirinin ise 10 katıdır. Kullanımı daha çok öksürük kesici alandır. Yüksek dozlarda kodein alımında karın ağrısı, mide bulantısı, kabızlık, ishal, solunum depresyonu, kaslarda ani kasılmalar (miyoklonus), idrar retansiyonu, sedasyon ve kaşıntı gibi yan etkilere sebep olabilir (Kaboudin ve Sohrabi, 2021). Genellikle oral yolla nonsteroid analjeziklerle kombine olarak kullanılır. Bağımlılık yapma etkisi bağımlılık yapan diğer grup ilaçlara göre daha azdır (Dökmeci 2020).

Tebain

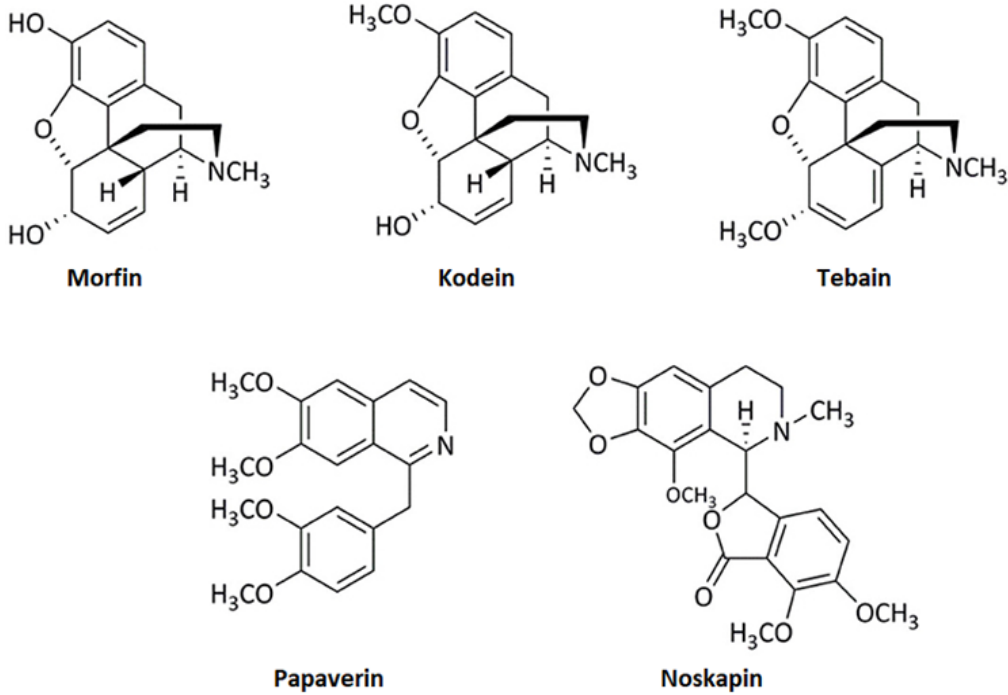
Haşhaş bitkisinde son ürün olmayıp ara ürün olarak sentezlenir. Yüksek dozlarda konvülsiyona yol açan en zehirli opium alkaloididir (Şekil 2). Terapötik olarak kullanılmamasına rağmen son yıllarda, analjezik, antitussif (öksürük kesici) ve yatıştırıcı özelliklere sahip yarı sentetik bileşikler için uygun bir öncü madde olarak yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Önmez, 2007; Kaboudin ve Sohrabi, 2021).

Noskapin

Morfin biyosentezinden farklı bir yol ile biyosentezi gerçekleştiği için kimyasal yapısı da farklılık göstermektedir (Şekil 2). Afyon haşhaşında %4-8 oranında bulunmaktadır. Bu alkaloid öksürük refleksini durdurup, öksürüğü azaltmak için kullanılır. Bağımlılık yapmaz. Toksik özelliği yoktur. Yüksek doz uygulamalarında histamin salınmasına yol açabileceğinden astım ve bronşit hastalarında kullanımı uygun değildir (Tanker, 2003).

Papaverin

Papaverinin yapısını ilk kez Guido Goldschmiedt 1885-1898 yılları arasında göstermiştir (Şekil 2) (Ashrafi ve ark., 2023). Papaverin, afyon haşhaşında yaklaşık %1 oranında bulunan benzilizokinolin türevi bir alkaloiddir. Antispazmodik (spazm giderici) olarak kullanılmaktadır. Etkisi bakımından diğer alkaloidlere benzemez. Nöremedyatör maddelere etki etmeden damar ve diğer yapılardaki düz kasları gevşetir. Düz kaslardaki fosfodiesteraz etkinliğini engelleyip hücrelerde sAMP birikmesine ve dolayısıyla düz kaslarda (koroner, beyin, çevresel) gevşemeye sebep olarak etkilerini gösterirler. Bağırsaklar papaverin etkisinde normal hareketlerini sürdürmektedir (Tanker, 2003; Mert ve ark 2004).



Şekil 2. Haşhaş bitkisinde üretilen ana alkaloidlerin kimyasal yapısı (Carlin ve ark., 2020).

HAŞHAŞ BİTKİSİNDE SENTEZLENEN ALKALOİTLERİNİN FARMAKOLOJİK ETKİLERİ

Analjezik Etkileri

Opiyatlar etkilerini kendilerine özgü reseptörler (Mü- μ , Kappa- κ , Delta- δ) üzerine etki ederek oluştururlar. En yaygın opioid olan morfin mü reseptörü için en güçlü agonistlerden biridir ve en güçlü analjezik etkiye yol açarlar (Cansız 2021). Orta ve şiddetli kanser ağrılarında düşük doz kullanılmaktadır (Caraceni ve ark., 2012). Ancak sık görülen bulantı, kusma, solunum depresyonu, daralma, kabızlık, öfori, bağımlılık gibi yan etkilerle ilişkilendirilmeleri nedeniyle bu dezavantajları ortadan kaldıracak morfin türevlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Astan ve Balta, 2020; Debbağ ve Örnek Çelebi, 2021).

Antitüsif Etkileri

Kodein grip, soğuk algınlığı, saman nezlesi, alerjiler ve diğer solunum sinüzit ve bronşit gibi hastalıklar da öksürük tedavisinde en etkili antitüsif ilaçlardan biridir. Öksürük kesici etkisi öncelikle MSS'ndeki μ -opioid reseptörü aracılığıyla ve kısmen κ -opioid reseptörü aracılığıyla ortaya çıkar (Kömürçüoğlu, 2016).

Hipnotik Etkileri

Afyon yüzyıllar boyunca yatıştırıcı ve hipnotik olarak uygulanmıştır. Eski zamanlarda önce hipokondriyazis ve histeri için daha sonraki zamanlarda mani, daha yakın bir zamanda ise melankoli tedavisinde kullanılmaktadır. Orta Çağ İslam dünyasının önemli bir bilim adamı ve hekimi olan İbn Sina (Avicenna)'nın eserleri arasında yer alan "El-Kanun fi't-Tıp" (Tıp Kanunu) adlı büyük bir tıp ansiklopedisinde çeşitli bitkilerin tıbbi kullanımları hakkında bilgi vermiştir ve afyonun uykusuzluk tedavisinde de kullanıldığını değerlendirmiştir (Carlson ve Simpson, 1963).

Balıklar üzerinde yapılan *in vivo* araştırmalarda doğal anesteziğin sentetik anesteziğe karşı stres önleyici etkilerinin de olduğu bildirilmiştir. Gökkuşluğu alabalığı üzerinde yapılan bir çalışmada sentetik anesteziğin yerine alıç, haşhaş ve limon otu kullanılmış ve sonuç olarak balıkların fizyolojik fonksiyonları için alternatif bir antioksidan takviyesi olarak kullanılabileceği ve onları tüketen organizmaların sağlığına da olumlu katkılar sağlayabileceği düşünülmüştür (Gülhan, 2018).

Antikanserojen Etkileri

Mevcut çalışmalar sonucunda, *Papaver somniferum* alkaloidlerinin kanser tedavisinde de kullanılabileceği tespit edilmiştir. Narkotik analjezik olan morfin ile öksürük kesici olarak kullanılan noskapin, potansiyel bir antikanser ilaç olarak kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır (Chen ve ark., 2015). Noskapinin, bölünen hücrelerde metafazın durdurulması ve apoptoz indüksiyonu yoluyla kanser hücrelerine etki edebileceği ve melanom, lenfoma, lösemi, meme kanseri, kolon kanseri, yumurtalık karsinomu, glioblastoma, küçük hücreli akciğer kanseri ve prostat kanserinin ilerlemesini engellediği bildirilmiştir (Afzali ve ark., 2015).

Papaverin glioblastomada tümör hücrelerinin klonojenitesini önemli ölçüde inhibe etmiştir. Temozolomid kombinasyonu ile kullanımı sonucu T98G hücrelerinin klonojenitesini daha yüksek oranda baskılamış ve U87MG ksenograft fare modelinde tümör büyümesini geciktirmiştir. Ayrıca, papaverin T98G hücrelerinin radyosensitivitesini artırmıştır (Inada ve ark., 2019). Kodeinin oksidatif bir ürünü olan kodeinonun apoptotik etkilere sahip olduğu bildirilmiştir.

Morfin, NF- κ B'yi inhibe ederek antikanser aktiviteler gösteren başka bir alkaloiddir. Çalışmalar, noskapin ve papaverinin, kanserli olmayan NIH-3 T3 hücreleri üzerinde herhangi bir sitotoksik etki olmaksızın, kanser hücre dizileri HT-29 ve T47D üzerinde doza bağlı sitotoksik etkilere sahip olduğunu göstermiştir (Takeuchi ve ark., 2005; Mahmoudian ve Rahimi-Moghaddam, 2009). Güler ve ark. (2016) haşhaş bitkisinin ekstraktlarının antikanser aktivitesi üzerine yaptıkları çalışmada, ekstraktların yüksek konsantrasyonlarda tümör hücre dizilerinde hücresel membranı tahrip ettiği tespit edilmiş ve bu çalışmanın sonuçlarına göre ekstraktların antikanser ajan olarak etkin olabileceği desteklenmiştir.

Antimikrobiyal ve Antiviral Etki

Yapılan bir çalışmada, alkaloid ekstraktlarının gram-negatif bakterilere nazaran ekstraktların gram-pozitif bakterilere karşı daha fazla inhibitör etki gösterdiğini ortaya koymuştur (İsmaili ve ark., 2017). Haşhaş çiçeği uçucu yağının da hem gram-pozitif hem de gram-negatif bakteriler üzerinde antimikrobiyal etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Dilek ve ark., 2018). Mavi ve beyaz haşhaş tohum yağlarının antimikrobiyal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada *Enterococcus*

faecalis, *Escherichia coli* ve *Listeria monocytogenes* mikroorganizmalarının yağ örneklerine karşı daha duyarlı iken *Bacillus subtilis* ve *Staphylococcus aureus* mikroorganizmalarının daha dirençli olduğu tespit edilmiştir (Yücelşengün ve ark., 2020). Kinetik çalışmalar, papaverin alkaloidinin influenza virüsü yaşam döngüsünü inhibe ettiğini göstermiştir. Papaverin tedavisinin bir etkisi olarak influenza virüsü morfolojisi ile viral ribonükleoprotein (vRNP) lokalizasyonunda değişiklik yaptığı gözlemlenmiş dolayısıyla çeşitli influenza virüsleri ve paramiksovirüslere karşı bu alkaloidin antiviral ajan olarak kullanılabileceği öne sürülmüştür (Aggarwal ve ark., 2020). Ayrıca papaverin sitomegalovirüs, solunum sinsityal virüsü, kızamık ve insan immün yetmezlik virüsü (HIV) gibi virüslere karşı da güçlü antiviral aktivite gösterdiği belirlenmiştir (Gaber ve ark., 2020).

Kas Gevşetici ve Vazodilatör Etki

BIA'nın üyelerinden birisi olan papaverin alkaloidinin analjezik etkileri olmamasına rağmen, periferik bir vazodilatördür ve damarlar üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Düz kaslarda siklik adenosin monofosfat (cAMP) ve siklik guanozin monofosfat (cGMP) fosfodiesterazı inhibe ettiği ve hücre içi cAMP ve cGMP seviyelerini arttırdığı gözlenmiştir. Koroner, serebral ve pulmoner arter dilatasyonunu indükleyerek serebral damar direncini azaltmaya ve serebral kan akışını artırmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir (Ashrafi ve ark., 2023).

Antidiyareik Etki

Opioid ilaçların güçlü ishal kesici etkileri vardır ancak kronik ağrıyı gidermek için bu ilaçları kullanan birçok hasta, opioid kaynaklı bağırsak işlev bozukluğuna kadar ilerleyebilen kronik kabızlık yaşayabilmektedir. Opioid ilaçlar, μ -, δ - ve κ -opioid reseptörleri gastrointestinal sisteminde, enterik internöronlardan asetilkolin salınımının inhibe eder, pleksus ve nöronal uyarılabilirliğin azaltılması yoluyla peristaltik kasılmaları engeller (Galligan ve Akbarali 2014).

TOKSİKOLOJİK ETKİLERİ

Opioid reseptörleri üzerinde etkili olan opioidlerin farmakolojik etkilerinin yanı sıra opioid bağımlılığı, solunum depresyonu, cinsel işlev bozukluğu, bilişsel ve nöromüsküler rahatsızlıklar, bulantı ve kusma, sedasyon, kabızlık, idrar tutma gibi toksik etkileri bulunmaktadır

(Soudani ve ark., 2014; Kılıç, 2017).

Opioid Bağımlılığı

Bir kişinin opioid maddeyi sürekli olarak kullanması ve kullanımını kontrol edememesi durumunda ortaya çıkan durumdur. Opioid bağımlılığı hem fiziksel hem de zihinsel bağımlılığı içerebilir. Fiziksel bağımlılık, vücudun ilaca alışması ve ilacın kesilmesi durumunda çeşitli yoksunluk belirtilerinin ortaya çıkması anlamına gelir. Zihinsel bağımlılık ise ilacın neden olduğu zihinsel etkilere olan aşırı arzu ve bağımlılığı ifade eder. Opioidler, reçete edilmiş dozlar ve uygun tıbbi gözetim altında kullanıldığında etkili olabilir, ancak kötüye kullanım ve bağımlılık riskleri nedeniyle dikkatli kullanılmalıdır (Vadiveli ve ark., 2016; Kılıç, 2017). Opioid bağımlılığı, karmaşık nörobiyolojik etkileşimlerin bir sonucudur. Opioidler, MSS'de bulunan ağrıyı kontrol eden, ödül sistemini düzenleyen ve zevk duygularını etkileyen özel reseptörlere bağlanarak etki gösterirler. Mezokortikolimbik dopaminerjik sistem, bu süreçte önemli bir rol oynar. Bu sistem, ödül, motivasyon ve bağımlılıkla ilişkilidir. Sürekli opioid kullanımı, bu nörotransmitter sistemlerinde değişikliklere, reseptörlerin aşağı doğru regülasyonuna (azalma) veya toleransa (ilacın etkisine azalma) neden olabilir. Bu durum, kişinin aynı etkiyi elde etmek için daha fazla miktarda opioid kullanma eğiliminde olmasına ve bağımlılığın artmasına yol açabilir (Bölek, 2013; Demirkapu ve Yananlı, 2020).

Avrupa Birliği'nde 2019 yılı için bildirilen ölümcül doz aşımalarının %76'sının sebebinin opioidler olduğu tespit edilmiştir (AUR, 2021). Dünya genelinde her yıl yaklaşık 69.000 kişi opioid doz aşımına bağlı hayatını kaybetmektedir ve yaklaşık 15 milyon kişinin opioid bağımlılığına sahip olduğu bildirilmiştir (Parthvi ve ark., 2019).

Solunum Depresyonu

Opioid analjeziklerin kullanımı, solunum kontrol sistemini etkileyerek solunum depresyonuna yol açabilir. Opioidler, özellikle μ -opioid reseptörleri üzerinden MSS'i etkilerler. Bu reseptörler, özellikle beyin sapındaki solunum merkezlerinde bulunur ve solunum kontrolünde önemli bir rol oynarlar (Dahan ve ark., 2018). Opioidlerin aşırı dozu veya MSS'i baskılayan başka ilaçlarla birlikte kullanılması, solunum depresyonunu artırabilir. Opioidler, solunum merkezlerini baskılayarak solunum hızını ve derinliğini azaltabilir. Bu durum, genellikle kısa süreli

olabilir ve düzenli solunum aktivitesine geri dönülebilir. Ancak, aşırı doz veya opioidlerin diğer merkezi depresan ilaçlarla birlikte kullanımı durumunda, solunumun giderek düzensizleşmesi ve hatta sonunda solunumun tamamen durmasına (apne) yol açması mümkündür. Bu durum kardiyorespiratuar kollapsa (kalp ve solunum sisteminin bir arada çökmesi) ve ölüme kadar gidebilecek ciddi bir durum olabilir (Kılıç, 2017).

Bulantı ve Kusma

Opioid analjeziklerin kullanımı, bazı hastalarda bulantı ve kusmaya neden olabilen önemli bir yan etki olarak bilinmektedir. Özellikle ileri evre kanser hastalarında ağrının yönetimi için yaygın olarak kullanılan opioidler, bu etkileri nedeniyle dikkatle kullanılmalıdır. Kemoreseptör tirigger zon (CTZ), medulla oblongata'da yer alan bir bölgedir ve kusma refleksinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. Opioidlere bağlı kusma ve mide bulantısı, muhtemelen CTZ içindeki μ -reseptörlerinin aktivasyonu nedeniyle ortaya çıkabilir. Düşük dozlarda opioidlerin bu reseptörleri aktive etmesi, kusma refleksini tetikleyebilir. Ayrıca, opioidlerin merkezi ve çevresel etkileri nedeniyle de kusma ve mide bulantısı meydana gelebilir. Bu etkiler arasında vestibüler stimülasyon, sindirim yolu kanal motor durgunluğu gibi faktörler bulunabilir (Aşçı ve Özer, 2011).

Bu yan etkiler, hastaların yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilir ve tedavi uyumsuzluğuna neden olabilir. Bu nedenle, ağrı yönetimi için opioid kullanımı planlanırken, bu tür yan etkilerin önlenmesi veya yönetilmesi için önlemler alınmalıdır. Antiemetik ilaçlar gibi destekleyici tedaviler, bu tür yan etkileri azaltmada yardımcı olabilir. Ayrıca, hastaların bu tür yan etkilerle başa çıkmalarına ve yaşam kalitelerini artırmalarına yardımcı olacak multidisipliner bir yaklaşım benimsemek önemlidir (Eyigör, 2015).

SONUÇ

Haşhaş ülkemizde geleneksel olarak tarımı yapılan hem tıbbi hem de ekonomik açıdan değerli bir üründür. Gıda alanında bitkinin tohumlarından ve yağından yararlanılırken, küspesi hayvan yemi olarak, kapsülleri ise içerdiği alkaloidler sayesinde tıbbi amaçlar için kullanılan çok yönlü bir bitkidir. Fenantridin (morfin, kodein, kodein baine), benzyloquinoline (papaverine) ve ftalidizokinolin (noskabin) gibi alkaloidler yalnızca haşhaş bitkisinin

kendisi tarafından üretildiği için önemli tıbbi bitkiler arasında yer almaktadır. Narkotik ve analjezik morfin ve kodein, hafif analjezik ve yatıştırıcı tebaine antitüsif ve apoptoz indükleyici noskabin, vazodilatör papaverin ve antimikrobiyal ajan sanguinarin haşhaş tarafından biyosentezi gerçekleştirilen alkaloidlerdir. Bu opioidler MSS'de bulunan opioid reseptörleri ile etkileşime girer ve periferik dokularda tıbbi etki yaratmak için kullanılır. Afyon alkaloidleri güçlü farmasötik ilaçlardır, ancak bağımlılık ve yoksunluk nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Haşhaş bitkisinin çeşitli tıbbi uygulamaları olmasına rağmen, biyoteknolojik araçlar ve teknikler yardımıyla moleküler düzeyde daha fazla tıbbi değeri keşfetmek için zamana ihtiyaç vardır. Farklı hastalıklardaki etki mekanizmasını aydınlatmak için daha fazla çalışma yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Afzali, M., Ghaeli, P., Khanavi, M., Parsa, M., Montazeri, H., Ghahremani, M. H. & Ostad, S. N. (2015). Non-addictive opium alkaloids selectively induce apoptosis in cancer cells compared to normal cells. *Daru Journal of Pharmaceutical Sciences*, 23(16), 1-8.
- Aggarwal, M., Leser, G. P. & Lamb, R. A. (2020). Repurposing papaverine as an antiviral agent against influenza viruses and paramyxoviruses. *Journal of Virology*, 94(6), 10-1128.
- Ashrafi, S., Alam, S., Sultana, A., Raj, A., Emon, N. U., Richi, F. T., Sharmin, T., Moon, M., Park, M. N. & Kim, B. (2023). Papaverine: A Miraculous Alkaloid from Opium and Its Multimedicinal Application. *Molecules*, 28(7), 3149.
- Astan, H. & Balta, M. G. (2020). Yoğun Bakım Hastasında İntratekal Morfinin Solunum Fonksiyonları Üzerine Etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 11(4), 224-229.
- Aşçı, H. & Özer, M. K. (2011). Bulantı ve Kusma İçin Tedavi Önerileri. *SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(3).
- AUR (2021). Avrupa Uyuşturucu Raporu. Eğilimler ve Gelişmeler. Praça Europa 1, Cais do Sodré, 1249-289 Lizbon, Portekiz
- Ayhan, A. E. & Yıldırım, M. U. (2021). Sonbahar ve ilkbahar ekimlerinin haşhaşın (Papaver

- somniferum L.) verim ve morfin içeriği üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2), 412-420.
- Ameri, A., Heydarirad, G., Mahdavi Jafari, J., Ghobadi, A., Rezaeizadeh, H. & Choopani, R. (2015). Medicinal plants contain mucilage used in traditional Persian medicine (TPM). *Pharmaceutical Biology*, 53(4), 615-623.
- Benyhe, S., Zádor, F. & Ötvös, F. (2015). Biochemistry of opioid (morphine) receptors: binding, structure and molecular modelling. *Acta Biologica Szegediensis*, 59(Suppl. 1.), 17-37.
- Bölek, S. (2013). Opiyat bağımlılığı tedavisinin madde kullanımı, yaşam kalitesi ve işlevsellik üzerine etkilerinin incelenmesi. İstanbul, Türkiye, Tıpta Uzmanlık Tezi, İÜ.
- Bruneton, J. (1995). Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants. Paris, Fransa: Lavoisier Publishing.
- Cansız, D., Alturfan, E. E. & Alturfan, A. (2021). Endojen opioidlerin ağrı mekanizması üzerine etkileri. *Experimed*, 11(1), 49-56.
- Caraceni, A., Hanks, G., Kaasa, S., Bennett, M. I., Brunelli, C., Cherny, N. & Zeppetella, G. (2012). Use of opioid analgesics in the treatment of cancer pain: evidence-based recommendations from the EAPC. *The Lancet Oncology*, 13(2), e58-e68.
- Carlin, M. G., Dean, J. R. & Ames, J. M. (2020). Opium alkaloids in harvested and thermally processed poppy seeds. *Frontiers in Chemistry*, 8, 737.
- Carlson, E. T. & Simpson, M. M. (1963). Opium as a tranquilizer. *American Journal of Psychiatry*, 120(2), 112-117.
- Chen, X., Dang, T. T. T. & Facchini, P. J. (2015). Noscapine comes of age. *Phytochemistry*, 111, 7-13.
- Dahan, A., van der Schrier, R., Smith, T., Aarts, L., van Velzen, M. & Niesters, M. (2018). Averting opioid-induced respiratory depression without affecting analgesia. *Anesthesiology*, 128(5), 1027-1037.
- Debbağ, S. & Örnek Çelebi, N., (2021). Kanser ağrısındaki yeni gelişmeler. Örnek Çelebi N, editör. Ağrı Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar ve Yenilikler. 1.Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri, p.58-65.
- Desgagné-Penix, I., Khan, M. F., Schriemer, D. C., Cram, D., Nowak, J. & Facchini, P. J., (2010). Integration of deeptranscriptome and proteome analyses reveals the components of alkaloid metabolism in opium poppy cell cultures. *BMC Plant Biology*, 10(1), 1-17.
- Demirkapı, M. J. & Yananlı, H. R. (2020). Opium Alkaloids. Sharma K. Editor. Bioactive Compounds in Nutraceutical and Functional Food for Good Human Health. London, United Kingdom: IntechOpen; 2020. pp.203-217.
- Dilek, M., Gültepe, A. & Öztaşan, N. (2018). Haşhaş (Papaver somniferum L.) çiçeğinin uçucu yağ içeriğinin belirlenmesi ve antimikrobiyal özelliklerinin araştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(3), 786-795.
- Dökmeci, H. (2020). Sağlık Profesyonelleri için Farmakolojinin Temel Prensipleri. Nobel Tıp Kitapevleri, 74-86.
- Erol, A. F. & Yanık, E. (2019). Haşhaş bitkisinin anadolu kültüründeki yeri ve izleri. *Milli Folklor*, 16(124), 202-212.
- Eyigör, C. (2015). Opioidlerin kullanım ilkeleri, yan etki yönetimi ve yeni opioidler. Ege üniversitesi tıp fakültesi algoloji bilim dalı, ağrı bülteni. *Türk Algoloji Derneği Yayınları*, 1, 1-6.
- Gaber, A., Alsanie, W. F., Kumar, D. N., Refat, M. S. & Saied, E. M. (2020). Novel papaverine metal complexes with potential anticancer activities. *Molecules*, 25(22), 5447.
- Galligan, J. J. & Akbarali, H. I. (2014). Molecular physiology of enteric opioid receptors. *Am J Gastroenterol Supple*, 2014, 2(1), 17-21.
- Gençay, Ö. (2013). Hypecoum procumbens L. bitkisinden alkaloidlerin izolasyonu, yapılarının aydınlatılması ve asetilkolinesteraz ve bütirikolinesteraz inhibisyon aktivitelerinin (Anti-Alzheimer) incelenmesi. Edirne, Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, TÜ.
- Güler, D. A., Aydın, A., Koyuncu, M. & Parmaksız, İ. (2016). Anticancer activity of papaver somniferum. Journal of the Turkish Chemical Society Section A: *Chemistry*, 3(3), 349-366.
- Gülhan, M. F. (2018). Bazı sedatif ve anestezi aromatik bitki yağlarının gökkuşağı alabalığı (Oncorhynchus mykiss, L.) kan parametreleri üzerine etkileri. *Balıkesir Üniversitesi Fen*

- Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 471-482.
- Güner, A. (2012). Türkiye bitkileri listesi:(damarlı bitkiler): ANG Vakfı. İstanbul, Türkiye.
- Kaboudin, B. & Sohrabi, M. (2021). Chemistry and synthesis of major opium alkaloids: a comprehensive review. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 18(12), 3177-3218.
- Katzung, B. G., Masters, S. B. & Trevor, A. J. (Eds.). (2014). Temel ve klinik farmakoloji. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Inada, M., Sato, A., Shindo, M., Yamamoto, Y., Akasaki, Y., Ichimura, K. & Tanuma, S. I. (2019). Anticancer non-narcotic opium alkaloid papaverine suppresses human glioblastoma cell growth. *Anticancer Research*, 39(12), 6743-6750.
- INCB (2015). International Narcotics Board. Supply of Opiate Raw Material and Demand for Opiates for Medicinal and Scientific Proposes. In *Narcotic Drugs*; United Nations: New York, NY, USA, 2015; pp. 99–107. Available online: Erişim Adresi: https://www.incb.org/documents/Narcotic-Drugs/Technical-Publications/2015/NAR-tech_pub_2015.pdf. Erişim Tarihi: 25.11.2023.
- Ismaili, A., Sohrabi S. M., Azadpour, M., Heydari, R. & Rashidipour, M. (2017). Evaluation of the Antimicrobial Activity of Alkaloid Extracts of four Papaver Species. *Herbal Medicines Journal*, 2(4),146-152.
- Kaya, S., Pirinççi, İ. & Bilgili, A. (2002). Veteriner hekimliğinde toksikoloji. Medisan Yayınevi, 414-415.
- Kılıç, F. S. (2017). Opioidler, ağrı, opioidlerin suistimali ve yanlış kullanımı. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 39(3), 125-129.
- Kömürcüoğlu, B. E. (2016). “Akciğer Kanseri Öksürük”. Yılmaz, Ü. ve Gülhan, M. (eds.). *Akciğer Kanseri Destek Tedavisi*. İstanbul, Türkiye: Tüsad Eğitim Kitapları Serisi; 2016. pp. 94-101.
- Mahmoudian, M. & Rahimi-Moghaddam, P. (2009). The anti-cancer activity of noscapine: a review. *Recent Patents on Anti-Cancer Drug Discovery*, 4(1), 92-97.
- Masihuddin, M., Jafri, M. A., Siddiqui, A. & Chaudhary, S. (2018). Traditional uses, phytochemistry and pharmacological activities of papaver somniferum with special reference of unani medicine an updated review. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 8(5-s), 110-114.
- Mert, M., Özkara, A., Seren, S., Gülcan, F., Erdem, C. Ç. & Süzer, K. (2004). Topikal ve intralüminal papaverin uygulamalarının internal torasik arter akımına etkisi. *Türk Göğüs Kalp Damar Cer Derg*, 12(2), 76-80.
- Önmez, H. (2007). Papaver somniferum Bitkisinden Elde Edilen Alkaloidlerin Ekstraksiyonunda Kullanılan Çözücü ve Metodların Karşılaştırılması. Konya, Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, SÜ.
- Özgen, Y., Arslan, N. & Bayraktar, N. (2017). Türkiye açısından önemli bitki haşhaşın önemi ve tarımı. *Ziraat Mühendisliği*, (364), 4-8.
- Öztürk, F. C. (2023). Uyuşturucu Madde Bağımlılığı ve Türkiye’de Uyuşturucu Madde Kullanımının İncelenmesi. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 47(3), 2-2.
- Parthvi, R., Agrawal, A., Khanijo, S., Tsegaye, A. & Talwar, A. (2019). Acute opiate overdose: an update on management strategies in emergency department and critical care unit. *American Journal of Therapeutics*, 26(3), e380-e387.
- Pei, L., Wang, B., Ye, J., Hu, X., Fu, L., Li, K., Ni, Z., Wang, Z., Wei, Y., Shi, L., Zhang, Y., Bai, X., Jiang, M., Wang, S., Ma, C., Li, S., Liu, K., Li, W. & Cong, B. (2021). Genome and transcriptome of Papaver somniferum Chinese landrace CHM indicates that massive genome expansion contributes to high benzyloisoquinoline alkaloid biosynthesis. *Horticulture Research*, 8(5), 1-13.
- Schiff, P. L. (2002). Opium and its alkaloids. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 66(2), 188-196.
- Seçmen, Ö., Gemici, Y., Görk, G., Bekat, L. & Leblebici, E. (1995). Tohumlu Bitkiler Sistematigi (Ders Kitabı). 4. baskı. İzmir: Ege Üniv. Fen Fak. Ders Kitapları Serisi No: 116.
- Soudani, W., Djafer, R., Hadjadj-Aoul, Z. & Abdaoui, M. (2014). Therapeutic and Toxic Effects of Alkaloids Extracted of Somniferum Papaver. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(Özel Sayı-2), 1883-1890.

- Takeuchi, R., Hoshijima, H., Onuki, N., Nagasaka, H., Chowdhury, S. A., Kawase, M. & Sakagami, H. (2005). Effect of anticancer agents on codeinone-induced apoptosis in human cancer cell lines. *Anticancer Research*, 25(6B), 4037-4041.
- Tanker M. & Tanker N. (2003). Farmakognozi Cilt.1. Ankara: Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları.
- Tomkins, D. M. & Sellers, E. M. (2001). Addiction and the brain: The role of neurotransmitters in the cause and treatment of drug dependence. *Canadian Medical Association Journal*, 164(6), 817-821.
- Vadiveli, N., Schermer, E., Kodumudi, G. & Berger, J. M. (2016). The clinical applications of extended-release abuse deterrent opioids. *CNS Drugs*, 30, 637-646.
- Yücelşengün, İ., Yücel, E., Öztürk, B. & Kılıç, G. (2020). Haşhaş (Papaver somniferum) Çeşitlerinin Tohum Yağlarının Yağ Asidi Kompozisyonu, Toplam Fenolik Madde Miktarı, Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktiviteleri. *Gıda*, 45(5), 954-962.



Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni
Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association
e-ISSN: 2667-8381

Sedat AYDOĞDU*

Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,
Anatomi Anabilim Dalı, Konya

ORCID: 0000-0002-9354-3519

***Sorumlu Yazar:** Sedat AYDOĞDU
E-Posta: saydogdu@selcuk.edu.tr

Geliş Tarihi: 18.01.2024
Kabul Tarihi: 26.02.2024

15 (1): 11-22, 2024
DOI: 10.38137/vftd.1421731

Makale atfı

Aydoğdu, S. (2024). Neuroanatomy, Digital Atlases, and Templates of Brains of Domestic Animals (Cat, Dog, Pig, Horse and Sheep) Using Magnetic Resonance Imaging, Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni, 15 (1), 11-22. DOI: 10.38137/vftd.1421731.

NEUROANATOMY, DIGITAL ATLASES, AND TEMPLATES OF BRAINS OF DOMESTIC ANIMALS (CAT, DOG, PIG, HORSE and SHEEP) USING MAGNETIC RESONANCE IMAGING

ABSTRACT. Over the last two decades, neuroscience has witnessed an explosion in the utilization of non-invasive imaging methods (particularly MRI) that are used to investigate to study the brain. Providing accurate and detailed imaging, MRI has a significant impact on figuring out the anatomy and functioning of the brain. In recent years, researchers studying on veterinary science have seen MRI as an indispensable tool themselves. It is essential to understand the anatomy of the normal brain in order to explain many of the pathological processes. This review focused on neuroanatomical studies, atlases and templates generated from the brains of domestic animals (cat, dog, pig, horse, donkey, cattle, sheep, goat, camel) using MRI from the 1980s to the present. Its data were summarized under three main parts. Firstly, the cross-sectional anatomy of the brain created using MRI was examined. Afterward, digital atlases and templates, which have had an essential place in modern neuroimaging analysis (such as registration, segmentation and three-dimensional reconstruction) in recent years, were summarized. Finally, in vivo or ex vivo studies in which crucial white matter tracts in the brain are three-dimensionally modeled with DTI (Diffusion Tensor Imaging) in domestic mammals were reviewed. Several studies examining the neocortex by DTI were also included in the review in this section. There were also neuroanatomy studies conducted with MRI in several specific species in this review. In conclusion, this review focused on the importance of MRI in neuroimaging of the brain in domestic animals.

Keywords: Brain, digital atlas, domestic animals, MRI, neuroanatomy, template.

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME KULLANILARAK EVCİL HAYVANLARIN (KEDİ, KÖPEK, DOMUZ, AT ve KOYUN) NÖROANATOMİSİ, DİJİTAL ATLASLARI ve BEYİN ŞABLONLARI

ÖZET. Sinirbiliminde, Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) başta olmak üzere non-invaziv görüntüleme yöntemlerinin kullanımı ile büyük ilerlemeler gözlenmektedir. MRG, beyin anatomisini ve beynin işleyişini anlamada önemli bir etkiye sahiptir. Veteriner hekimlikte MRG, yumuşak dokuların görüntülenmesinde ve hastalıkların teşhisinde önemli bir yere sahiptir. Bu kapsamda birçok patolojik süreci açıklamak için normal beyin anatomisinin bilinmesi önemlidir. Bu derlemede, 1980'lerden günümüze evcil memelilerin (kedi, köpek, domuz, at, eşek, sığır, koyun, keçi, deve) beyinlerinde MRG kullanılarak oluşturulan nöroanatomik çalışmalar, atlaslar ve şablonlara odaklanılmıştır. Beynin nöroanatomisinin yanında, modern nörogörüntüleme analizlerinde önemli bir yere sahip olan dijital atlaslar ve şablonlar özetlenmiştir. Son olarak, evcil memelilerde beyindeki önemli ak madde yollarının Diffüzyon Tensör Görüntüleme (DTG) ile üç boyutlu olarak modellenmesi üzerinde durulmuştur. Ayrıca evcil memelilerin yanı sıra sinirbiliminde önemli araştırmalar yapılan spesifik türlere de yer verilmiştir. Sonuç olarak bu derlemede MRG'nin evcil memelilerde beynin görüntülenmesindeki önemi üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Beyin, dijital atlas, evcil memeliler, MRG, nöroanatomisi, şablon.

INTRODUCTION

Every living organism must respond to environmental changes to survive. As a result, they can react to physical and chemical stimuli from their surroundings. The nervous system receives stimuli and regulates responses to adapt to changes caused by these stimuli. Managing reactions is its primary responsibility, making it the most complicated of the body's systems. It establishes a connection with events occurring within the organism's body and its environment throughout its lifespan (Tecirlioğlu, 1983; Yıldırım, 2000; König et al., 2004; Dursun, 2008; Dyce et al., 2010). In anatomy, the nervous system is divided into two parts: the central nervous system and the peripheral nervous system. The central nervous system consists of the brain and the spinal cord (Tecirlioğlu, 1983; Yıldırım, 2000; König et al., 2004). The brain is an organ that controls or regulates the body's functions. It is responsible for the regulation and coordination of the rest (parts of the nervous system other than the brain, such as the spinal cord, cranial nerves, and spinal nerves) of the nervous system (König et al., 2004). Magnetic Resonance Imaging (MRI) is primarily preferred in non-invasive neuroimaging of the central nervous system, especially the brain (Basso et al., 2021). It is known that MRI is more successful than other non-invasive imaging methods in imaging soft tissues such as the brain, spinal cord, muscles, and joints (Eriş, 2008; Tuncel, 2008).

MRI provides a high soft tissue contrast and has a high spatial resolution and few safety drawbacks. There are three basic principles in non-invasive imaging: transmission (Radiography and Computed Tomography), reflection (ultrasound), and emission (MRI). MRI uses a strong magnet, necessitating the use of non-ferrous anesthetic and monitoring equipment during scans. During scanning, tissues are stimulated with radiofrequency, generating images through emission and capturing the returning radio waves from the stimulated tissues. Different sequences are obtained depending on the time at which the returning wave is captured and the type of radio wave (duration, phase, frequency) emitted (Asyalı, 2006; Gilbert et al., 2010; Manso-Díaz et al., 2021). A cross-sectional image is obtained from MRI, just like CT. However, unlike CT, MRI uses radio waves instead of ionizing radiation. MRI is a medical image technique with the highest soft tissue contrast resolution and is commonly used in clinics. It effectively detects pathological tissues,

enabling precise and accurate examination of various diseases. In MRI, the localization of any structure in three dimensions can be determined by obtaining sections in different planes without changing the position (Kumaş, 2007; Eriş, 2008; Tuncel, 2008; Gilbert et al., 2010).

In the last two decades, Neuroimaging in Veterinary Science has gone through major advances and has become increasingly important in animal neurology. MRI is frequently used to examine the normal brains of domestic animals (Schmidt et al., 2012; Schmidt et al., 2019). In this context, the studies conducted on the brains of healthy domestic animals by MRI were summarized in three parts.

CROSS-SECTIONAL ANATOMY OF THE BRAIN OF DOMESTIC ANIMALS BY MRI

MRI is frequently used in veterinary science to image soft tissues, especially the brain. For these images obtained from healthy animals, it is very important to know the localization (Figure 1) of the brain in the skull and neuroanatomy (Figure 2) to interpret clinical findings (Leigh et al., 2007).

The first studies on the cross-sectional anatomy of the brain using MRI in domestic animals were conducted in carnivores. In this field, the anatomy and pathological findings of the brain are examined using MRI. Cross-sectional anatomy of the brain has been examined by MRI in domestic animals such as cat (Buonanno et al., 1982; Hudson et al., 1995; Smith et al., 2001; Rathjen et al., 2003; Mogicato et al., 2011a; Gray-Edwards et al., 2014; Przyborowska et al., 2017; Przyborowska et al., 2018; Martínez et al., 2021; McGregor et al., 2023), dog (Panciera et al., 1987; Kraft et al., 1989; Kärkkäinen et al., 1991; Kii et al., 1997; Couturier et al., 2005; Leigh et al., 2007; Kang et al., 2009; Martín-Vaquero et al., 2011; Mogicato et al., 2011b; Oto, 2017; Bakıcı et al., 2019; Hecht et al., 2019; Arribarat et al., 2022; Jacqmot et al., 2022; Barton et al., 2023), pig (Marcelloux et al., 1993; Sørensen et al., 2000; Oto et al., 2011; Schmidt, 2014), horse (Chaffin et al., 1997; Arencibia et al., 2001; Vazquez et al., 2001; Stuckenschneider et al., 2014; Schmidt et al., 2019), donkey (Oto, 2007; Abdel Maksoud et al., 2021), cattle (calf brain) (Schmidt et al., 2009a; Schmidt et al., 2009b; Schmidt et al., 2012), sheep (Schmidt et al., 2012; Bakıcı et al., 2020; Aydoğdu, 2021), goat (Schmidt et al., 2012) and camel (Arencibia et al., 2004; Arencibia



Figure 1. Sagittal T2W (T2 weighted) image of sheep head. Brain (1), nasal septum (2), hard palate (3), soft palate (4), tongue (5), epiglottis (6), nasopharynx (7), larynx (8), esophagus (9), presphenoid (10), basisphenoid (11), and frontal bone (12).

et al., 2005; Abedellaah et al., 2015; Ben et al., 2019). The neuroanatomy of the brain in domestic animals has been revealed in detail with images obtained from healthy animals.

Apart from domestic animals, the cross-sectional anatomy of the brain has been examined using MRI in white whale (*Delphinapterus leucas*) (Marino et al., 2001a), killer whale (*Orcinus orca*) (Marino et al., 2004a), bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) (Marino et al., 2001b), common dolphin (*Delphinus delphis*) (Marino et al., 2001c; Oelschläger et al., 2008), spinner dolphin (*Stenella longirostris orientalis*) (Marino et al., 2004b), California sea lion (*Zalophus californianus*) (Montie et al., 2009), Bengal tiger (*Panthera tigris tigris*) (Jáber Mohamad et al., 2016), silver fox (*Vulpes vulpes*) (Rogers Flattery et al., 2023), brown bear (*Carnivora, Ursus arctos L., 1758*) (Sienkiewicz et al., 2019), black (*Diceros bicornis*) and white (*Ceratotherium simum*) African rhinoceroses (Bhagwandin et al., 2017).

STEREOTAXIC, DIGITAL ATLASES AND TEMPLATES USED IN NEUROSCIENCE RESEARCH

Structural and Diffusion Tensor Imaging (DTI) brain atlases and templates are important tools used for

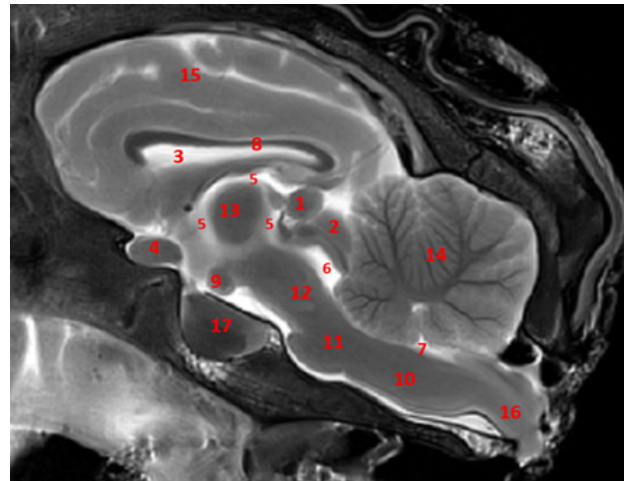


Figure 2. Cross-sectional anatomy of sheep brain. T2W (T2 weighted) image. Epithalamus/epiphysis (1), tectum (corpora quadrigemina) (2), lateral ventricle (3), optic chiasm (4), third ventricle (5), mesencephalic aqueduct (6), fourth ventricle (7), corpus callosum (8), mammillary body (9), medulla oblongata (10), pons (11), cerebral peduncles (12), thalamus (13), cerebellum (14), cerebral hemispheres (15), spinal cord (16).

conducting neuroscience research, and their clinical practices are increasing. Brain atlases and templates play a crucial role in neuroimaging analysis of brain structure and functions in neuroscience (Dickie et al., 2017; Hess et al., 2018). In order to carry out the neuroimaging analysis of images acquired from the brains of domestic animals by MRI, these atlases and templates are frequently used in image preprocessing methods (Figure 3). This review focused on all atlases and templates acquired from the brains of domestic animals with DTI and structural MRI.

Atlases and templates of the brains of domestic animals such as cats (Stolzberg et al., 2017; Johnson et al., 2020a), dogs (Datta et al., 2012; Robinson et al., 2016; Czeibert et al., 2019; Nitzsche et al., 2019; Johnson et al., 2020b; Liu et al., 2020), pigs (Saikali et al., 2010; Conrad et al., 2014; Gan et al., 2014; Schubert et al., 2016; Zhong et al., 2016; Villadsen et al., 2018; Benn et al., 2020; Chang et al., 2020; Fil et al., 2021; Norris et al., 2021; Knoernschild, 2022), horses (Johnson et al., 2019) and sheep (Ella and Keller, 2015; Nitzsche et al., 2015; Ella et al., 2017; Banstola and Reynolds, 2022; Shen et al., 2023) were created.

In addition to domestic animals, there are also atlases and templates for rhesus macaque (McLaren et al., 2009; Frey et al., 2011; Calabrese et al., 2015a; Feng et al.,

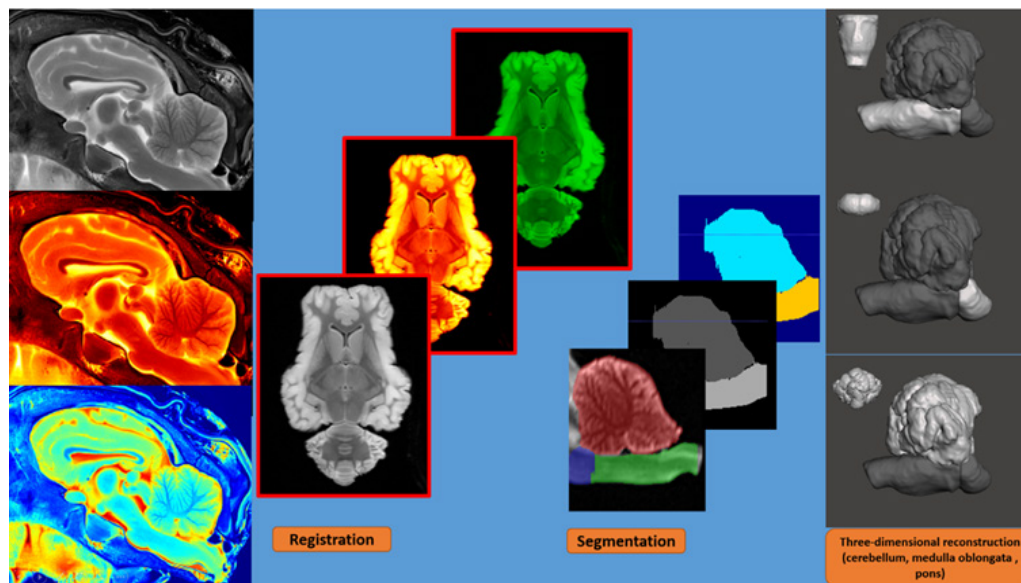


Figure 3. Several image analyses are used in images acquired from the brain by MRI.

2017; Reveley et al., 2017; Moirano et al., 2019; Liu et al., 2020; Rushmore et al., 2021) and marmoset (Hashikawa et al., 2015; Liu et al., 2018; Woodward et al., 2018; Risser et al., 2019; Zhu et al., 2023), which are extensively studied in neuroscience. These atlases and templates are available both *in vivo* and *ex vivo*. Templates (both *ex vivo* and *in vivo*) created using structural MRI and DTI are also available for ferrets with a relatively large white matter volume and a gyrencephalic brain among rodents (Hutchinson et al., 2017). Furthermore, a digital atlas (*ex vivo*) of the Nile crocodile (*Crocodylus niloticus*) forebrain is available (Billings et al., 2020).

DIFFUSION TENSOR IMAGING (DTI) OF DOMESTIC ANIMALS' BRAIN

Diffusion tensor imaging is a popular MRI technique widely used in brain research to identify the orientation of white matter tracts (Basser et al., 1994; Assaf and Pasternak, 2008). It measures the impact of tissue architecture on the diffusion-weighted signal by examining the movement of water molecules and detects the characteristics of water diffusion within brain tissue. Thus, virtual dissection and three-dimensional representation of white matter tracts are achieved with fiber tracking (tractography) (Alexander et al., 2007; Catani and De Schotten, 2008).

In domestic animals, crucial white matter tracts of the brain are modeled three-dimensionally by DTI. Critical fiber pathways and parts of the neocortex of the brain of domestic animals are highlighted with images

obtained by DTI. In domestic animals, important white matter tracts and several structures belonging to the neocortex have been demonstrated by DTI in the brains of cats (Ronen et al., 2003; Ronen et al., 2006a; Ronen et al., 2006b; Takahashi et al., 2010; Takahashi et al., 2011; Dai et al., 2016; Jacqmot et al., 2017; Das and Takahashi, 2018; Barry et al., 2019; Johnson et al., 2020a; Andrews et al., 2022a), dogs (Jacqmot et al., 2013; Hartmann et al., 2014; Anaya Garcia et al., 2015; Robinson et al., 2016; Jacqmot et al., 2017; Jacqmot et al., 2020; Barry et al., 2021; Andrews et al., 2022a; Andrews et al., 2022b), pigs (Dyrby et al., 2011; Zhong et al., 2016; Bech et al., 2018; Bech et al., 2020; Benn et al., 2020), horses (Boucher et al., 2020), sheep (Lee et al., 2015; Peruffo et al., 2019; Pieri et al., 2019; Pirone et al., 2021; Gerussi et al., 2022; Graïc et al., 2023), and camels (Cartiaux et al., 2023).

CONCLUSION

This review focused on studies conducted on the brains of domestic animals using MRI, which has become an indispensable tool in veterinary science. It consisted of neuroanatomy, atlases, templates, and DTI studies performed on healthy domestic animals using MRI from the 1980s to the present. The studies on domestic animals such as cats, dogs, pigs, horses, donkeys, cattle, sheep, goats, and camels were summarized. In these studies, the neuroanatomy of the brain was presented in detail with non-invasive images acquired by MRI from the brains of healthy cats, dogs, pigs, horses, donkeys, cattle, sheep,

goats, and camels. Furthermore, similar studies conducted with MRI in some specific species other than domestic mammals were also included in the collection.

Our effort here is to provide information to scientists and veterinarians interested in conducting MRI research on domestic animals' brains. Furthermore, it is to create a collection of domestic animals that will guide researchers.

REFERENCES

- Abdel Maksoud, M. K., Halfaya, F. M., Mahmoud, H. H. & Ibrahim, A. A. (2021). Morphological characteristics of the forebrain in the donkey (*Equus asinus*): A compared atlas of magnetic resonance imaging and cross-sectional anatomy. *Anatomia Histologia Embryologia*, 50 (6), 974-984.
- Abdellaah, B., Awaad, A., Elhawari, S. & Sharshar, A. (2015). Normal brain of one-humped camel: A study with magnetic resonance imaging and gross dissection anatomy. *Indian Journal of Veterinary Surgery*, 36 (1), 46-50.
- Alexander, A. L., Lee, J. E., Lazar, M. & Field, A. S. (2007). Diffusion tensor imaging of the brain. *Neurotherapeutics*, 4 (3) 316-329.
- Anaya Garcia, M. S., Hernández Anaya, J. S., Marrufo Meléndez, O., Velazquez Ramirez, J. L. & Palacios Aguiar, R. (2015). In vivo study of cerebral white matter in the dog using diffusion tensor tractography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 56 (2), 188-195.
- Andrews, E. F., Jacqmot, O., Espinheira Gomes, F. N., Sha, M. F., Niogi, S. N. & Johnson, P. J. (2022a). Characterizing the canine and feline optic pathways in vivo with diffusion MRI. *Veterinary Ophthalmology*, 25, 60-71.
- Andrews, E. F., Pascalau, R., Horowitz, A., Lawrence, G. M. & Johnson, P. J. (2022b). Extensive connections of the canine olfactory pathway revealed by tractography and dissection. *Journal of Neuroscience*, 42 (33), 6392-6407.
- Arencibia, A., Rivero, M., Gil, F., Ramírez, J., Corbera, J., Ramírez, G. & Vazquez, J. (2005). Anatomy of the cranioencephalic structures of the camel (*Camelus dromedarius L.*) by imaging techniques: a magnetic resonance imaging study. *Anatomia Histologia Embryologia*, 34 (1), 52-55.
- Arencibia, A., Rivero, M. A., Ramírez, J. A., Gil, F., Gutierrez, C., Orós, J., Latorre, R. & Vázquez, J. M. (2004). Magnetic resonance imaging of the normal brain in a newborn dromedary camel. *The Veterinary Journal*, 168 (3), 353-357.
- Arencibia, A., Vazquez, J. M., Ramirez, J. A., Ramirez, G., Vilar, J. M., Rivero, M. A., Alayon, S. & Gil, F. (2001). Magnetic resonance imaging of the normal equine brain. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 42 (5), 405-409.
- Arribat, G., Cartiaux, B., Boucher, S., Montel, C., Gros-Dagnac, H., Fave, Y., Péran, P., Mogicato, G. & Deviers, A. (2022). Ex vivo susceptibility-weighted imaging anatomy of canine brain-comparison of imaging and histological sections. *Frontiers in Neuroanatomy*, 16, 948159.
- Assaf, Y. & Pasternak, O. (2008). Diffusion tensor imaging (DTI)-based white matter mapping in brain research: a review. *Journal of Molecular Neuroscience*, 34, 51-61.
- Asyalı, F. Z. (2006). Manyetik Rezonans Görüntüleme. Eskişehir, Turkey, Master's thesis, Osmangazi University.
- Aydoğdu, S. (2021). Koyun Beyninin 3 Tesla Manyetik Rezonans Görüntülerinin Üç Boyutlu Rekonstrüksiyonu. Konya, Turkey, Thesis of PhD, Selçuk University.
- Bakıcı, C., Akgün, R. O., Ozen, D., Algin, O. & Oto, Ç. (2019). The volume fraction values of the brain compartments using the Cavalieri principle and a 3T MRI in brachycephalic and mesocephalic dogs. *Veterinarni Medicina*, 64 (11), 482-489.
- Bakıcı, C., Ekim, O., Ergin, İ., Algin, O. & Oto, Ç. (2020). 3 Tesla magnetic resonance imaging and multiplanar reconstruction of the brain and its associated structures in sheep. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 67 (1), 11-14.
- Banstola, A. & Reynolds, J. N. J. (2022). Mapping sheep to human brain: The need for a sheep brain atlas. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 961413.
- Barry, E. F., Cerda-Gonzalez, S., Luh, W. M., Daws, R. E., Raj, A. & Johnson, P. J. (2019). Normal diffusivity of the domestic feline brain. *Journal*

- of *Comparative Neurology*, 527 (5), 1012-1023.
- Barry, E. F., Loftus, J. P., Luh, W. M., de Leon, M. J., Niogi, S. N. & Johnson, P. J. (2021). Diffusion tensor-based analysis of white matter in the healthy aging canine brain. *Neurobiology of Aging*, 105, 129-136.
- Barton, S. A., Kent, M. & Hecht, E. E. (2023). Neuroanatomical asymmetry in the canine brain. *Brain Structure and Function*, 228 (7), 1657-1669.
- Basser, P. J., Mattiello, J. & LeBihan, D. (1994). Estimation of the effective self-diffusion tensor from the NMR spin echo. *Journal of Magnetic Resonance, Series B*, 103 (3), 247-254.
- Basso, M. A., Frey, S., Guerriero, K. A., Jarraya, B., Kastner, S., Koyano, K. W., Leopold, D. A., Murphy, K., Poirier, C. & Pope, W. (2021). Using non-invasive neuroimaging to enhance the care, well-being and experimental outcomes of laboratory non-human primates (monkeys). *Neuroimage*, 228, 117667.
- Bech, J., Glud, A. N., Sangill, R., Petersen, M., Frandsen, J., Orlowski, D., West, M. J., Pedersen, M., Sørensen, J. C. H. & Dyrby, T. B. (2018). The porcine corticospinal decussation: a combined neuronal tracing and tractography study. *Brain Research Bulletin*, 142, 253-262.
- Bech, J., Orlowski, D., Glud, A. N., Dyrby, T. B., Sørensen J. C. H. & Bjarkam, C. R. (2020). Ex vivo diffusion-weighted MRI tractography of the Göttingen minipig limbic system. *Brain Structure and Function*, 225, 1055-1071.
- Ben, K., Belkhiria, J., Hamdi, H., Chandoul, W. & Mattoussi, A. (2019). Computed tomography and magnetic resonance imaging of the brain and associated structures of the one humped camel (*Camelus dromedarius*): a comparative study. *Journal of New Sciences*, 68, 4221-4231.
- Benn, R. A., Mars, R., Xu, T., Rodríguez-Esparragoza, L., Montesinos, P., Manzano-Patron, J., Lopez-Martin, G., Fuster, V., Sánchez-González, J. & Duff, E. (2020). A pig white matter atlas and common connectivity space provide a roadmap for the introduction of a new animal model in translational neuroscience. *Researchsquare Preprint*, 10.21203/rs.3.rs-105759/v1
- Bhagwandin, A., Haagensen, M. & Manger, P. R. (2017). The brain of the black (*Diceros bicornis*) and white (*Ceratotherium simum*) African rhinoceroses: morphology and volumetrics from magnetic resonance imaging. *Frontiers in Neuroanatomy*, 11, 74.
- Billings, B. K., Behroozi, M., Helluy, X., Bhagwandin, A., Manger, P. R., Güntürkün, O. & Ströckens, F. (2020). A three-dimensional digital atlas of the Nile crocodile (*Crocodylus niloticus*) forebrain. *Brain Structure and Function*, 225 (2), 683-703.
- Boucher, S., Arribarat, G., Cartiaux, B., Lallemand, E. A., Péran, P., Deviers, A. & Mogenicato, G. (2020). Diffusion tensor imaging tractography of white matter tracts in the equine brain. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 382.
- Buonanno, F. S., Pykett, I. L., Kistler, J. P., Vielma, J., Brady, T. J., Hinshaw, W. S., Goldman, M. R., Newhouse, J. H. & Pohost, G. M. (1982). Cranial anatomy and detection of ischemic stroke in the cat by nuclear magnetic resonance imaging. *Radiology*, 143 (1), 187-193.
- Calabrese, E., Badea, A., Coe, C. L., Lubach, G. R., Shi, Y., Styner, M. A. & Johnson, G. A. (2015a). A diffusion tensor MRI atlas of the postmortem rhesus macaque brain. *Neuroimage*, 117, 408-416.
- Cartiaux, B., Amara, A., Pailloux, N., Paumier, R., Malek, A., Elmehatli, K., Kachout, S., Bensmida, B., Montel, C. & Arribarat, G. (2023). Diffusion tensor imaging tractography in the one-humped camel (*Camelus dromedarius*) brain. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1231421.
- Catani, M. & De Schotten, M. T. (2008). A diffusion tensor imaging tractography atlas for virtual in vivo dissections. *Cortex*, 44 (8), 1105-1132.
- Chaffin, M. K., Walker, M. A., McArthur, N. H., Perris, E. E. & Matthews, N. S. (1997). Magnetic resonance imaging of the brain of normal neonatal foals. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 38 (2), 102-111.
- Chang, S. J., Santamaria, A. J., Sanchez, F. J., Villamil, L. M., Saraiva, P. P., Rodriguez, J., Nunez-Gomez, Y., Opris, I., Solano, J. P. & Guest, J. D. (2020). In vivo Population Averaged Stereotaxic T2w MRI Brain Template for the Adult Yucatan Micropig.

- Frontiers in Neuroanatomy*, 14, 599701.
- Conrad, M. S., Sutton, B. P., Dilger, R. N. & Johnson, R. W. (2014). An in vivo three-dimensional magnetic resonance imaging-based averaged brain collection of the neonatal piglet (*Sus scrofa*). *PLoS One*, 9 (9), e107650.
- Couturier, L., Degueurce, C., Ruel, Y., Dennis, R. & Begon, D. (2005). Anatomical study of cranial nerve emergence and skull foramina in the dog using magnetic resonance imaging and computed tomography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46 (5), 375-383.
- Czeibert, K., Andics, A., Petneházy, Ö. & Kubinyi, E. (2019). A detailed canine brain label map for neuroimaging analysis. *Biologia Futura*, 70 (2), 112-120.
- Dai, G., Das, A., Hayashi, E., Chen, Q. & Takahashi, E. (2016). Regional variation of white matter development in the cat brain revealed by ex vivo diffusion MR tractography. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 54, 32-38.
- Das, A. & Takahashi, E. (2018). Characterization of white matter tracts by diffusion MR tractography in cat and ferret that have similar gyral patterns. *Cerebral Cortex*, 28 (4), 1338-1347.
- Datta, R., Lee, J., Duda, J., Avants, B. B., Vite, C. H., Tseng, B., Gee, J. C., Aguirre, G. D. & Aguirre G. K. (2012). A digital atlas of the dog brain. *PLoS One*, 7 (12), e52140.
- Dickie, D. A., Shenkin, S. D., Anblagan, D., Lee, J., Blesa Cabez, M., Rodriguez, D., Boardman, J. P., Waldman, A., Job, D. E. & Wardlaw, J. M. (2017). Whole brain magnetic resonance image atlases: a systematic review of existing atlases and caveats for use in population imaging. *Frontiers in Neuroinformatics*, 11, 1.
- Dursun, N. (2008). *Veteriner Anatomi III*, 7th ed. Ankara, Turkey: Medisan Yayınları.
- Dyce, K. M., Sack, W. O. & Wensing, C. J. G. (2010). *Textbook of Veterinary Anatomy*, 4th ed. China: Saunder Elsevier.
- Dyrby, T. B., Baaré, W. F., Alexander, D. C., Jelsing, J., Garde, E. & Søgaard, L. V. (2011). An ex vivo imaging pipeline for producing high-quality and high-resolution diffusion-weighted imaging datasets. *Human Brain Mapping*, 32 (4), 544-563.
- Ella, A., Delgadillo, J. A., Chemineau, P. & Keller, M. (2017). Computation of a high-resolution MRI 3D stereotaxic atlas of the sheep brain. *Journal of Comparative Neurology*, 525 (3), 676-692.
- Ella, A. & Keller, M. (2015). Construction of an MRI 3D high resolution sheep brain template. *Magnetic Resonance Imaging*, 33 (10), 1329-1337.
- Eriş, S. (2008). *Manyetik Rezonans Görüntüleme Teknikleri*. Denizli, Turkey, Master's thesis, Pamukkale University.
- Feng, L., Jeon, T., Yu, Q., Ouyang, M., Peng, Q., Mishra, V., Pletikos, M., Sestan, N., Miller, M. I. & Mori, S. (2017). Population-averaged macaque brain atlas with high-resolution ex vivo DTI integrated into in vivo space. *Brain Structure and Function*, 222 (9), 4131-4147.
- Fil, J. E., Joung, S., Zimmerman, B. J., Sutton, B. P. & Dilger, R. N. (2021). High-resolution magnetic resonance imaging-based atlases for the young and adolescent domesticated pig (*Sus scrofa*). *Journal of Neuroscience Methods*, 354, 109107.
- Frey, S., Pandya, D. N., Chakravarty, M. M., Bailey, L., Petrides, M. & Collins, D. L. (2011). An MRI based average macaque monkey stereotaxic atlas and space (MNI monkey space). *Neuroimage*, 55 (4), 1435-1442.
- Gan, H., Zhang, Q., Zhang, H., Chen, Y., Lin, J., Kang, T., Zhang, J., Troy II, F. A. & Wang, B. (2014). Development of new population-averaged standard templates for spatial normalization and segmentation of MR images for postnatal piglet brains. *Magnetic Resonance Imaging*, 32 (10), 1396-1402.
- Gerussi, T., Graic, J. M., Grandis, A., Peruffo, A. & Cozzi, B. (2022). The orbitofrontal cortex of the sheep. Topography, organization, neurochemistry, digital tensor imaging and comparison with the chimpanzee and human. *Brain Structure and Function*, 227 (5), 1871-1891.
- Gilbert, S. H., McConnell, F. J., Holden, A. V., Sivananthan, M. U. & Dukes-McEwan, J. (2010). The potential role of MRI in veterinary clinical cardiology. *The Veterinary Journal*, 183 (2), 124-134.
- Graic, J., Tagliavia, C., Salamanca, G., Gerussi, T., Grandis, A., Cozzi, B. & Bombardi, C. (2023).

- Connections of the sheep basolateral amygdala: A diffusion tensor imaging study. *Journal of Neuroscience Methods*, 393, 109883.
- Gray-Edwards, H. L., Salibi, N., Josephson, E. M., Hudson, J. A., Cox, N. R., Randle, A. N., McCurdy, V. J., Bradbury, A. M., Wilson, D. U. & Beyers, R. J. (2014). High resolution MRI anatomy of the cat brain at 3 Tesla. *Journal of Neuroscience Methods*, 227, 10-17.
- Hartmann, A., Söffler, C., Failing, K., Schaubmar, A., Kramer, M. & Schmidt, M. J. (2014). Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of the normal canine brain. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 55 (6), 592-598.
- Hashikawa, T., Nakatomi, R. & Iriki, A. (2015). Current models of the marmoset brain. *Neuroscience Research*, 93, 116-127.
- Hecht, E. E., Smaers, J. B., Dunn, W. D., Kent, M., Preuss, T. M. & Gutman, D. A. (2019). Significant neuroanatomical variation among domestic dog breeds. *Journal of Neuroscience*, 39 (39), 7748-7758.
- Hess, A., Hinz, R., Keliris, G. A. & Boehm-Sturm, P. (2018). On the usage of brain atlases in neuroimaging research. *Molecular Imaging and Biology*, 20 (5), 742-749.
- Hudson, L. C., Cauzinille, L., Kornegay, J. N. & Tompkins, M. B. (1995). Magnetic resonance imaging of the normal feline brain. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 36 (4), 267-275.
- Hutchinson, E. B., Schwerin, S. C., Radomski, K., Sadeghi, N., Jenkins, J., Komlosh, M. E., Irfanoglu, M. O., Juliano, S. L. & Pierpaoli, C. (2017). Population based MRI and DTI templates of the adult ferret brain and tools for voxelwise analysis. *Neuroimage*, 152, 575-589.
- Jáber Mohamad, J. R., Encinoso Quintana, M. Ó., Morales, D., Artiles Vizcaíno, A., Santana, M., Blanco Sucino, D. & Arencibia Espinosa, A. (2016). Anatomic study of the normal Bengal tiger (*Panthera tigris tigris*) brain and associated structures using low field magnetic resonance imaging. *European Journal of Anatomy*. 20 (3), 195-203.
- Jacqmot, O., Van Thielen, B., Fierens, Y., Hammond, M., Willekens, I., Schuerbeek, P. V., Verhelle, F., Goossens, P., De Ridder, F. & Clarys, J. P. (2013). Diffusion tensor imaging of white matter tracts in the dog brain. *The Anatomical Record*, 296 (2), 340-349.
- Jacqmot, O., Van Thielen, B., Hespel, A. M., Luijten, P. R., de Mey, J., Van Binst, A., Provyn, S. & Tresignie, J. (2022). T2-weighted turbo spin-echo magnetic resonance imaging of canine brain anatomy at 1.5T, 3T, and 7T field strengths. *The Anatomical Record*, 305 (1), 222-233.
- Jacqmot, O., Van Thielen, B., Michotte, A., de Mey, J., Provyn, S. & Tresignie, J. (2020). Neuroanatomical reconstruction of the canine visual pathway using diffusion tensor imaging. *Frontiers in Neuroanatomy*, 14, 54.
- Jacqmot, O., Van Thielen, B., Michotte, A., Willekens, I., Verhelle, F., Goossens, P., De Ridder, F., Clarys, J. P., Vanbinst, A. & Peleman, C. (2017). Comparison of several white matter tracts in feline and canine brain by using magnetic resonance diffusion tensor imaging. *The Anatomical Record*, 300 (7), 1270-1289.
- Johnson, P. J., Janvier, V., Luh, W. M., FitzMaurice, M., Southard, T. & Barry, E. F. (2019). Equine stereotactic population average brain atlas with neuroanatomic correlation. *Frontiers in Neuroanatomy*, 13, 89.
- Johnson, P. J., Pascalau, R., Luh, W. M., Raj, A., Cerda-Gonzalez, S. & Barry, E. F. (2020a). Stereotaxic diffusion tensor imaging white matter atlas for the in vivo domestic feline brain. *Frontiers in Neuroanatomy*, 14, 1.
- Johnson, P. J., Luh, W. M., Rivard, B. C., Graham, K. L., White, A., Fitz-Maurice, M., Loftus, J. P. & Barry, E. F. (2020b). Stereotactic cortical atlas of the domestic canine brain. *Scientific Reports*, 10 (1), 1-16.
- Kang, B. T., Ko, K. J., Jang, D. P., Han, J. Y., Lim, C. Y., Park, C., Yoo, J. H., Kim, J. W., Jung, D. I. & Kim, Y. B. (2009). Magnetic resonance imaging of the canine brain at 7 T. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50 (6), 615-621.
- Kärkkäinen, M., Mero, M., Nummi, P. & Punto, L. (1991). Low field magnetic resonance imaging of the canine central nervous system. *Veterinary Radiology*, 32 (2), 71-74.

- Kii, S., Uzuka, Y., Taura, Y., Nakaichi, M., Takeuchi, A., Inokuma, H. & Onishi, T. (1997). Magnetic resonance imaging of the lateral ventricles in beagle-type dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 38 (69), 430-433.
- Knoernschild, K. (2022). Minipig brain MRI: Batten Disease Phenotypic Development and Generalized Multi-atlas Segmentation with Joint Label Fusion. Iowa, USA, Master's thesis, The University of Iowa.
- König, H. E., Liebich, H. G. & Cervený, C. (2004). *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals Textbook and Colour Atlas*, 3rd ed. Germany: Schattauer.
- Kraft, S. L., Gavin, P. R., Wendling, L. R. & Reddy, V. K. (1989). Canine brain anatomy on magnetic resonance images. *Veterinary Radiology*, 30 (4), 147-158.
- Kumaş A. (2007). *Radyasyon Fiziği ve Tıbbi Uygulamaları*, 2nd ed. Ankara, Turkey: Palme Yayıncılık.
- Lee, W., Lee, S. D., Park, M. Y., Foley, L., Purcell-Estabrook, E., Kim, H. & Yoo, S. S. (2015). Functional and diffusion tensor magnetic resonance imaging of the sheep brain. *BMC Veterinary Research*, 11, 1-8.
- Leigh, E. J., Mackillop, E., Robertson, I. D. & Hudson, L. C. (2007). Clinical anatomy of the canine brain using magnetic resonance imaging. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49 (2), 113-121.
- Liu, C., Frank, Q. Y., Yen, C. C. C., Newman, J. D., Glen, D., Leopold, D. A. & Silva, A. C. (2018). A digital 3D atlas of the marmoset brain based on multi-modal MRI. *Neuroimage*, 169, 106-116.
- Liu, X., Tian, R., Zuo, Z., Zhao, H., Wu, L., Zhuo, Y., Zhang, Y. Q. & Chen, L. (2020). A high-resolution MRI brain template for adult Beagle. *Magnetic Resonance Imaging*, 68, 148-157.
- Liu, Z., Wang, X., Newman, N., Grant, K. A., Studholme, C. & Kroenke, C. D. (2020). Anatomical and diffusion MRI brain atlases of the fetal rhesus macaque brain at 85, 110 and 135 days gestation. *Neuroimage*, 206, 116310.
- Manso-Díaz, G., Taeymans, O., García-López, J. & Weller, R. (2021). Application and indications of magnetic resonance imaging and computed tomography of the equine head. *Equine Veterinary Education*, 33 (1), 31-46.
- Marcilloux, J. C., Félix, M. B., Rampin, O., Stoffels, C., Ibazizen, M. T., Cabanis, E., Laplace, J. P. & Albe-Fessard, D. (1993). Preliminary results of a magnetic resonance imaging (MRI) study of the pig brain placed in stereotaxic conditions. *Neuroscience Letters*, 156 (1993), 113-116.
- Marino, L., Murphy, T. L., Dewerd, A. L., Morris, J. A., Fobbs, A. J., Humblot, N., Ridgway, S. H. & Johnson, J. I. (2001a). Anatomy and three-dimensional reconstructions of the brain of the white whale (*Delphinapterus leucas*) from magnetic resonance images. *The Anatomical Record*, 262 (4), 429-439.
- Marino, L., Sudheimer, K. D., Murphy, T. L., Davis, K. K., Pabst, D. A., McLellan, W. A., Rilling, J. K. & Johnson, J. I. (2001b). Anatomy and three-dimensional reconstructions of the brain of a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) from magnetic resonance images. *The Anatomical Record*, 264 (4), 397-414.
- Marino, L., Murphy, T. L., Gozal, L. & Johnson, J. I. (2001c). Magnetic resonance imaging and three-dimensional reconstructions of the brain of a fetal common dolphin, *Delphinus delphis*. *Anatomy and Embryology*, 203 (5), 393-402.
- Marino, L., Sherwood, C. C., Delman, B. N., Tang, C. Y., Naidich, T. P. & Hof, P. R. (2004a). Neuroanatomy of the killer whale (*Orcinus orca*) from magnetic resonance images. *The Anatomical Record Part A*, 281 (2), 1256-1263.
- Marino, L., Sudheimer, K., McLellan, W. A. & Johnson, J. I. (2004b). Neuroanatomical structure of the spinner dolphin (*Stenella longirostris orientalis*) brain from magnetic resonance images. *The Anatomical Record Part A*, 279 (1), 601-610.
- Martín-Vaquero, P., Da Costa, R. C., Echandi, R. L., Tosti, C. L., Knopp, M. V. & Sammet, S. (2011). Magnetic resonance imaging of the canine brain at 3 and 7 T. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52 (1), 25-32.
- Martínez, E. D., Florenciano, M. A., Espinosa, A. A., Laguía, M. S., Kilroy, D., Gomariz, F. M. & Zarzosa, G. R. (2021). A neuroanatomical study of the feline brain using MRI and mulligan staining: functional and pathological

- considerations. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 22 (4), 310-317.
- McGregor, O., Genain, M. A., Williams, T. L. & Alves, L. (2023). Prevalence and clinical correlations of olfactory recess dilatation in MRI studies of the feline brain. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 64, 455-463.
- McLaren, D. G., Kosmatka, K. J., Oakes, T. R., Kroenke, C. D., Kohama, S. G., Matochik, J. A., Ingram, D. K. & Johnson, S. C. (2009). A population-average MRI-based atlas collection of the rhesus macaque. *Neuroimage*, 45 (1), 52-59.
- Mogicato, G., Conchou, F., Layssol-Lamour, C., Raharison, F. & Sautet, J. (2011a). Normal feline brain: clinical anatomy using magnetic resonance imaging. *Anatomia Histologia Embryologia*, 41 (2), 87-95.
- Mogicato, G., Conchou, F., Raharison, F. & Sautet, J. (2011b). Normal canine brain: comparison between magnetic resonance imaging and cross-sectional anatomy. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 162 (8/9), 400-405.
- Moirano, J. M., Bezgin, G. Y., Ahlers, E. O., Kötter, R. & Converse, A. K. (2019). Rhesus macaque brain atlas regions aligned to an MRI template. *Neuroinformatics*, 17, 295-306.
- Montie, E. W., Pussini, N., Schneider, G. E., Battey, T. W., Dennison, S., Barakos, J. & Gulland, F. (2009). Neuroanatomy and volumes of brain structures of a live California sea lion (*Zalophus californianus*) from magnetic resonance images. *The Anatomical Record*, 292 (10), 1523-1547.
- Nitzsche, B., Boltze, J., Ludwig, E., Flegel, T., Schmidt, M. J., Seeger, J., Barthel, H., Brooks, O. W., Gounis, M. J. & Stoffel, M. H. (2019). A stereotaxic breed-averaged, symmetric T2w canine brain atlas including detailed morphological and volumetrical data sets. *Neuroimage*, 187, 93-103.
- Nitzsche, B., Frey, S., Collins, L. D., Seeger, J., Lobsien, D., Dreyer, A., Kirsten, H., Stoffel, M. H., Fonov, V. S. & Boltze, J. (2015). A stereotaxic, population-averaged T1w ovine brain atlas including cerebral morphology and tissue volumes. *Frontiers in Neuroanatomy*, 9, 69.
- Norris, C., Lisinski, J., McNeil, E., VanMeter, J. W., VandeVord, P. & LaConte, S. M. (2021). MRI brain templates of the male Yucatan minipig. *Neuroimage*, 235, 118015.
- Oelschläger, H., Haas-Rioth, M., Fung, C., Ridgway, S. & Knauth, M. (2008). Morphology and evolutionary biology of the dolphin (*Delphinus* sp.) brain—MR imaging and conventional histology. *Brain Behavior and Evolution*, 71 (1), 68-86.
- Oto, Ç. (2007). Merkepte (Equus asinus) Encephalon'un Anatomisi ve Transversal Kesitlerinin İncelenmesi, Ankara, Turkey, Thesis of PhD, Ankara University.
- Oto, Ç. (2017). Köpekte beyin 3 tesla manyetik rezonans ile 3 boyutlu multiplanar rekonstruksiyonu. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 6 (1), 69-72.
- Oto, Ç., Ekim, O., Algin, O., Şenel, O. O., Ince, N. & Hazirolu, R. M. (2011). 3 Tesla Magnetic resonance imaging and multiplanar reconstruction of the brain and its associated structures in pig. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 58, 73-78.
- Panciera, D. L., Duncan, I. D., Messing, A., Rush, J. E. & Turski, P. A. (1987). Magnetic resonance imaging in two dogs with central nervous system disease. *Journal of Small Animal Practice*, 28 (7), 587-596.
- Peruffo, A., Corain, L., Bombardi, C., Centellegho, C., Grisan, E., Graic, J. M., Bontempi, P., Grandis, A. & Cozzi, B. (2019). The motor cortex of the sheep: laminar organization, projections and diffusion tensor imaging of the intracranial pyramidal and extrapyramidal tracts. *Brain Structure and Function*, 224 (5), 1933-1946.
- Pieri, V., Trovatielli, M., Cadioli, M., Zani, D. D., Brizzola, S., Ravasio, G., Acocella, F., Di Giancamillo, M., Malfassi, L. & Dolera, M. (2019). In vivo diffusion tensor magnetic resonance tractography of the sheep brain: an atlas of the ovine white matter fiber bundles. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 345.
- Pirone, A., Graic, J. M., Grisan, E. & Cozzi, B. (2021). The claustrum of the sheep and its connections to the visual cortex. *Journal of Anatomy*, 238 (1), 1-12.
- Przyborowska, P., Adamiak, Z., Holak, P. & Zhalniarovich, Y. (2017). Comparison of feline brain anatomy

- in 0.25 and 3 Tesla magnetic resonance images. *Anatomia Histologia Embryologia*, 46 (2), 178-186.
- Przyborowska, P., Adamiak, Z., Holak, P., Zhalniarovich, Y. & Maksymowicz, W. (2018). Diagnosis of cerebral ventriculomegaly in felines using 0.25 Tesla and 3 Tesla magnetic resonance imaging. *Veterinárni Medicína*, 63 (1), 28-35.
- Rathjen, S., Engelmann, R., Struif, S., Kaulisch, T., Stiller, D. & Löwel, S. (2003). The growth of cat cerebral cortex in postnatal life: a magnetic resonance imaging study. *European Journal of Neuroscience*, 18 (7), 1797-1806.
- Reveley, C., Gruslys, A., Ye, F. Q., Glen, D., Samaha, J. E., Russ, B., Saad, Z. K., Seth, A., Leopold, D. A. & Saleem, K. S. (2017). Three-dimensional digital template atlas of the macaque brain. *Cerebral Cortex*, 27 (9), 4463-4477.
- Risser, L., Sadoun, A., Mescam, M., Strelnikov, K., Lebreton, S., Boucher, S., Girard, P., Vayssière, N., Rosa, M. G. & Fonta, C. (2019). In vivo localization of cortical areas using a 3D computerized atlas of the marmoset brain. *Brain Structure and Function*, 224, 1957-1969.
- Robinson, J. L., Baxi, M., Katz, J. S., Waggoner, P., Beyers, R., Morrison, E., Salibi, N., Denney, T. S., Vodyanoy, V. & Deshpande, G. (2016). Characterization of structural connectivity of the default mode network in dogs using diffusion tensor imaging. *Scientific Reports*, 6 (1), 36851.
- Rogers Flattery, C. N., Abdulla, M., Barton, S. A., Michlich, J. M., Trut, L. N., Kukekova, A. V. & Hecht, E. E. (2023). The brain of the silver fox (*Vulpes vulpes*): a neuroanatomical reference of cell-stained histological and MRI images. *Brain Structure and Function*, 228 (5), 1177-1189.
- Ronen, I., Kim, K. H., Garwood, M., Ugurbil, K. & Kim, D. S. (2003). Conventional DTI vs. slow and fast diffusion tensors in cat visual cortex. *Magnetic Resonance in Medicine*, 49 (5), 785-790.
- Ronen, I., Moeller, S., Ugurbil, K. & Kim, D. S. (2006a). Analysis of the distribution of diffusion coefficients in cat brain at 9.4 T using the inverse Laplace transformation. *Magnetic Resonance Imaging*, 24 (1), 61-68.
- Ronen, I., Moeller, S., Ugurbil, K. & Kim, D. S. (2006b). Investigation of multicomponent diffusion in cat brain using a combined MTC-DWI approach. *Magnetic Resonance Imaging*, 24 (4), 425-431.
- Rushmore, R. J., Bouix, S., Kubicki, M., Rathi, Y., Rosene, D. L., Yeterian, E. H. & Makris, N. (2021). MRI-based Parcellation and morphometry of the individual Rhesus Monkey Brain: the macaque Harvard-Oxford Atlas (mHOA), a translational system referencing a standardized ontology. *Brain Imaging and Behavior*, 15, 1589-1621.
- Saikali, S., Meurice, P., Sauleau, P., Eliat, P. A., Bellaud, P., Randuineau, G., Vérin, M. & Malbert, C. H. (2010). A three-dimensional digital segmented and deformable brain atlas of the domestic pig. *Journal of Neuroscience Methods*, 192 (1), 102-109.
- Schmidt, M., Langen, N., Klumpp, S., Nasirimanesh, F., Shirvanchi, P., Ondreka, N. & Kramer, M. (2012). A study of the comparative anatomy of the brain of domestic ruminants using magnetic resonance imaging. *The Veterinary Journal*, 191 (1), 85-93.
- Schmidt, M. J., Knemeyer, C. & Heinsen, H. (2019). Neuroanatomy of the equine brain as revealed by high-field (3Tesla) magnetic-resonance-imaging. *PLoS one*, 14 (4), e0213814.
- Schmidt, M. J., Oelschläger, H. A., Haddad, D., Pürea, A., Haase, A. & Kramer, M. (2009b). Visualising the premature brain using 17.6 Tesla magnetic resonance imaging. *The Veterinary Journal*, 182 (2), 215-222.
- Schmidt, M. J., Pilatus, U., Wigger, A., Kramer, M. & Oelschläger, H. A. (2009a). Neuroanatomy of the calf brain as revealed by high-resolution magnetic resonance imaging. *Journal of Morphology*, 270 (6), 745-758.
- Schmidt, V. (2014). Comparative Anatomy of the Pig Brain-An Integrative Magnetic Resonance Imaging (MRI) Study of the Porcine Brain with Special Emphasis on the External Morphology of the Cerebral Cortex. Giessen, Germany, Thesis of PhD, University of Giessen.
- Schubert, R., Freisfeld, F., Johnson, H., Kim, E. R., Nagelmann, N., Motlik, J., Schramke, S., Schuldenzucker, V., Rieke, L. & Matheis, T. (2016). Standard Brain Template and Multi-atlas

- Based Segmentation of Tghd Minipig Brain. *Journal of Neurology*, 87, A32.
- Shen, J., Sharifzadeh-Kermani, A., Tayebi, M., Kwon, E., Guild, S. J., Abbasi, H., Holdsworth, S., Talou, G. M. & Safaei, S. (2023). Atlas-Free Automatic Segmentation of Sheep Brain MRI. In 2023 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), Sydney, 2023, 1-4.
- Sienkiewicz, T., Sergiel, A., Huber, D., Maślak, R., Wrzosek, M., Podgórski, P., Reljić, S. & Paško, Ł. (2019). The brain anatomy of the Brown Bear (*Carnivora, Ursus arctos L., 1758*) compared to that of other carnivorans: A cross-sectional study using MRI. *Frontiers in Neuroanatomy*, 13, 79.
- Smith, J., James, M., Bockhorst, K., Smith, M., Bradley, D., Papadakis, N., Carpenter, T., Parsons, A., Leslie, R. & Hall, L. (2001). Investigation of feline brain anatomy for the detection of cortical spreading depression with magnetic resonance imaging. *Journal of Anatomy*, 198 (5), 537-554.
- Sørensen, J., Bjarkam, C. R., Danielsen, E., Simonsen, C. Z. & Geneser, F. (2000). Oriented sectioning of irregular tissue blocks in relation to computerized scanning modalities: Results from the domestic pig brain. *Journal of Neuroscience Methods*, 104 (1), 93-98.
- Stolzberg, D., Wong, C., Butler, B. E. & Lomber, S. G. (2017). Catlas: An magnetic resonance imaging-based three-dimensional cortical atlas and tissue probability maps for the domestic cat (*Felis catus*). *Journal of Comparative Neurology*, 525 (15), 3190-3206.
- Stuckenschneider, K., Hellige, M., Feige, K. & Gasse, H. (2014). 3-Tesla magnetic resonance imaging of the equine brain in healthy horses—Potentials and limitations. *Pferdeheilkunde Equine Medicine*, 30 (6), 657-670.
- Takahashi, E., Dai, G., Rosen, G. D., Wang, R., Ohki, K., Folkerth, R. D., Galaburda, A. M., Wedeen, V. J. & Ellen Grant, P. (2011). Developing neocortex organization and connectivity in cats revealed by direct correlation of diffusion tractography and histology. *Cerebral Cortex*, 21 (1), 200-211.
- Takahashi, E., Dai, G., Wang, R., Ohki, K., Rosen, G. D., Galaburda, A. M., Grant, P. E. & Wedeen, VJ (2010). Development of cerebral fiber pathways in cats revealed by diffusion spectrum imaging. *Neuroimage*, 49 (2), 1231-1240.
- Tecirlioğlu, S. (1983). *Koparatif Veteriner Anatomi Sinir Sistemi*, 1st ed. Ankara, Turkey: Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları.
- Tuncel, E. (2008). *Klinik Radyoloji*, 1st ed. İstanbul, Turkey: Nobel Güneş Tıp Kitabevi.
- Vazquez, J., Gil, F., Ramírez, G., Rivero, M., Ramírez, J., Vilar, J. & Arencibia, A. (2001). Magnetic resonance imaging of two normal equine brains and their associated structures. *Veterinary Record*, 148 (8), 229-232.
- Villadsen, J., Hansen, H. D., Jørgensen, L. M., Keller, S. H., Andersen, F. L., Petersen, I. N., Knudsen, G. M. & Svarer, C. (2018). Automatic delineation of brain regions on MRI and PET images from the pig. *Journal of Neuroscience Methods*, 294, 51-8.
- Woodward, A., Hashikawa, T., Maeda, M., Kaneko, T., Hikishima, K., Iriki, A., Okano, H. & Yamaguchi Y. (2018). The Brain/MINDS 3D digital marmoset brain atlas. *Scientific Data*, 5 (1), 1-12.
- Yıldırım, M. (2000). *Temel Nöroanatomisi*, 1st ed. İstanbul, Turkey: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Zhong, J., Chen, D. Q., Walker, M., Waspe, A., Looi, T., Piorkowska, K., Drake, J. M. & Hodaie, M. (2016). An in vivo multi-modal structural template for neonatal piglets using high angular resolution and population-based whole-brain tractography. *Frontiers in Neuroanatomy*, 10, 92.
- Zhu, X., Yan, H., Zhan, Y., Feng, F., Wei, C., Yao, Y. G. & Liu, C. (2023). An anatomical and connectivity atlas of the marmoset cerebellum. *Cell Reports*, 42 (5), 112480.



Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni
Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association
e-ISSN: 2667-8381

Mazhar Burak CAN^{1,a,*}
Beyza Nur CENGİZ^{2,b}
Halit İMİK^{1c}

¹Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Erzurum

²Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Hayvan Sağlığı Ekonomisi ve İşletmeciliği Anabilim Dalı, Konya

ORCID^a: 0000-0001-5248-1369
ORCID^b: 0009-0003-8707-2356
ORCID^c: 0000-0001-6933-2124

***Sorumlu Yazar:** Mazhar Burak CAN
E-Posta: drmazharburakcan@gmail.com

Geliş Tarihi: 01.12.2023
Kabul Tarihi: 10.03.2024

15 (1): 23-38, 2024
DOI: 10.38137/vftd.1398812

Makale atfı

Can, M.B. ve ark. (2024). Bayburt İlinin Ekonomik Kalkınmasında Hayvansal Üretim ve Önemi, Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni, 15 (1), 23-38. DOI: 10.38137/vftd.1398812.

**BAYBURT İLİNİN EKONOMİK KALKINMASINDA
HAYVANSAL ÜRETİM VE ÖNEMİ**

ÖZET. Bayburt ili %57,87'si çayır ve mera alanından oluşan 374.697 hektar araziye sahiptir. Büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığın ön planda olduğu ilde işletmelerin çoğunluğunu küçük ölçekli işletmeler oluşturmaktadır. Hayvanların kaba yem ihtiyacı çayır-mera ve ekili arazilerden karşılanmaktadır. Bu nedenle tarımsal üretimde yonca, yulaf ve korunga gibi yem bitkileri ön plandadır. Bayburt konum itibarıyla nüfus yoğunluğu az, büyük sanayi tesisleri bulunmayan, kimyasal ve biyolojik kirliliğe minimum oranda maruz kalan bir bölgede yer almaktadır. Ancak büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığı komşu illere kıyasla az olmasına rağmen hayvan hareketlerinin yoğun olduğu geçiş güzergâhında bulunduğu için hayvan hastalıkları açısından riskli bir bölgede yer almaktadır. Bu çalışmanın amacı Bayburt ilinde yürütülen tarım ve hayvancılık faaliyetlerini inceleyerek mevcut yapı ve sorunlara ilişkin çözüm önerileri ortaya koymaktır.

Anahtar Kelimeler: Bayburt, hayvancılık, kırsal kalkınma, sorunlar, tarım.

**ANIMAL PRODUCTION AND ITS IMPORTANCE IN THE
ECONOMIC DEVELOPMENT OF BAYBURT PROVINCE**

ABSTRACT. Bayburt province has 374,697 hectares of land, 57.87% of which consists of meadows and pastures. In the province where cattle and sheep farming is at the forefront, the majority of enterprises are small-scale enterprises. The roughage needs of the animals are met from meadows, pastures and cultivated lands. For this reason, forage crops such as clover, oats and sainfoin are at the forefront in agricultural production. Bayburt is located in a region with low population density, no large industrial facilities, and minimal exposure to chemical and biological pollution. However, although the presence of cattle and sheep is less compared to neighboring provinces, it is located in a risky area in terms of animal diseases because it is located on the transit route where animal movements are intense. The aim of this study is to examine the agricultural and livestock activities carried out in Bayburt province and to propose solutions to the current structure and problems.

Keywords: Bayburt, livestock, rural development, problems, agriculture.

GİRİŞ

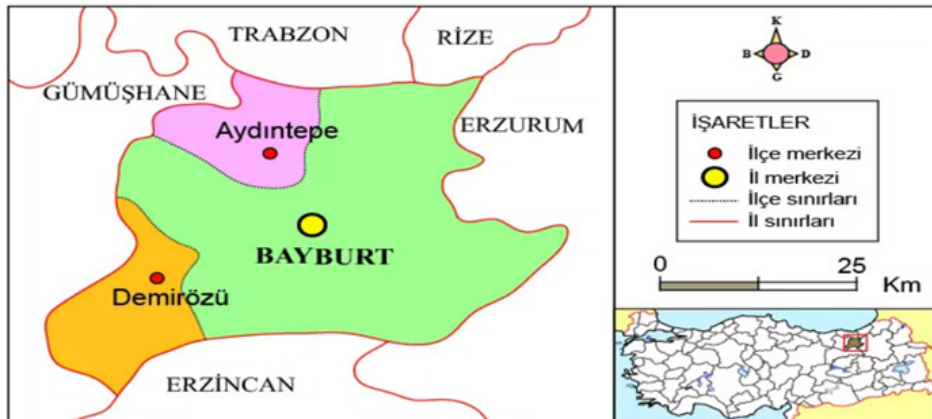
Bitkisel ve hayvansal üretim faaliyetleri toplumların gelişmişlik düzeyleri ne olursa olsun ekonomik kaynak açısından vazgeçilmez durumdadır (Topal, 2010). Coğrafi ve iklim koşullarının yanı sıra bitki örtüsü, hayvan varlığı ve jeolojik yapı birlikte değerlendirildiğinde Türkiye bitkisel ve hayvansal üretim için oldukça elverişli bir yapıdadır. Özellikle iklim çeşitliliğinin getirdiği avantaj, teknolojik imkânlar ve tarım yapılabilen arazilerin fazla olması tarımsal üretimde başarıyı getirmektedir. Tarım ve hayvancılık sektörü içerisinde hayvancılık faaliyetleri özellikle kırsal alanda işsizliğin azaltılması, kırsal kalkınmanın artırılması ve köyden kente göçün engellenmesi gibi nedenlerden dolayı sosyo-ekonomik açıdan kritik bir öneme sahiptir (Davran ve ark., 2017). Son yıllarda diğer sektörlerle kıyasla tarım ve hayvancılık sektörünün gayrisafi yurtiçi hasılaya (GSYİH) olan katkısı oransal olarak azalmasına rağmen önemi ve önceliği artmaktadır (Sav ve Sayın, 2018). Tarım ve hayvancılık sektöründe yaşanan sorunları ve ihtiyaç duyulan rasyonel değişiklikleri bir bütün halde değerlendirmek ve uygun çözümler üretmek gerekmektedir.

Türkiye tarımsal üretimde dünyanın en önde gelen ülkeleri arasında bulunmasına rağmen hayvancılık konusunda önemli sorunlar yaşamaktadır. 1950-1960 yılları arasında makineleşme hızının artmasıyla beraber tarım sektörü gelişmeye başlarken hayvancılık sektörü aynı oranda gelişme sağlayamamıştır (Erbay, 2013). Aynı zamanda hayvancılık sektörüne bağlı tarımsal ve hayvansal üretim, işletme sayısı ve yapısı, sermaye, hayvancılık politikaları, yasal düzenlemeler, genotip (ırk, tip) ve hayvan sağlığı gruplarında yaşanan değişiklikler beslenme, GSYİH, hammadde temin edilen sektörler

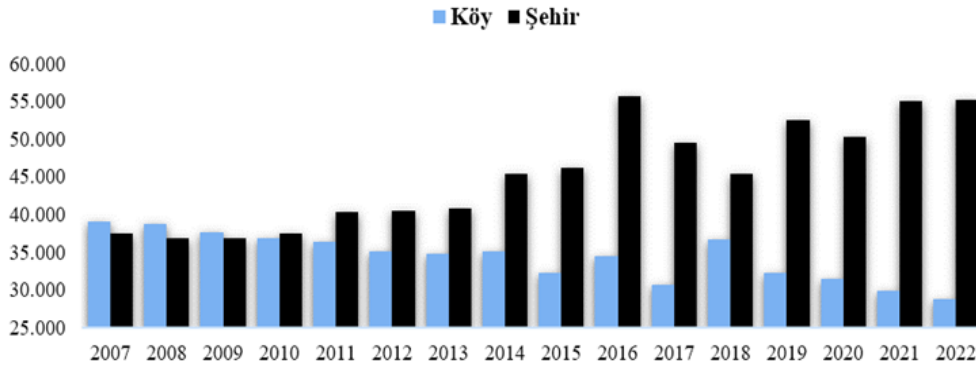
ve kırsal kalkınmada yaşanabilecek olumlu/olumsuz gelişmeler olarak yansımaktadır. Türkiye coğrafi şartları, teknik altyapısı ve üretim olanakları itibarıyla her türlü hayvansal üretimi gerçekleştirmek için önemli avantajlara sahiptir. Ancak ekonomik yapı ve yaşanan gelişmeler ile diğer teknik sorunlar, örgütsüz yapı nedeniyle hayvan ve hayvansal üretim kendinden beklenen fonksiyonları tam ve etkin olarak yerine getirememektedir. Bayburt ilinin lokasyon haritası Şekil 1’de verilmiştir.

Doğu Anadolu Bölgesinin ekonomik yapısı bitkisel ve hayvansal üretim ağırlıklıdır. Özellikle hayvansal üretim bölge ekonomisi açısından oldukça önemli bir konumdadır (Akpınar ve ark., 2012). Bayburt ili doğuda Erzurum, batıda Gümüşhane, kuzeyde Trabzon ve Rize, güneyde ise Erzincan illeri arasında bulunan 3.739 km² yüzölçümüyle Türkiye’nin %0.48’ini oluşturmaktadır (Şekil 1) (Anonim, 2023a). İde 900 km² büyüklüğündeki Bayburt Ovasının etrafına yerleşim merkezleri ve köyler kurulmuştur. Coğrafi konumu itibarıyla Kop ve Soğanlı dağı etrafında Aydıntepe, Otlukbeli, Gökçedere, Yazıyurdu, Somarova gibi birçok yaylaya sahiptir (Sezen ve ark., 2012). Geniş çayır ve mera alanları ildeki hayvancılığın geliştirilmesi açısından lokomotif bir unsur olarak göze çarpmaktadır. Bayburt konum olarak Karadeniz bölgesine dâhil olmasına rağmen iklim açısından Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu iklimi arasında baskın karasal iklim yaşamaktadır. Bu nedenle tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin Doğu Anadolu Bölgesindeki illerle kıyaslanması daha doğru olacaktır.

Bu çalışmanın amacı Bayburt ilinin tarım ve hayvancılık potansiyelinin ve sektörün il düzeyinde sosyo-ekonomik kalkınmasına etkileri ortaya konularak sorunlara çözüm önerileri geliştirilmesidir.



Şekil 1. Bayburt ili lokasyon haritası.



Şekil 2. Bayburt ilinde 2007-2022 yılları arasında şehir ve köy nüfusu dağılımı.

DEMOGRAFİK YAPI VE SOSYO-EKONOMİK ÖZELLİKLERİ

Demografik yapı ve mekânsal dağılımı ekonomik kalkınma ve gelişme sürecini doğrudan etkilemektedir. İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırmasına göre Bayburt, Erzurum ve Erzincan illeri TRA1 bölgesinde yer almaktadır. Bayburt ili nüfusu 2007 yılında 76.609 kişiden oluşmakla birlikte 2022 yılında 84.241 kişiye ulaşmıştır (TÜİK, 2023a) (Şekil 2). 2007-2022 yılları arasında nüfus artış hızında toplam nüfus %9,9, şehir nüfusu ise %47 artmasına rağmen kırsal nüfus %26 gerilemiştir. Bu durum 6 Aralık 2012 tarihinde yürürlüğe giren 6360 sayılı kanun ile köylerin mahalle statüsüne dönüşmesi de köyden kente bir iç göçün varlığını göstermektedir. Bayburt ilinin 2007-2022 yılları arasında şehir ve köy nüfus dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir (TÜİK, 2023a).

Ekonomi politikalarının etkisi her düzeyde dengeli ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında önem arz etmektedir. Ancak kalkınma ve gelişmişlik farklılıkları ülke bazında bölgesel olarak da değerlendirilmelidir. Bu anlamda kalkınmışlık farklılıklarını minimize edebilmek

için farklı çalışmalar ve politikalar yürütülmektedir (Günlü ve ark., 2006). Tablo 1'de Bayburt ili ve bazı çevre illerin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyleri verilmiştir (Dinçer ve ark., 2003). Gelişmişlik endeksine göre Bayburt ili 81 il arasında 65. sırada yer almaktadır. Bayburt ili Trabzon, Rize, Erzincan ve Artvin illeri dışında kalan Erzurum ve Gümüşhane ile benzer sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyine sahiptir.

Ülkemizde bölgeler arası kalkınmışlık düzeylerindeki farklılığın ortadan kaldırılması son yıllarda makroekonomik politikalar içerisinde yerini öne çıkarmaktadır (Atasever ve ark., 2013). Küresel anlamda da bu yönde yürütülen teori ve uygulamalar ilgi odağı olarak dikkat çekmektedir. Ancak ekonomik kalkınma ve gelişme altyapı, nüfus, iklim ve coğrafya gibi birtakım nedenlerden dolayı belli bölgelerde yoğunlaştığı için sermaye birikimi bu bölgelerde artış göstermektedir (Arslan, 2005). Gelişmişlik endeksine göre hem bölge (TRA1) hem de komşu iller arasında Bayburt ili en geride kalmıştır. Kentleşme politikası çeşitli nedenlerden arındırılarak zorunlu göç politikasından

Tablo 1. Bayburt ve bazı çevre illerin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyleri.

İller	Türkiye Geneli Gelişmişlik Sıralaması	Gelişmişlik Endeksine Göre Kademeli İl Grupları
Trabzon	26	3. Derece
Rize	36	3. Derece
Erzincan	47	4. Derece
Artvin	49	4. Derece
Erzurum	61	5. Derece
Gümüşhane	64	5. Derece
Bayburt	65	5. Derece

dengeli göç politikasına evrilmelidir. Sanayi, toplum yapısı, örgütlenme, iş bölümü ve uzmanlaşma gibi faktörler kentleşmenin yapısını oluşturmaktadır. Bölgeler arası sosyal, ekonomik koşullar ve yaşam kalitesi farklılıklarının en aza indirilmesi kalkınma politikalarının bu konudaki önceliği olmalıdır. Bölge itibarıyla kalkınmışlık seviyesinin altında kalan TRA1 bölgesindeki illerde tarım ve hayvancılık faaliyetleri halkın asıl geçim kaynağını oluşturduğu için tarımsal ve hayvansal üretim miktarı kırsal alanda yaşanan olumsuzluklardan ve bu yönde uygulanan ekonomi politikalarından doğrudan etkilenmektedir. Kırsal alanda yerleşen geçmiş alışkanlıklar, algılama farklılıkları, iletişim güçlüğü ve gelecek kaygısı gibi toplumsal (sosyolojik) endişelerin

ortadan kaldırılması ve tarım-hayvancılık alanında üretim, yönetim, pazarlama ve modern işletmecilik anlayışına geçişin sağlanması gereklidir. Yaşanan iç göç bir yandan kırsal alandaki istihdam açığının oluşmasına neden olurken diğer yandan şehirde açık ve gizli işsizliği tetiklemektedir. Bu nedenle bölgeye tarıma dayalı sanayi sektör yatırımları yapılarak bu kişileri sektöre entegre etmeye çalışılmalıdır (Uzundumlu, 2012; Doğan ve ark., 2015).

BİTKİSEL ÜRETİM VE ARAZİ YAPISI

İlin yüzölçümünün %35,3'i tarım arazisi, %57,87'si çayır mera, %3,91'i orman alanından, %2,92'si ise işlenmeyen alandan oluşmakta ve toplam 374.697 hektar

Tablo 2. Türkiye ve Bayburt ilinde arazi yapısının dağılımı (%).

Arazi Yapısı	Bayburt	Türkiye	Oran (%)
Tarım Arazisi	35,3	35,6	0,47
Çayır ve Mera Arazisi	57,87	18,79	1,48
Orman Alanı	3,91	30,17	0,06
İşlenmeyen Alan	2,92	15,44	0,09
Toplam	100	100	0,48

Tablo 3. Bayburt ilinde 2019-2022 yılları arasında bitkisel üretim miktarları.

Ürün Çeşidi	2019		2020		2021		2022	
	Ekili Alan (da)	Üretim (Ton)	Ekili Alan (da)	Üretim (Ton)	Ekili Alan (da)	Üretim (Ton)	Ekili Alan (da)	Üretim (Ton)
Buğday	166.359	45.220	165.774	46.499	186.293	21.616	184.789	64.349
Yonca	176.485	352.970	149.282	298.537	193.157	265.428	200.556	353.691
Yulaf	153.917	305.174	129.305	256.620	179.265	243.943	179.265	333.472
Korunga	92.818	148.509	80.293	128.469	100.051	122.546	99.347	164.437
Arpa	136.999	41.564	141.891	40.401	164.440	22.036	161.635	55.088
Çavdar	38.701	13.987	35.360	12.550	35.465	4.352	34.315	14.079
Fiğ (Adi)	37.666	70.176	31.128	57.057	34.963	43.843	33.213	71.531
Tritikale	15.613	5.994	18.693	7.189	19.992	2.609	20.186	7.760
Mısır (Silaj)	4.610	25.356	3.747	20.611	5.090	27.278	4.555	25.052
Şeker Pancarı	7.572	26.000	10.350	42.553	12.916	56.216	18.076	103.880
Patates	5.861	17.583	5.864	16.604	5.799	16.335	5.499	16.405
Fasulye, Kuru	2.468	280	2.516	302	2.873	345	2.473	296
Mercimek, Kuru (Yeşil)	4.156	439	4.155	374	4.046	154	3.765	387
Nohut, Kuru	3.995	302	2.385	181	2.330	57	2.130	188
Bezelye	3.590	8.285	2.263	4.526	3.201	4.481	1.980	5.940
Yulaf (Dane)	1.419	355	1.770	444	1.919	249	1.915	404
Fiğ (Adi) Tohumu	1.201	121	916	92	1.056	103	972	97.6
Fiğ (Macar)	280	572	147	308	230	288	230	506

araziye ulaşmaktadır. Tarım arazilerinin %91,32'ini tarım ürünleri (10.457 hektar), %8,29'unu nadas alanı (949 hektar), %0,39'unu ise meyve ve sebze ürünleri (45 hektar) oluşturmaktadır. 2022 yılı verilerine göre Aydıntepe ilçesi 90.190, Demirözü ilçesi 197.556 ve Merkez ilçesinde 851.146 dekar olmak üzere toplamda 1.138.892 dekar tarım alanı bulunmaktadır (TÜİK, 2023b). Bayburt ili tarım arazilerinin oranı Türkiye ortalamasıyla aynı olmasına rağmen çayır ve mera arazisi bakımından Türkiye ortalamasının üzerindedir. Türkiye ve Bayburt'ta arazi yapısının dağılımı Tablo 2'de gösterilmiştir (Anonim, 2023a).

Bayburt ili bitkisel üretim açısından zengin bir arazi yapısına sahiptir. Ancak bölge halkının en önemli geçim kaynağını hayvancılık faaliyetleri oluşturduğu için yem bitkilerinin ve bazı tahılların üretiminin daha yoğun yapıldığı görülmektedir (Tablo 3). Bayburt ilinin ülkemiz geneline kıyasla yağış miktarı ve ortalama sıcaklığın düşük oluşu, kar örtülü gün sayısının yüksek olması ve yağışın büyük bir bölümünün ilkbahar aylarında oluşu tarımsal üretimi sınırlandırdığı için bölgede kuru tarım yapılmaktadır. Tarımsal üretimde sırasıyla 353.69; 333.47 ve 164.43 ton ile yonca, yulaf ve korunga ilk üç sırayı almaktadır. Üretim miktarı bakımından ise iller düzeyi sıralamasına göre korunga üretiminde 3. sırada, yulaf üretiminde 4. sırada ve yonca üretiminde 17. sırada bulunmaktadır. İklim şartları ve sulu alanın kısıtlı olması nedeniyle sık kullanılan bir yem bitkisi olan silajlık mısır üretim miktarı diğer yem bitkilerine kıyasla geride kalmıştır. Son yıllarda yem bitkilerinin üretimini teşvik amacıyla verilen destekleme politikaları ilde yonca, yulaf, korunga ve tritikale gibi yem bitkilerinin üretim ve ekim alanlarında artışa neden olmuştur. Bayburt ilinde 2019-2022 yılları arasında tarımsal faaliyetlerin yapıldığı ekili alan (da) ve üretim miktarları (ton) Tablo 3'de sunulmuştur (TÜİK, 2023c).

Bayburt ilinde temel üretim sektörleri arasında yer alan sanayi ve hizmetler sektörünün yeterince gelişmemesi nedeniyle kırsal üretim ekonominin lokomotifidir. Kırsal alanda ise hayvansal üretim hem ekonomik hem de coğrafya ve üretim deseni olarak en ön sırada yer almaktadır. İldeki çayır ve mera alanlarının Türkiye ortalamasının üstünde olması ildeki kârlı ve verimli bir hayvansal üretim için var olan teknik ve ekonomik avantajı öne çıkarmaktadır. Ancak hayvansal üretimde bakım, besleme ve üretim deseniindeki geleneksel yapı sektörün rasyonel yapıya kavuşmasını

engellemektedir. Özellikle bakım, besleme alanındaki teknik bilgi eksikliği ve teknik iş birliğinin yetersizliği başa çıkılması gereken bir konu olarak varlığını korumaktadır. Bayburt'ta bitkisel üretim çeşitliliği ve miktarı olarak yonca, yulaf, korunga, buğday, arpa gibi yem bitkileri ve bazı tahıllar ön plana çıkmaktadır. Bayburt ilinde bitkisel üretime katkı sağlayan tarla ürünlerinin yıllara (2019-2022) göre ekim ve üretim miktarları Tablo 3'de gösterilmiştir. Tarımsal ürünlerin yetiştirilmesinde konvansiyonel metotlar yaygın şekilde uygulanmasına rağmen çoğunlukla mono kültür yetiştiricilik tercih edilmektedir. Buğday, yonca, yulaf, korunga, arpa, tritikale ve şeker pancarının ekim alanları düzenli bir şekilde artış göstermiştir. Fiğ ve çavdarda ise son beş yıllık dönem içerisinde bir miktar düşüş yaşanmıştır. Hayvan besleme açısından sığır yetiştiriciliğinde mısır silajı kullanımı sayesinde hem yem maliyetinin azaltılması hem de verim artışı sağlanmaktadır. Mısır tarımı dünyada buğdaydan sonra ikinci, ülkemizde ise buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer almaktadır (Dellal ve ark., 2001). Ancak yetiştirilme şartları açısından kuraklığa karşı dayanıksız, yağışlı ve bol sulamaya ihtiyacı vardır. Bayburt ilinde silajlık mısır ekim alanı ve üretim miktarlarının yetersiz olduğu görülmektedir. Kaliteli kaba yem açığının kapatılması için silajlık mısır üretim alanlarının artırılması ve gerekli ıslah çalışmaları yapılarak bölge halkının sulanabilir tarım yapabilmesi sağlanmalıdır. Aynı zamanda sulanabilir alanlarda şeker pancarı yerine silajlık mısır, yonca ve hayvan pancarı gibi yem bitkilerinin dâhil edilmesi kaliteli kaba yem miktarını artıracaktır. Tarım alanında yapılacak olan yatırım ve destekleme politikalarının ülke ekonomisine katkı sağlamasının yanı sıra çayır ve mera alanlarındaki yükü de azaltacağı unutulmamalıdır.

EKONOMİK GELİŞME SÜRECİNE TARIMSAL VE HAYVANSAL FAALİYETLERİN ETKİLERİ

Kırsal alanda yapılan tarımsal ve hayvansal üretim birçok alana hammadde ve istihdam sağlamasının yanı sıra temel besin ihtiyaçlarının karşılanması açısından önemli bir sektördür. Ancak tarım sektörünün GSYİH'deki payı son yıllarda diğer sektörlerle göre gerileme kaydetmektedir.

Tablo 4'te Tarım, ormancılık ve balıkçılık sektöründe Türkiye ve Bayburt'un gayrisafi yurtiçi hasılaya katkısı, Tablo 5'te ise Türkiye'de 2016-2022 yılları arasında tarım ve ormancılık sektörünün

ithalat ve ihracat verileri sunulmuştur. İlgili tablolar incelendiğinde Türkiye ve Bayburt'un 2021 yılı GSYİH yaklaşık sırasıyla 7.2 trilyon TL ve 3.8 milyar TL olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023d). Tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörlerinin GSYİH içindeki oranı Türkiye ve Bayburt için sırasıyla %5,5 ve %25,3 olarak belirlenmiştir. Bu veri il ekonomisinde kırsal üretimin önemini ortaya koymaktadır. Türkiye'de tarım sektörünün GSYİH'deki payı 2014-2021 yılları arasında oransal olarak %7,42'den %6,43'e gerilemiştir. Aynı dönemde Bayburt ilinin payı ise daha düşük bir azalma (%0,01) gerçekleşmiştir. Bu olgu il ekonomisi için sektörün önem ve önceliğini ortaya koyması açısından önemlidir (Tablo 4). 2014 yılında Türkiye'de yürütülen tarımsal alandaki faaliyetler 6 milyar dolar ihracat ve 8.5 milyar dolar ise ithalat gerçekleştirerek dış ticarete %3,54 ithalat ve %3,82 ihracat payına ulaşmıştır (Tablo 5). İncelenen dönemde toplam dış ticarete ithalat %141, ihracat ise %149 oranında artış kaydetmiştir. Ancak 2022 yılında tarımsal alanda ithalat %168 artarak sektör ortalamasının üstünde, ihracat rakamları ise %117'lik artış ile sektör ortalamasının gerisinde kalmıştır (TÜİK, 2023e).

Türkiye'de tarım ve hayvancılık sektörünün yıldan yıla büyüme oranı artmasına rağmen ülke ekonomisine yaptığı katkının ise azaldığı görülmektedir (Tablo 4). Ekonomik büyüme sayesinde üretim miktarının artması sağlanarak tüketimde artışa ve buna bağlı olarak

toplumun refah seviyesinin ilerlemesi sağlanabilmektedir (Eğilmez, 2016). Tarımda 2014-2021 yılları arasında ülke çapında yapılan destekleme ve yatırım politikaları esasında düzenli bir büyümeyi tetiklemiş olmasına rağmen GSYİH'ye olan payının paralel olarak artmadığı gözlenmektedir. Genel olarak ekonomik kalkınma ve gelişme ile birlikte Tarımın GSYİH içerisindeki payı oransal olarak azalmaktadır. Bayburt'ta ise son 8 yıllık dönem içerisinde genel anlamda büyüme rakamlarında düşüş olmasına rağmen özellikle 2018 yılından sonra düzenli bir düşüş yaşandığı fark edilmektedir. Türkiye'de 2016-2022 yılları arasında tarımsal alanda işlenmiş ve endüstriyel tarım ürünlerinin ihracat miktarı %0,76 oranında gerilerken ithalat rakamlarında %0,68 oranında artış gözlenmiştir. Bu rakamlar diğer sektörlerle karşılaştırıldığında sektör ortalamasının altında büyümenin olduğunu işaret etmektedir. Küresel ısınmanın olumsuz yansımaları, üretimin iç pazarı karşılayamaması ve yürütülen tarım politikaları tarımsal ürün ithalatının artmasına neden olmuştur. Bu anlamda tarımsal faaliyetlerin bir bütün olarak düşünülüp coğrafi ve iklim şartları değerlendirilerek farklı bölgelerdeki ihtiyaçların karşılanmasına yönelik stratejiler seçilerek bölgesel yatırım metotlarının uygulanmasının faydalı olabileceği düşünülmektedir.

HAYVANSAL ÜRETİMİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ VE İYİLEŞTİRİLME OLANAKLARI

Tablo 4. Tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörlerinde Türkiye ve Bayburt'un gayrisafi yurtiçi hasılaya katkısı.

Yıllar	Bayburt				Türkiye			Tarım Sektörünün GSYH Payı, (%)
	GSYH ¹ , (Bin TL)	Endeks ²	Büyüme, (%)	Oran, (%)	GSYH ¹ , (Bin TL)	Endeks ²	Büyüme, (%)	
2014	346.473	148.9	-11,0	0,25	134.744.489	117.2	0,5	7,42
2015	466.932	182.9	22,9	0,28	161.471.476	128.0	9,3	7,67
2016	456.811	174.2	-4,8	0,28	161.330.969	124.7	-2,6	7,24
2017	460.947	157.5	-9,6	0,24	189.232.800	130.8	4,9	7,03
2018	692.518	211.3	34,2	0,31	217.107.229	133.6	2,1	6,95
2019	866.067	208.8	-1,2	0,31	276.325.464	138	3,3	7,12
2020	908.229	189.6	-9,2	0,26	336.623.140	145.9	5,7	7,46
2021	978.782	169.0	-10,9	0,24	401.805.954	141.6	-2,9	6,43

¹Tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörünün GSYH miktarı

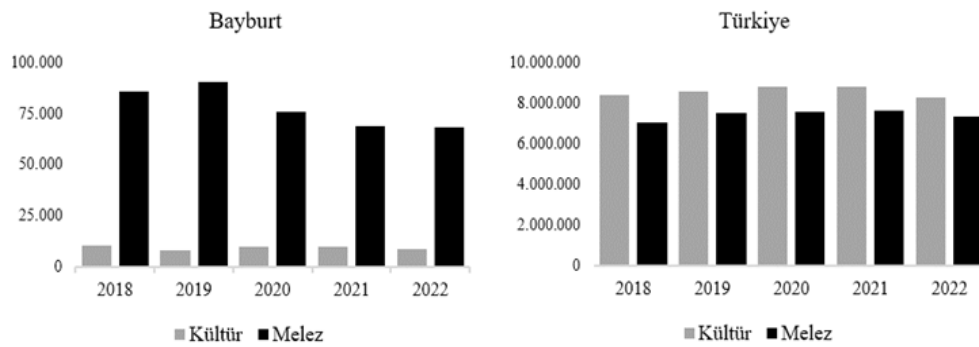
²Endeks (2013 = 100)

Tablo 5. Türkiye’de 2016-2022 yılları arasında tarım ve ormancılık sektörünün ithalat ve ihracat rakamları

Yıllar	Tarım ve Ormancılık Sektörü		Sektörler Toplamı		İthalat Pay, %	İhracat Pay, %
	İthalat (\$)	İhracat (\$)	İthalat (\$)	İhracat (\$)		
2014	8.588.522.684	6.029.749.423	242.177.117.073	157.610.157.690	3,54	3,82
2015	7.176.330.107	5.756.596.081	207.234.358.616	143.838.871.428	3,46	4,00
2016	7.041.367.700	5.397.249.276	198.618.235.047	142.529.583.808	3,54	3,78
2017	8.986.754.920	5.287.136.952	233.799.651.234	156.992.940.414	3,84	3,36
2018	9.284.090.887	5.556.333.051	223.047.094.482	167.920.613.455	4,16	3,30
2019	9.466.458.333	5.515.506.987	202.704.319.533	171.464.944.593	4,67	3,21
2020	9.626.404.820	5.878.285.528	209.534.324.904	160.656.652.087	4,59	3,65
2021	11.692.879.431	7.190.516.647	260.682.217.185	213.598.368.958	4,48	3,36
2022	14.463.698.564	7.112.547.171	342.209.949.571	235.247.081.459	4,22	3,02

Tablo 6. Türkiye ve Bayburt’ta yıllar itibariyle büyükbaş hayvan varlığı ve Türkiye içindeki payı.

Yıllar	Bayburt					Türkiye					Oran, %
	Kültür	Melez	Yerli	Manda	B. Baş Toplamı	Kültür	Melez	Yerli	Manda	B. Baş Toplamı	
2018	10.619	85.892	579	795	97.975	8.419.204	7.030.297	1.593.005	178.397	17.220.903	0,568
2019	8.132	90.652	426	816	100.026	8.559.855	7.554.625	1.573.659	184.192	17.872.331	0,559
2020	9.900	76.244	242	796	87.182	8.838.498	7.594.127	1.532.857	192.489	18.157.971	0,480
2021	9.677	69.014	192	854	79.647	8.824.784	7.641.100	1.384.659	185.574	18.036.117	0,441
2022	8.618	68.251	883	816	78.568	8.295.825	7.324.866	1.231.265	171.835	17.023.791	0,461

**Şekil 3.** Türkiye ve Bayburt İli’nde kültür ve melez ırkı büyükbaş hayvan dağılımı.

Hayvan varlığı, bunların ırk ve türlere göre dağılımı işletmelerin genel karakteristikleri ve üretim yapısını ortaya koymak için önemli göstergelerden biridir. Türkiye’de 2022 yılı itibariyle 17 milyon büyükbaş ve 56.2 milyon küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Bu değerler Bayburt ilinde 78.568 büyükbaş ve 80.154 küçükbaş dolaylarındadır. Bayburt ili Türkiye geneli toplam sığır varlığının yaklaşık %0,46’sına, küçükbaş hayvan varlığının ise %0,14’üne sahiptir. Ülkemizde

son beş yıl içerisinde büyükbaş hayvan sayısında %1’in altında azalma olmasına rağmen Bayburt ilinde yaklaşık %20 oranında bir azalma gerçekleşmiştir. Bu dönemde küçükbaş hayvan sayısında Türkiye’de %22, Bayburt ilinde ise %65’e yakın artış gerçekleşmiştir. Türkiye’de 2022 yılı verileri incelendiğinde 8.29 milyon kültür ırkı (%48,73), 7.32 milyon melez (%43,03), 1.23 milyon yerli (%7,23) ve 171 bin manda (%1,01) bulunmaktadır. Bayburt ilinde ise 8.618 baş kültür ırkı (%10,97), 68.251

baş melez (%86,87), 883 baş yerli (%1,12) ve 816 baş manda (%1,04) bulunmaktadır. Bayburt iller düzeyindeki sıralamada büyükbaş hayvan sayısı olarak 66. sırada, küçükbaş hayvan sayısı olarak 74. sırada yer almaktadır. Bayburt ili ve Türkiye geneli büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığına ait veriler Tablo 6 ve 7'de sunulmuştur (TÜİK, 2023f).

Türkiye’de son 5 yıl içerisinde büyükbaş hayvan sayısında önemli bir sayısal değişim gerçekleşmemiş olmasına karşın Bayburt’ta bu sayıda %20 oranında azalma gerçekleşmiştir.

Bayburt ilinde hayvan varlığının yanı sıra sürü kompozisyonu ve genetik yapıları da önemlidir. Bu açıdan bakıldığında ildeki hayvan varlığının önemli oranda melez ve yerli ırklardan oluştuğu anlaşılmaktadır. Kültür ırklarının et tutma kabiliyetinin ve doğum ağırlıklarının yüksek olması, daha erken yaşta besiyeye alınabilmeleri ve kondisyon farkları gibi birçok avantajı yüksek et ve süt verimi olarak yansımaktadır. Ancak bu ırkların yetiştirilmesinde yem bitkisi üretiminin yeterli, çayır-mera alanlarının verimli ve elde edilen ürünlerin pazarlama alanlarına yakınlığı önemlidir. Türkiye’deki kültür ırkı sayısı mevcut hayvan sayısının yaklaşık yarısını oluşturmasına rağmen Bayburt ilinde bu oran çok geride kalmaktadır (Şekil 3). Bakım koşulları yeterli seviyede olmasına rağmen genetiği iyileştirilmemiş ırk tercihiyle istenilen verime ulaşamamaktadır. Yetiştiricilerin yarı-entansif şartlara daha uygun ve çayır-mera alanlarından faydalanma oranı yüksek olan kültür melezi ırkları tercih ettiği anlaşılmaktadır. Bölgedeki tarımsal faaliyetler ve çayır-mera alanları göz önüne alındığında esasında kültür ırkı sığırların beslenmesine uygun şartlar bulunmasına rağmen bakım, besleme ve barınak gibi alt yapı şartlarının yeterli olmaması da melez ırkların tercih edilmesine sebep olmaktadır. İl bazında hayvancılık genel olarak çayır-mera alanlarında beslemeye dayalı olduğu için yem masrafı

düşük ve bir inekten yılda bir buzağı alınabilmesine odaklı bir model yürütülmektedir. Özellikle bölgede ihtiyaç duyulan pazarlama alanlarına coğrafi ve iklim koşulları nedeniyle ulaşımın zor olması, modernize edilmiş işletmelerin kısıtlılığı, ırk tercihi ve kaba yem ağırlıklı besleme gibi sorunlar üzerinde durularak bölgedeki hayvancılığın ekonomiye daha fazla katkı sağlamasına yönelik yatırım, teşvik ve bilinçlendirme politikaları izlenmelidir.

Ülkemizde koyun yetiştiriciliği farklı bir yere sahiptir. Küçükbaş hayvancılık coğrafyamızın tüm bölgelerinde sürdürülen önemli bir faaliyet olup genellikle düşük verimli yerli ırklardan oluşan ve ağırlıklı olarak meraya dayalı besleme koşulları ve sınırlı girdi ile üretimin hedeflendiği ekstansif bir yapıya sahiptir (Semerci ve Çelik, 2006). Ülkemizdeki küçükbaş hayvan varlığı son 5 yılda yaklaşık %22 oranında artarak 56 milyon seviyesine ulaşmıştır. İlk bakışta olumlu gibi görülen bu sayısal artış dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli ve sürdürülebilirlik ve artışın kaynağı ve ithalatın bundaki payı ayrıca değerlendirilmelidir. Bayburt’ta ise küçükbaş hayvan varlığı 2004 yılında 84.855 iken 2010 yılında 25.359’a gerilemiştir. Küçükbaş hayvan sayısının artırılmasına yönelik yapılan koyunculuk projesi sayesinde geçmiş 5 yıllık dönem içerisinde yaklaşık %65 oranında artış gerçekleşmiştir. Küçükbaş hayvanlar büyükbaş hayvanlara nazaran karakteristik özellikleri nedeniyle bitkisel üretimde faydalanılmayan bölgeler, anız araziler, kısa boylu bitkiler, çayır-mera ve yaylalardan daha fazla yararlanmaktadır. Bu amaçla çayır ve mera alanı bakımından yeterli potansiyele sahip olan koyuncululuğu desteklemek için yapılan yatırımlardan olumlu sonuçlar alınmaktadır. Ancak gerekli mera ıslahının yapılamaması, erken ve aşırı otlatma, köyden kente göç, çoban sıkıntısı, meraların ortak kullanımından dolayı salgın hastalıkların kontrol edilememesi, yetiştiricilerin bakım

Tablo 7. Türkiye ve Bayburt’ta yıllar itibarıyla küçükbaş hayvan varlığı ve Türkiye içindeki payı.

Yıllar	Bayburt					Türkiye					Oran, %
	Koyun	%	Keçi	%	K. Baş Toplamı	Koyun	%	Keçi	%	K. Baş Toplamı	
2018	41.388	84,75	7.449	15,25	48.797	35.194.972	76,32	10.922.427	23,68	46.117.399	0,105
2019	35.194	88,09	4.757	11,91	39.951	37.276.050	76,89	11.205.429	23,11	48.481.479	0,082
2020	44.786	88,35	5.902	11,65	50.688	42.126.781	77,85	11.985.845	22,15	54.112.626	0,093
2021	63.878	90,65	6.586	9,35	70.464	45.177.690	78,54	12.341.514	21,46	57.519.204	0,122
2022	73.600	91,82	6.554	8,18	80.154	44.687.888	79,42	11.577.862	20,58	56.265.750	0,143

ve besleme konusundaki bilgi eksiklikleri, düşük verimli ırkların tercihi ve en önemlisi pazarlama olanaklarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Koyun yetiştiriciliği ile uğraşan kesimin temel sorunlarının çözülerek mevcut hayvan varlığının korunması hedeflenmelidir. Bölgedeki hayvancılık sektöründe karşılaşılan sorunların Türkiye'deki hayvancılığın sorunlarından ayırmak mümkün olmayacağı için sorunların çözüme kavuşturulmasında stratejik adımların bir örnek teşkil edeceği unutulmamalıdır.

2022 yılına ait TÜİK verileri referans alınarak Bayburt'taki büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısı BHBB (Büyükbaş hayvan birimi) cinsinden hesaplanmıştır (Tablo 8). Buna göre BHBB cinsinden 8.618 kültür, 51.188 melez, 441 yerli, 734 manda, 7.360 koyun ve 5.243 keçi olmak üzere toplamda 73.584 hayvan bulunmaktadır. Hayvan sayısının artışına paralel olarak kaba yem ihtiyacı doğmaktadır. Bayburt'ta yetiştirilen yem bitkileri

ve silajdan 355.198 ton, çayır-mera alanlarından ise 209.814 ton olmak üzere toplamda 565.012 ton kuru ot elde edilebilmektedir. Hayvanın günlük kuru ot ihtiyacı canlı ağırlığının %2,5'üne eşittir. Bu bağlamda 1 BBHB, 500 kg canlı ağırlığı karşıladığı için günlük 12.5 kg kuru ota ihtiyaç duyulmaktadır. Yıl boyunca ihtiyaç duyulan kuru ot miktarını hesaplamak için "BBHB x 12.5 kg/gün kuru ot x 365 gün" formülü uygulanarak hesaplama yapılmaktadır (Acar ve ark., 2009). Bu hesaba göre mevcut büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığının 335.731 ton kuru ota gereksinim duyulmaktadır (Tablo 9). Elde edilen verilerden hareketle kuru ot miktarının mevcut hayvan sayısının ihtiyacını karşıladığı görülmektedir. Aynı zamanda elde edilen kuru ot miktarının fazlası yaklaşık 50.000 BBHB hayvanın da ihtiyacını karşılayabilecek potansiyele sahiptir.

HAYVANCILIK İŞLETMELERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Tablo 8. Bayburt'ta 2022 yılı büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığının "Büyükbaş Hayvan Birimi (BBHB)" cinsinden hesaplanması.

Hayvan türü	Hayvan Sayısı	Hayvan birimi	Büyükbaş Hayvan Birimi (BBHB)
Kültür Sığır	8.618	1	8.618
Melez Sığır	68.251	0.75	51.188
Yerli Sığır	883	0.5	441
Manda	816	0.9	734
Koyun	73.600	0.10	7.360
Keçi	6.554	0.8	5.243
Toplam	158.722	-	73.584

Tablo 9. Bayburt ilinde 2022 yılında üretilen toplam kaba yemin mevcut hayvan varlığının ihtiyacını karşılama oranı.

Çayır ve meralardan elde edilen kuru ot*	209.814
Yem bitkisi ekilişinden elde edilen kuru ot*	346.931
Üretilen silajların kuru ot değeri*	8.267
Toplam	565.012
Toplam hayvan varlığı	73.585
Gerekli kaba yem ihtiyacı	335.731
Kaba yem fazlalığı	229.281
Üretilen kaba yemin ihtiyacı karşılama oranı	%168

*Kuru otun hesaplanmasında 0,30, silaj verimi hesaplanmasında ise 0,33 katsayısı kullanılmıştır (Acar ve ark., 2009).

Türkiye genelinde olduğu gibi Bayburt ilinde de kırsal alandaki işletmelerde arazi varlığı ve hayvan sayısı genel olarak küçük ölçekli yapıdadır. İşletmelerde geleneksel üretim ve yöntemi yaygındır. Genel olarak verimlilik düzeyi düşüktür. Modern üretim biçimi yaygınlaşmamıştır. Bitkisel ve hayvansal üretim bir arada (polikültür) yürütülmektedir. Türkiye ve Bayburt'ta büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık işletmelerinin büyüklüğü ve bunların oransal dağılımları Tablo 10 ve 11'de gösterilmiştir (Anonim, 2023b).

Türkiye'deki hayvancılık işletmeleri içerisinde 1-5 arası büyükbaş hayvan sayısına sahip olan işletmeler toplam işletmeler içerisinde %43,25'lik paya sahiptir. İşletmelerde 1-20 arasında hayvan sayısına sahip olan işletmeler ise %80,44'ünü oluşturmaktadır. Ülkemizde 1-20 arası büyükbaş hayvanı bulunan aile işletmeleri

büyük bir paya sahip olmasına rağmen mevcut büyükbaş hayvan varlığının sadece %34,6'sına sahiptir. Bayburt'ta ise 1-5 arasında büyükbaş hayvan sayısına sahip işletmelerin oranı %26,08 iken bu rakam 1-20 baş hayvanı bulunan işletmeler için %73,4'dür. 1-20 baş hayvan sayısına sahip işletmelerin hayvan sayısı oranı %33,95 ile ülke genelindeki verilerle benzerlik göstermektedir.

Ülkemizde büyükbaş hayvancılık işletmelerinin yarısından fazlasını küçük ölçekli işletmeler oluşturmaktadır. Bu durum Bayburt için de farklı değildir. 1-5 ve 6-10 baş hayvan varlığına sahip yetiştiricilerin oranı toplam işletmelerin %47,55'ini kapsamaktadır. Ancak bu tarz işletmeler toplam hayvan varlığının Türkiye'de %17,8'ini, Bayburt'ta ise %13,48'ini içermektedir. Taşra illerinde yaşanan sorunların genele de yansıdığı fark edilmektedir. Hayvancılığın geliştirilmesi adına uygulanan

Tablo 10. Türkiye ve Bayburt ilinde büyükbaş hayvancılık işletmelerinin büyüklüğü ve oranları (%).

İşletme büyüklüğü (baş)	Bayburt		Türkiye	
	Mevcut işletme sayısına oranı (%)	İçerdiği hayvan varlığı (%)	Mevcut işletme sayısına oranı (%)	İçerdiği hayvan varlığı (%)
1-5	26,08	4,30	43,25	7,93
6-10	21,47	9,18	19,67	9,87
11-20	25,85	20,47	17,52	16,80
21-30	11,32	19,54	7,82	12,67
31-40	6,40	12,10	4,09	9,32
41-50	3,51	9,37	2,37	6,95
51-100	4,51	17,34	3,88	17,12
101-200	0,81	5,46	1,04	9,03
200+	0,05	2,24	0,36	10,31

Tablo 11. Türkiye ve Bayburt ilinde küçükbaş hayvancılık işletmelerinin büyüklüğü ve oranları (%).

İşletme büyüklüğü (baş)	Bayburt		Türkiye	
	Mevcut işletme sayısına oranı (%)	İçerdiği hayvan varlığı (%)	Mevcut işletme sayısına oranı (%)	İçerdiği hayvan varlığı (%)
1-25	22,42	1,80	21,47	1,85
26-50	13,80	3,87	16,81	4,41
51-100	20,25	12,25	20,80	10,78
101-200	28,16	30,76	20,45	20,57
201-500	11,20	26,28	15,85	33,88
500+	4,17	25,04	4,62	28,51

ucuz kredi teşvikleri kısa vadede olumlu dönüşler sağlasa da uzun vadede beklenen etkiyi sağlayamadığı işletme ölçeklerinin oransal dağılımından anlaşılmaktadır.

Türkiye’de koyun ve keçi işletmelerinde işletme ölçeğinde 100 baş ve altında hayvana sahip olan işletmelerin oranı %59,08 olup bu işletmeler mevcut hayvan varlığının %17,04’üne sahiptir. Mevcut hayvan varlığının %62’sini 200 baş ve üzeri işletmeler oluşturmaktadır. Bayburt’ta ise 1-25 baş küçükbaş mevcudu bulunan işletmelerin oranı (%22,42) en yüksek olmasına hayvan varlığının %82,08’i 100 baş ve üzeri işletmelerde bulunmaktadır.

Küçükbaş hayvan işletmelerinin dağılımı incelendiğinde 100 baş üzerindeki hayvan varlığına sahip işletmelerin Türkiye ve Bayburt genelinde toplam işletmelere oranı sırasıyla %40,92 ve %43,53’dir. Bu işletmeler toplam küçükbaş hayvan varlığının ortalama %82’sini kapsamaktadır. Küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde de küçük ölçekli aile işletmelerinin varlığının fazla olmasına rağmen büyükbaş yetiştiriciliği yapan işletmelerle benzer olarak toplam hayvan varlığının ortalama %15’ini kapsamaktadır. Bu tip işletmeler verimli ve kârlı işletme yapısından uzak irrasyonel bir yapı sergilemektedir. Küçük çaplı işletmelerin en önemli sorunları barınaklarının elverişsiz, bulunduğu bölgedeki mera kalitesinin yetersiz, bakıcı ve çoban ihtiyacının karşılanamaması, sosyal statüde yaşanan olumsuzluklardan dolayı genç nüfusun göç etmesi veya hayvancılığa ilgi duymaması, yem maliyetleri, salgın hastalıkların çok hızlı yayılması, hibe ve desteklerin ise yetiştirici tarafından hayvancılık dışında kullanılmasıdır. Bu sorunlar hakkında uzun vadeli çözümlerin bulunması bölgenin bitkisel üretim ve çayır-mera alanlarının yeterli olmasından kaynaklı mevcut hayvan varlığının

korunmasını ve koyunculüğün cazip hale gelmesini sağlayacaktır.

İşletme ölçeklerinin büyümesi, karlılık ve verimliliğin artırılmasında önemli olan noktalardan biri de elde edilen ürünlerin pazarlanmasında sağlanacak ilerleme ve bu yönde yapılacak yatırımlardır. Bu anlamda üretim kesiminin sanayi ile entegre edilmesi ve ilde iyi işleyen etkili bir hayvancılığa dayalı sanayinin varlığı önemlidir. Bayburt il merkezinde yaklaşık 1000 ton/yıl; Aydıntepe ilçesinde 274 ton/yıl ve Demirözü ilçesinde 480 ton/yıl kapasiteli süt ve süt ürünleri üretim tesisi bulunmaktadır. Diğer yandan Bayburt belediyesine bağlı olarak faaliyet yürüten 75 küçükbaş/gün, 150 büyükbaş/gün, 7634 ton/yıl üretim kapasitesine sahip et sanayi işletmesi ile özel sektöre ait bir adet kavurma üretim tesisi bulunduğu anlaşılmaktadır (Anonim, 2023c). Hayvancılığa dayalı sanayi işletmeleri, üretim sürdürülebilirliği, elde edilen ürünlerin değerinde pazarlanabilmesi ve oluşan katma değerlerin il içerisinde kalarak istihdama ve hasıla artışına katkı sağlayacağı açıktır. İlde 2019 yılı itibarıyla üretilen süt miktarı, 115.778 ton/yıl dikkate alındığında mevcut süt sanayinin bu üretimi değerlendirme noktasından da oldukça uzak olduğu anlaşılmaktadır (TÜİK, 2023f). İlde etkili olarak işleyen bir sanayi oluşturmadan hayvansal üretimde üretilen ürünlerin standardizasyonu, fiyatlanması, dağıtımı ve pazarlanması mümkün gözükmemektedir. Bu yapı üretimde gelenekselliği ve verimsiz işleyişi sürdürerek sektörün gelişme eğilim ve hızını düşüren önemli bir sorun olarak varlığını korumaktadır. İlde hayvancılığa dayalı sanayinin geliştirilmesi öncelikler arasına mutlaka alınmalıdır.

Tablo 12. Türkiye ve Bayburt ilinde yıllara göre Bitkisel Üretim ve Canlı Hayvan değeri.

Yıllar	Bayburt		Türkiye		Türkiye/Bayburt	
	Bitkisel Üretim Değeri (Bin TL)	Canlı Hayvan Değeri (Bin TL)	Bitkisel Üretim Değeri (Bin TL)	Canlı Hayvan Değeri (Bin TL)	Bitkisel Üretim Değeri, Oran %	Canlı Hayvan Değeri, Oran %
2017	65.572	284.710	135.885.136	117.796.767	0,04	0,24
2018	138.679	510.950	159.142.178	146.184.051	0,08	0,34
2019	200.136	759.336	197.455.884	165.318.007	0,10	0,45
2020	170.038	567.457	246.016.799	195.238.955	0,07	0,29
2021	133.909	725.101	306.373.402	238.675.430	0,04	0,30

Tablo 13. 2018-2022 yılları arasında Tarım ve Orman Bakanlığı Bayburt İl Müdürlüğü tarafından yapılan bazı desteklemeler.

Proje Adı	Destekleme Miktarı (TL)				
	2018	2019	2020	2021	2022
Buzağı Desteklemesi	13.497.000	8.953.051	11.930.225	12.650.350	10.249.118
Süt Desteklemesi	77.606	103.540	109.965	107.647	195.365
Anaç Koyun-Keçi Desteklemesi	493.075	459.650	459.650	1.233.085	1.743.150
Organik Hayvancılık Desteklemesi	23.270	12.630	12.630	112.080	42.420
Arılı Kovan Desteklemesi	447.690	615.420	615.420	873.760	1.162.990
Tazminatlı Hayvan Hastalıkları Desteği	1.346.576	1.613.610	653.926	391.758	790.998
Yem Bitkileri Desteklemesi	8.853.887	6.694.867	7.011.158	9.060.833	8.814.242
Mazot-Kimyevi Gübre ve Toprak Analizi Desteklemesi	5.053.817	6.556.176	8.478.259	9.888.400	34.728.306
Organik Tarım Desteklemeleri	42.124	23.528	31.241	18.631	9.367
Sertifikalı Tohum Kullanım Desteklemeleri	98.681	130.836	227.670	322.954	349.547
Hububat ve Baklagiller Fark Ödemesi Desteklemeler	205.203	262.196	689.886	353.381	525.202

EKONOMİK FAALİYETLER VE DESTEKLEMELER

Türkiye’de 2017-2021 yılları arasında bitkisel üretim ve canlı hayvan değeri sırasıyla %225 ve %202 oranda değer kazanmıştır. Bayburt’ta ise bitkisel üretim değeri beş yıl içerisinde %204 değer kazanmasına rağmen Türkiye ortalamasının altında kalmıştır. Canlı hayvan değerine ise bu dönemde %254 artış göstererek Türkiye ortalamasının üstüne çıkmıştır. Türkiye ve Bayburt’un bitkisel ve hayvansal üretim değerleri Tablo 12’de gösterilmiştir (TÜİK, 2023g).

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarım sektörünün desteklenmesine yönelik politikalar sürdürülmektedir. Bitkisel üretim ve hayvancılık özellikle gelişmiş ülkeler seviyesinde üretimi destekleyici politikalarla korunan sektörlerin başında gelmektedir. Özellikle son yıllarda değişerek gelişen dünya ekonomisi içerisinde ülkemizin sağlam bir yer kazanması ancak tarımsal üretimde uzun vadeli, kalıcı ve düşük maliyetli politikalar uygulamasıyla gerçekleşebilir. Bu sayede verim ve maliyet açısından diğer ülkelerle rekabet edilebilir bir konum kazanılmış olacaktır.

Bayburt ilinde Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından bitkisel üretime destekleme ve hayvancılığı geliştirme çalışmaları ödemeleri kapsamında yem bitkileri desteklemesi, mazot-gübre desteklemesi, buzağı desteği,

süt desteklemesi ve anaç koyun-keçi desteklemesi gibi birçok başlık altında toplanmaktadır. 2018-2022 yılları arasında Bayburt’ta verilen destekleme ödemelerinin bir kısmı Tablo 13’de verilmiştir (Anonim, 2023d).

Tablo verileri incelendiğinde desteklemeler yıllar içerisinde genel olarak mutlak değer olarak artış sağlamış olmakla birlikte yaşanan enflasyon ve sektörün alt yapı olanakları ve işletme sermaye ihtiyacı, yatırım maliyetleri, birim maliyetler bir bütün olarak değerlendirildiğinde desteklemelerin genel hedefleri sağlayacak miktarda olmadığı anlaşılmaktadır. Özellikle yem bitkileri üretimi ve işletme ölçeklerinin büyümesinde oldukça önemli olan buzağı desteklemeleri özellikle artırılmalıdır.

HAYVAN HASTALIKLARI İLE MÜCADELE

Türkiye’nin Avrupa Birliğine (AB) katılım politikaları kapsamında hayvan sağlığı alanındaki hayvan hareketleri, hastalıkların kontrolü ve eradikasyonu öne çıkmaktadır. Hedeflenen politikaların gerçekleştirilebilmesi için hayvan sağlığı alanında rasyonel stratejilere yer verilmesi oldukça önemlidir. Buradan hareketle Türkiye’nin özellikle Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde sınır komşuları ile hayvan hareketlerinin kontrol altına alınarak kaçak hayvan giriş-çıkışlarının önlenmesi AB için önem arz etmektedir.

Bayburt ilinde 2016-2022 yılları arasında il

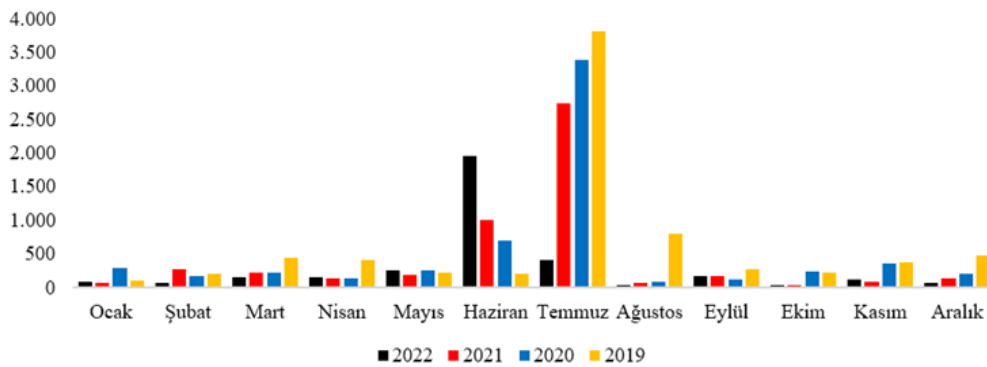
Tablo 14. Bayburt ilinden 2016-2022 yılları arasında il dışına sevk edilen hayvan sayıları.

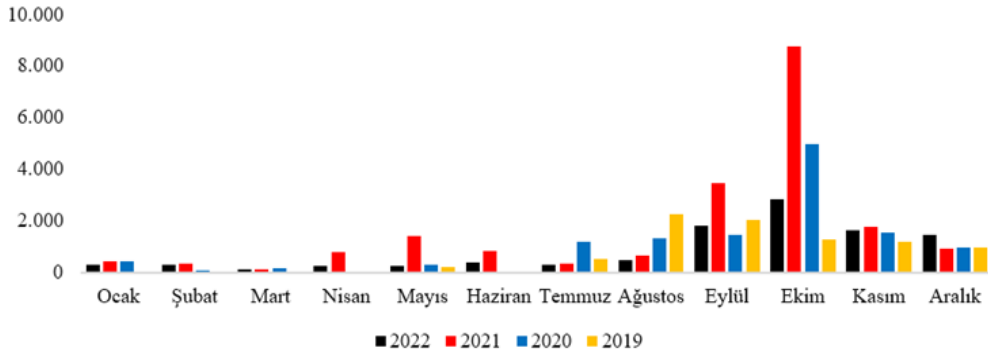
Yıllar	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Sevk Edilen Büyükbaş Hayvan Sayısı	Oran, %	Küçükbaş Hayvan Sayısı	Sevk Edilen Küçükbaş Hayvan Sayısı	Oran, %
2016	87.032	9.948	11,43	48.200	6.109	12,67
2017	78.931	4.750	6,01	45.317	9.661	21,31
2018	98.060	5.515	5,62	48.787	9.179	18,81
2019	100.026	7.540	7,53	39.951	8.506	21,29
2020	87.182	6.142	7,04	50.688	12.499	24,65
2021	79.737	5.131	6,43	70.464	19.813	28,11
2022	78.568	3.511	4,46	80.514	10.062	12,49

dışına sevk edilen büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları ve mevcut hayvan sayısına oranları karşılaştırmalı olarak Tablo 14’de gösterilmiştir. 2016 yılında 9.948 büyükbaş, 6.109 küçükbaş hayvan il dışına sevk edilmiştir. 2022 yılında ise il dışına sevk edilen küçükbaş hayvan sayısı 10.062’ye yükselirken büyükbaş hayvan sayısı ise 3.511’e gerilemiştir.

Gelişmekte olan ülkelerde yaşanan hayvan hastalıkları nedeniyle hayvansal ürün miktarında yaklaşık %30’luk bir kayıp yaşanmaktadır (Upton, 2004; Şentürk, 2015). Hayvancılık sektöründe yaşanan yüksek girdi maliyetleriyle beraber hayvan hastalıkları verim kaybı, ürün dengesizliği ve fiyat istikrarsızlığına yol açmaktadır. Hayvanların yüksek verimli ırk özelliklerine sahip olması ve genel durumlarının sağlıklı olması hayvansal üretim sektöründe başarının sağlanması açısından en önemli basamaktır (Günlü ve ark., 2006). Bu sayede işletme kârlılığının artması ülke ekonomisine de katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda hayvan hastalıklarının

dış ticarete ithalat ve ihracat rakamlarına da olumsuz yansımaları bulunmaktadır. Bayburt’un mevcut hayvan varlığı çevre illere kıyasla düşük olmasına rağmen doğudan batıya ve güneyden kuzeye yapılan hayvan hareketlerinin geçiş güzergâhında yer alması ve çevre illere komşu olan mera alanları nedeniyle hayvan hastalıkları açısından riskli bölgede bulunmaktadır. İl düzeyinde meraya dayalı hayvancılık anlayışı sürdürüldüğü için özellikle Kurban Bayramı öncesinde daha sık olmak üzere dönemsel olarak hayvan hareketliliği gerçekleşmektedir (Şekil 4). Özellikle koyunculuk faaliyetlerinin yaklaşık %85-90’ı meraya dayalı olarak devam etmektedir. Küçükbaş hayvancılığın kârlı ve sürdürülebilir olması ancak mera alanlarından azami olarak faydalanılması ile mümkün olmaktadır. Ülke genelinde olduğu gibi Bayburt ilinde de kuzu doğumları yaz ve kış dönemine göre ilkbaharda yaşam gücünün daha iyi olması nedeniyle bu döneme karşılık gelecek şekilde işletmelerde koç katımı yapılmaktadır. Küçükbaş hayvancılıkta faaliyet gösteren yetiştiriciler genel olarak

**Şekil 4.** Bayburt ilinde 2019-2022 yılları arasında il dışına sevk edilen büyükbaş hayvanların aylara göre dağılımı.



Şekil 5. Bayburt ilinde 2019-2022 yılları arasında il dışına sevk edilen küçükbaş hayvanların aylara göre dağılımı.

kış öncesi doğan kuzuların il dışına pazarlamaktadır (Şekil 5). Tüketici sağlığını korumak, küresel rekabette yer alabilmek ve milli ekonomiye bölgesel olarak katkı sağlamak amacıyla hayvan hastalıklarının eradikasyonu veya insidansının düşürülmesine yönelik mücadele programları oluşturulması çok önemlidir. Bu kapsamda bölgede hayvan hastalıkları ile mücadele kapsamında öncelikle geçiş noktaları oluşturularak kaçak ve kontrolsüz hayvan geçişi engellenmelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Hayvansal üretim bir yandan giderek artan gıda güvenliği ve güvencesinin en temel kaynağı durumundadır. Bu yöndeki önem ve önceliği giderek artmaktadır. Diğer yandan küresel ısınma ve son yaşanan pandemi bu noktayı tüm dünyanın önceliği ve gıdada kendi kendine yeterli olma önceliğini düşündürmektedir. Genelde Türkiye özelinde ise Bayburt ili bu noktada, coğrafi konum ve yapısı, sahip olunan teknik ve bilimsel alt yapı, ülkenin ekonomik kaynakları ve gelişmişlik düzeyi hayvansal üretimin kendinden beklenen fizyolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonları yerine getirmede oldukça önemli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Ancak sektörde yaşanan problemler ve bu problemleri ortadan kaldıracak ekonomi politikalarının yetersizliği, üretim kesiminin örgütsüzlüğü ve diğer faktörler sektörün ülke ve bölge ekonomisine olan katkılarını yerine getirmede arzulanan noktanın hayli gerisine düşürmektedir.

Sonuç olarak; Bayburt ilinde tarım ve hayvancılık ile uğraşan kesimin geleneksel yöntemleri devam ettirdiği gözlemlenmektedir. Tarım sektörü ve bir kolu olan hayvancılıktaki sorunların tespiti ve çözümü için kırsal kalkınma modellerinin geliştirilmesi

ancak bunların bölgenin sosyal gerçekleri ve verimliliği üzerinde kurulması gerekmektedir. Bölgedeki asıl sorunun küçük çaplı aile işletmeleri ve hayvancılıktan elde edilen ürünlerin pazarlanmasında yaşanan sıkıntılar olduğu görülmektedir. Bu konuda il düzeyinde tarım ve hayvancılığın korunması ve geliştirilmesi için yapılacak çalışmalar şu şekilde sıralanabilir;

1. Hayvancılık işletmelerinde küçük ölçekli işletme yapısının orta ve büyük ölçekli hale getirilmesi yönünde çaba gösterilmelidir.
2. Kooperatif ve birlik faaliyetlerinin destekleyerek entegre üretim tesislerinin kurulması teşvik edilmelidir.
3. Destekleme politikalarının ihtiyaçları karşılayacak ve elde edilen üretim miktarını artıracak şekilde bölgesel düzeyde yürütülmesi gerekmektedir.
4. Proje, hibe ve destek ödemelerinde belirli bir işletme büyüklüğü aranmalıdır.
5. İşletmelerde düzenli bir şekilde kayıtların tutulması desteklenmeli ve bu konu devlet teşviki kapsamına alınmalıdır.
6. Modern et ve süt işleme tesislerinin kurulması devlet desteği altında teşvik edilmelidir.
7. İhtisas işletmesi olarak hayvancılık faaliyeti yürüten işletmelerde üretimi teşvik edici ve özendirici destekleme modelleri oluşturulmalıdır.
8. Mera amenajmanı ve ıslah çalışmaları yapılmalıdır.
9. Yem bitkilerinin üretimindeki desteklemelerin sürdürülmesi gerekmektedir.
10. Bölgede üreticilerin sosyo-ekonomik şartlar dikkate alınarak hayvansal üretim miktarının artırılması yönünde atılacak adımlarda kredi ve finansman ihtiyacının

karşılanması gereklidir.

11. Kültür ırkı hayvan sayısının artırılması ve bu yönde ıslah ve suni tohumlama çalışmalarına önem verilmesi gerekmektedir.

12. Geleneksel üretim metodundan vazgeçemeyen yetiştiriciler esas odak noktası olacak şekilde modern üretim ve işletmecilik hakkında eğitim ve bilgilendirme faaliyetleri yürütülmesi gerekmektedir.

13. Hayvan hareketlerinin kontrol altına alınabilmesi için düzenli olarak geçiş güzergâhlarındaki kontrol noktalarında denetimler sıklaştırılmalıdır.

14. Bölgede endemik olarak seyreden bulaşıcı Şap, Brucella, Şarbon ve Yanıkara gibi bulaşıcı hayvan hastalıkları konusunda yetiştiricileri bilinçlendirmeye yönelik projeler uygulamaya konulmalıdır.

15. Hayvan hastalıkları ile mücadele kapsamında aşılama çalışmaları ve koruyucu veteriner hekimlik hakkında bölge halkının bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Acar, Z., Tan, M., Ayan, İ., Onal Aşçı, Ö., Mut, H., Başaran, U., Gülümser, E., Can, M. & Kaymak, G. (2020). Türkiye’de Yem Bitkileri Tarımının Durumu ve Geliştirme Olanakları. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, Yay. Haz. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, s.529-553.

Akpınar, R., Özsan, M. E. & Taşçı, K. (2012). Doğu Anadolu Bölgesi’nde hayvancılık sektörünün rekabet edebilirliğinin analizi. GUSBID, 5, 198-214.

Anonim (2023a). Coğrafi yapı. Erişim Adresi: <http://www.bayburt.gov.tr/cografi-yapi>.

Anonim (2023b). İşletme/Hayvan Sayısı Raporu. Erişim Adresi: <https://hbs.tarbil.gov.tr/>.

Anonim (2023c). Gıda Güvenliği Bilgi Sistemi. Erişim Adresi: <https://ggbs.tarim.gov.tr/>.

Anonim (2023d). Çalışma Raporları. Erişim Adresi: <https://bayburt.tarimorman.gov.tr/Menu/32/Calisma-Raporlari>.

Arslan K. (2005). Bölgesel kalkınma farklılıklarının giderilmesinde bir araç: Bölgesel planlama ve bölgesel kalkınma ajansları. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 4, 275-294.

Atasever, M., Günlü, A., Aydın, E. & Yıldız, A. (2013).

Doğu Anadolu Bölgesi’nde hayvansal üretimin genel değerlendirmesi ve çözüm önerileri. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 8(2), 174-191.

Davran, M. K., Özalp, B., Tok, N. & Öztornacı, B. (2017). Türkiye’de kırsal gençlik açısından istihdam ve tarımsal istihdamın geleceği. GAD, 5(13), 169-189.

Dellal, İ., Ege, H. & Tan, S. (2001). Türkiye’de Mısır Arz Talep ve Dış Ticareti. Türk-Koop Ekin, 5(16), 64-69.

Dinçer, B., Özaslan, M. & Kavasoglu, T. (2003). İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması. DPT Yayınları.

Doğan, Z., Arslan, S. & Berkman, A. (2015). Türkiye’de tarım sektörünün iktisadi gelişimi ve sorunları: Tarihsel bir bakış. Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8(1), 29-41.

Eğilmez, M. (2016). Makro ekonomi. İstanbul, Turkey: Remzi Kitabevi.

Erbay, R. (2013). Ekonomik kalkınmada tarımın rolü: Türkiye üzerine bir değerlendirme. BJSS, 2(4).

Günlü, A., Atasever, M. & Karakaya, Y. (2006). Erzurum ili hayvancılığının yapısal özellikleri ve yakın gelecekteki durumu üzerine genel değerlendirme. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 1(3), 55-68.

Sav, O. & Sayın, C. (2018). Tarımda kalma eğilimini etkileyen başlıca faktörlerin genel bir değerlendirmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 21, 190-197.

Semerci, A. & Kurt, C. (2006). Türkiye’de Yem Bitkileri Tarımının Önemi. Hasad Hayvancılık Dergisi, 21, 42-49.

Sezen, I., Yılmaz, S. & Külekçi, A. E. (2012). Ekoturizm için öneri alanlarıyla Bayburt. Kahramanmaraş: I. Ulusal Akdeniz Çevre ve Orman Sempozyumu, Kahramanmaraş, 26-28.

Şentürk, B. (2015). Türkiye’de salgın hayvan hastalık sorunu ve yeni model önerileri. Harran Üniv Vet Fak Derg, 4(1), 27-29.

Topal, R. Ş. (2010). Tarım Sektörünün Topluma Karşı Sorumlulukları. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12(1), 1-31.

TÜİK, (2023a). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi

- Sonuçları. Erişim Adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=110&locale=tr>.
- TÜİK, (2023b). Tarım ve Orman Alanları. Erişim Adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>.
- TÜİK, (2023c). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim Adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=110&locale=tr>.
- TÜİK, (2023d). İl Bazında Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla, Cari Fiyatlarla. Erişim Adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Il-Bazinda-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2020-37188>.
- TÜİK, (2023e). Dış Ticaret İstatistikleri. Erişim Adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Dis-Ticaret-104>.
- TÜİK, (2023f). Hayvancılık İstatistikleri. Erişim Adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>.
- TÜİK, (2023g). Tarımsal Ürün Fiyatları ve Üretim Değerleri. Erişim Adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=110&locale=tr>.
- Upton, M. (2004). The role of livestock in economic development and poverty reduction. Pro-Poor Livestock Policy Initiative Working Paper 10, FAO, Rome.
- Uzundumlu, A. S. (2012). Tarım sektörünün ülke ekonomisindeki yeri ve önemi. Alinteri J of Agr Sci, 22(1), 34-44.



Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni
Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association
e-ISSN: 2667-8381

Esengül ANIL^{1,a,*}
Murat GÖKGÖZ^{2,b}

¹Kırıkkale Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Kırıkkale
²Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Kırıkkale

ORCID^a: 0000-0002-8699-5285
ORCID^b: 0000-0003-4451-6116

*Sorumlu Yazar: Esengül ANIL
E-Posta: esengulanil@outlook.com

Geliş Tarihi: 29.01.2024
Kabul Tarihi: 16.03.2024

15 (1): 39-46, 2024
DOI: 10.38137/vftd.1426231

Makale atfı

Anıl, E. ve Gökgöz, M. (2024). Parvoviral Enteritli Köpeklerin Biyokimyasal Parametreler Açısından Değerlendirilmesi, Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni, 15 (1), 39-46. DOI: 10.38137/vftd.1426231.

**PARVOVİRAL ENTERİTLİ KÖPEKLERİN
BİYOKİMYASAL PARAMETRELER AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

ÖZET. Canine parvovirüs (CPV) enfeksiyonu, 1967 yılında keşfedilmesinden itibaren özellikle genç köpeklerin etkilendiği viral kökenli hastalıklardan biridir. Virüsün hızlı bölünen hücrelere affinitesinin bulunması ve dirençli varyantlara dönüşebilme kabiliyetinden dolayı yüksek morbidite ve mortalite ile seyretmektedir. Canine parvovirüs enfeksiyonu ile literatürlerde hastalığın hematolojik bulguları, böbrek-karaciğer enzimleri, akut faz proteinleri, sitokinler, asit-baz bozuklukları, sıvı elektrolit düzeyleri, kan gazları, bağırsak bozukluğu bulguları, lipid profilleri, tiroksin ve kortizol bulguları, koagülasyon profilleri ve kalp biyobelirteçleri tasvir edilmiştir. Bu derleme makalesinin amacı parvovirüs ile enfekte olan köpeklerin biyokimyasal parametreler açısından incelenip, benzer ve farklı sonuçların, oluşan eksikliklerin ve biyokimyasal yünden yapılabileceklerin sentezi yapılarak, hastalığın tanısına, prognozuna ve tedavisine yardımcı olabilecek bilgilerinin derlenmesidir.

Anahtar Kelimeler: Biyokimyasal belirteçler, hipotiroidizm, köpek, hiperkortizolemi, parvoviral enteritis.

**EVALUATION OF DOGS WITH PARVOVIRAL
ENTERITIS IN TERMS OF BIOCHEMICAL
PARAMETERS**

ABSTRACT. Canine parvovirus (CPV) infection is one of the viral diseases that has affected especially young dogs since its discovery in 1967. It progresses with high morbidity and mortality due to the virus's affinity for rapidly dividing cells and its ability to transform into resistant variants. Regarding canine parvovirus infection, the literature describes hematological findings of the disease, kidney-liver enzymes, acute phase proteins, cytokines, acid-base disorders, fluid electrolyte levels, blood gases, intestinal disorder findings, lipid profiles, thyroxine and cortisol findings, coagulation profiles and cardiac biomarkers. Has been made. The aim of this review article is to examine parvovirus-infected dogs in terms of biochemical parameters, synthesize similar and different results, deficiencies that occur and what can be done biochemically, and compile information that may help the diagnosis, prognosis and treatment of the disease.

Keywords: Biochemical markers, dog, hypercortisolemia, hypothyroxinemia, parvoviral enteritis.

GİRİŞ

Tüm evcil ve vahşi köpek türlerinde etkili, bulaşıcı, öldürücü dünya genelinde yaygın olan viral hastalıklardan Canineparvovirüs enfeksiyonu (CPV), parvoviridae familyasında bulunan, zarfsız tek zincirli bir DNA'ya sahip olan, 25nm çapında ikozahedral bir virüstür. Birçok memeli türünde görülmesine karşın spesifiktir (Baştan, 2011; Er, 2013; Gargari, 2015; Şimşek, 2018; Ballıtaş, 2021). Ayrıca Canineparvovirüs, kedilerin viral hastalığı olan feline panlökopeni virüs ile aminoasit dizilimi bakımından %98 benzerlik göstermektedir (Er, 2013; Schoeman, 2013; Gargari, 2015; Şimşek, 2018; Elisa ve Mazzeferro, 2020; Ballıtaş, 2021). Hastalığın CPV-1 ve CPV-2 olmak üzere iki klinik formu bulunmaktadır. Canine parvovirüs enfeksiyonu ilk kez 1967 yılında keşfedilmiştir. Canine parvovirüs -1 enfeksiyonu köpeklerde gastrointestinal ve solunum yolu enfeksiyonuna neden olmuştur (Schoeman ve ark., 2013; Elisa ve Mazzeferro, 2020). CPV-2'nin de günümüze kadar hızlı mutasyonları sonucu CPV-2a, CPV-2b, CPV-2c olmak üzere üç varyantı daha oluşmuştur (Baştan, 2011; Er, 2013; Gargari, 2015; Ballıtaş, 2021). CPV-2'nin akut hemorajik enterit ve miyokarditis olmak üzere iki klinik formu bulunur. Hemorajik enterit formu daha çok görülmektedir. Enterit formu kemik iliği, bağırsak, dalak ve lenf yumrularına etki etmektedir. Hemorajik enterit formunda belirgin abdominal ağrı, kusma, iştahsızlık, hemorajik enterit görülmektedir. Miyokarditis formu ise kalp kasına etki edip, ender olarak görülür ve klinik semptomlar gelişmeden kısa bir süre içinde 3 ila 4 haftalıkken yavru köpeklerde kalp yetmezliği veya ani ölüm görülmektedir (Baştan, 2011; Er, 2013; Ford ve ark., 2017; Şimşek, 2018; Ballıtaş, 2021). Parvovirüsün çoğalabilmesi için hızlı bölünen hücrelere ihtiyacı vardır. Virüs hematojen yolla bağırsak kript hücreleri, kalp kası, damar endotel hücreleri ve lenfoid dokularda hızla çoğalır (Er, 2013; Şimşek, 2018; Elisa ve Mazzeferro, 2020; Ballıtaş, 2021). Hastalığın tanısı için belirgin klinik tablo oluşmasına rağmen kesin tanı için kullanılan bazı metotlar vardır: Köpekten alınan dışkı ile yapılan antijen testi, virüsün izolasyonu, immünokromatografi, hemaglutasyon ve PCR testlerinden yararlanılır (Er, 2013; Gargari, 2015; Ballıtaş, 2021).

Bu derleme makalesinin amacı CPV ile enfekteli köpeklerin biyokimyası ile ilgili güncel bilgiler sunarak hastalığın erken teşhisine, hastalığın prognozuna ve

tedavisine ışık tutacak olmasıdır.

LABORATUVAR BULGULARI

Hematolojik Bulgular

Canine parvoviral enteritli köpeklerde belirgin klinik semptomlar oluşmaya başladıktan sonra hemogram bulgularında lökopeni tablosunun geliştiği görülmüştür. Hatta şiddetli semptomlarda panlökopeni tablosu da buna eşlik edebilir. Bunun nedeni ise gastrointestinal sistemde yangı olması sonucu kemik iliğinde lökosit yıkımının oluşması timus, lenf ve dalak gibi organların yetersiz kalmasıdır (Baştan, 2011; Er, 2013; Gargari, 2015; Ballıtaş, 2021). Sevgisunar ve Şahinduran (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, parvovirüslü köpeklerin nötropenik oldukları dönem boyunca granülosit koloni uyarıcı (G-CSF) seviyelerinin arttığı ifade edilmiş ve G-CSF seviyelerinin köpeklerin nötropenik dönemlerinde tedavileri için dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Pekmezci ve Çolak (2021) tarafından yapılan çalışmada, kontrol grubuna göre, CPV'li köpeklerdeki nötrofil (Neu) ve lenfosit (Lym) düzeylerinin düşük, Trombosit/Lenfosit (Plt/Lym) oranının yüksek olduğu, Nötrofil/Lenfosit (Neu/Lym), Monosit (Mon), Monosit/Lenfosit (Mon/Lym) ve Trombosit (Plt) değerlerinde ise istatistiksel farklılıklara rastlanılmadığı belirtilmiştir. Engelbrecht ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada, CPV ile enfekteli köpeklerde ortalama trombosit hacmi (MPV) ve trombosit hacmi dağılım genişliği (PVDW) düzeyleri çalışılmıştır. Çalışma sonucunda MPV ve PVDW düzeylerinin sağlıklı olan köpek grubuna göre anlamlı derece yüksek bulunduğu bildirilmiştir.

Serum Biyokimya Bulguları

Parvovirüs, köpeklerin bağırsak kriptlerinde epitelyal tahribata neden olup, ince bağırsağın hücre döngüsünü bozup, villus atrofinine neden olduğu bilinmektedir. Bu villus atrofi nedeniyle de ince bağırsağın emme kapasitesini kaybettiği bilinmektedir. Kusma ve ishal nedeniyle CPV ile enfekteli köpeklerde dehidrasyon gerçekleştiği bilinmektedir. Bu yüzden yüksek kan üre, kreatinin ve inorganik fosfat değerlerinin dehidrasyon ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Şiddetli hipovolemiye bağlı hepatik hipoksi veya bağırsak bariyerlerinde oluşan kayıp nedeniyle toksik maddelerin emiliminin sonucu karaciğer enzimlerinde yükselmeler olduğu gösterilmiştir. (Schoeman ve ark., 2013).

Bağırsaklardaki hemoraji ve yapılan rehidrasyon tedavisi nedeniyle albumin ve protein düzeylerinde azalma görülmektedir (Er, 2013). Bu durumda da yangısal globulinlerin üretimi artmaktadır ve kandaki globulin seviyesi yükselmektedir (Kocatürk ve ark., 2010). Özellikle kan proteini olan Alfa-2 glikoprotein seviyesinde artış gözlenir, bunun sebebi ise yangı ve doku hasarı sonucu lökositlerden açığa çıkan endojen mediatörlerin, karaciğerdeki akut faz protein sentezini uyarmalarının olması bilinmektedir (Er, 2013).

Akut faz proteinlerin enfeksiyon ve yangı durumlarında vücudun bağışıklık sistemine vermiş olduğu yanıtın değerlendirilmesinde kullanılan bir çeşit kan proteinleri olduğu bilinmektedir (Kocatürk ve ark., 2010; Ballıtaş, 2021). Aynı zamanda akut faz proteinleri patojenler ve savunma hücreleriyle iletişim halinde olup, yangısal cevap düzenleyici olarak görev yaptıkları bilinmektedir (Sevgisunar ve Şahinduran, 2014). C-reaktif protein (CRP) akut faz proteinleri içinde özellikle canine parvovirüsün tanısında kullanılabilir, inflamasyon ve enfeksiyon varlığını gösteren önemli bir yere sahiptir. CRP'nin yanında serum amiloid A (SAA)'da yapılan son çalışmalarda parvovirüsün tanısında en çok kullanılan akut faz proteini olduğu bildirilmiştir (Taşçene, 2017). Kocatürk ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, CRP, Haptoglobulin (Hp), Serum amiloid A düzeylerinde artış, albumin düzeylerinde ise azalma görülmüştür. McClure ve ark. (2013)'nin yapmış oldukları çalışmada ise, CPV enteritli yavru köpeklerde CRP düzeylerinin artmasıyla ölüm olasılığı oranında, pozitif bir korelasyon olmasının beklenen bir sonuç olduğu bildirilmiştir.

Magnezyumun iskemik kalp hastalığı, kardiyopati ve aritmilerde önemli rol oynadığını gösteren çok sayıda klinik çalışma bildirilmiştir. Ayrıca Hipomagnezeminin köpeklerde miyokard hasarına neden olduğu ve sepsisli hastalarda ölüm oranıyla ilişkili olduğu saptanmıştır. (Kocatürk ve ark., 2012). CPV ile enfekteli köpeklerde serum magnezyum seviyelerine ilişkin toplam magnezyum ve iyonize Mg seviyeleri sağlıklı köpeklerle karşılaştırıldığı zaman önemli ölçüde bir fark oluşmadığı ve sonuçları değerlendirmek için tutarlı olamayacağı görüşü ortaya konulmuştur (Mann ve ark., 1998; Kocatürk ve ark., 2012). Chalifoux ve ark. (2021)'nin yapmış oldukları çalışmada, toplam magnezyum ve iyonize hipermağnezeminin hipomagnezemiden daha yaygın olduğu ve magnezyum konsantrasyonundaki artış

nedeninin akut böbrek hasarı ve endotoksinler olduğu vurgulanmıştır.

CPV ile enfekte köpeklerde oksidatif durum ve enflamasyon ilişkili olan bütirilkinesteraz (BChE) ve paraoksanaz-1 (PON1) enzimleri olduğu bilinmektedir. CPV enfeksiyonunda inflamatuvar ve antioksidan değişiklikler meydana geldiği görülmektedir. Endotelial hücreler ve nötrofiller, oksijenden türetilmiş serbest radikalleri aktive ettikleri bilinmektedir. Serbest radikaller hem oksidatif stresi hem de doku hasarını yansıtmaktadırlar. Oksidatif stresle ilişkili biyobelirteçten toplam antioksidan kapasite (TAC), inflamatuvar biyobelirteçler olan CRP, Hp, Cp ve hem inflamasyon hemde oksidatif stres biyobelirteci olan BChE ve PON1 enzimlerinin değerlendirildiği bir çalışmada CPV ile enfekte köpeklerde CRP düzeylerinde artış, PON1'de azalma, Cp ve TAC değerlerinde artış, BChE'de azalma eğilimi görülmüştür (Kocatürk ve ark., 2015).

Asit-Baz Bozukluk Bulguları

Parvoviral enteritli köpeklerde belirgin bir şekilde sıvı ve elektrolit kayıpları görülmektedir. Bu da sepsise ve asit-baz bozukluklarına neden olmaktadır (Burchell ve ark., 2020). CPV ile enfekte köpeklerde kusmanın sıklığına bağlı olarak da alkaloz ve asidoz gelişip, diyare sonucunda bağırsaklardan bikarbonat kaybı olmaktadır. Yapılan çalışmalarda da (Er, 2013; Schoeman ve ark., 2013; Gülersoy ve ark., 2020) CPV ile enfekteli grup, sağlıklı grup ile karşılaştırıldığında Bikarbonat (HCO₃), Potasyum (K), İyonize kalsiyum (ICa) değerlerinde ve pH, Parsiyel oksijen basıncı (pO₂) ve Oksijen satürasyonu (SatO₂) düzeylerinde önemli azalmalar meydana geldiği gösterilmiştir. CPV enteritinden etkilenen yavru köpeklerde asit-baz durumunun klinik değerlendirmesi için önemli elektrolit ve albümin bozukluklarının mevcut olduğu, ancak asit-baz bozukluklarının patogeneğinde klorürün en önemli değişken olduğu bildirilmiştir (Burchell ve ark., 2014). Parvoviral enteritli köpeklerin kalın bağırsaklarının lümeni içindeki bakteri popülasyonu tarafından D-Laktat üretildiği kabul edilmektedir (Venn ve ark., 2020). Bu durum CPV ile enfekteli köpeklerde metabolik asit-baz durumuna etki edebilir. Venn ve ark. (2020)'nin yapmış olduğu çalışmada serum D-Laktat konsantrasyonları sağlıklı kontrollerle kıyaslandığında CPV ile enfekte köpeklerde daha yüksek değerler bulunmuş fakat klinik değerlendirme açısından

anamlı görülmemiştir (Venn ve ark., 2020). Bununla birlikte, CPV enteritinde görülen metabolik asidozun kolayca düzeltilebileceği ve kalın bağırsaktaki bakteri popülasyonunun D-laktat üretimini şiddetlendirmeyeceği bildirilmiştir (Schoeman ve ark., 2013). Burchell ve ark. (2020)'nın yapmış olduğu çalışmada, klorür, sodyum, fosfat, iyonize kalsiyum, potasyum, serbest su, değerlerinin CPV ile enfekteli köpekler ile kontrol grubu arasında önemli farklılıkların olduğu bildirilmiştir ve güçlü iyon modelleri olan SIM ve Henderson Hasselbalch (HH) yaklaşımları karşılaştırılmış, SIM'in HH'ye göre asit-baz bozukluklarını değerlendirmede daha iyi olduğunu göstermişlerdir (Burchell ve ark., 2020).

Bağırsak Hasarı Bulguları

Köpeklerde parvoviral enterit, bağırsak epitel hücrelerine etki ederek bağırsakların mukozal yapısını tamamen çökertip, villuslarda atrofiye neden olmaktadır. Bu patolojik durumun aynısı insanlarda görülen şiddetli sitrülün tükenmesine neden olan villus atrofisine bağlı hastalıklara benzemesinden dolayı parvoviral enteritli köpeklerde, sitrülün düzeylerinde azalma görüldüğü ve CPV ile enfekteli köpeklere sitrülün takviyesi verilebileceği bildirilmiştir. Çünkü insanlarda olduğu gibi köpeklerin böbreklerinde de enterosit türevi olan sitrülünün çoğu arginine dönüşmektedir. Bunun nedeni ise arginin miktarının karaciğerden ilk geçisi sırasında argininaz enzimi tarafından metabolize edilmesidir. Bu durumda kritik hasta köpekler için arginin havuzlarının yenilenmesine yardımcı olması bakımından sitrülün takviyesinin verilmesinin uygun olduğu bildirilmiştir (Dossin ve ark., 2011). Yine Parvo viral enteritli köpeklerde bağırsak yangısı nedeniyle plazma sitrülün konsantrasyonunun önemli derecede azaldığı ve eritrosit oksidatif stres nedeniyle lipid peroksit seviyelerinin önemli derecede arttığı bildirilmiştir (Schoeman ve ark., 2013). CPV'nin karakteristik bulguları arasında bağırsak kript epitelinin nekrozu ve hücresel döküntülerle genişlemesi, villusların kısılması bulunmaktadır. Bunun sonucunda bu mukozal hastalığın fonksiyonel cubam reseptörlerinin sayısında azalmaya neden olacağı ve CPV ile enfekteli köpeklerde serum kobalamin düzeylerinin azalmasının bir nedeni olduğu düşünülmüştür (Engelbrecht ve ark., 2022).

Tiroid ve Kortizol Bulguları

CPV enteritinde yüksek serum kortizol ve düşük tiroksin konsantrasyonları hastalığın mortalitesiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Schoeman ve ark., 2013). İnsanlardaki proinflatuar sitokinle olan tümör nekroz faktör (TNF), interlökin-1 (IL-1), interlökin-6 (IL-6)'nın hipofiz-tiroid eksenini (HPT) baskıladığı gösterilmiştir (Schoeman ve Herrtage, 2008; Oikonomidis ve ark., 2021). Bu baskılanmaköpeklerde tiroid hormon konsantrasyonlarının azalmasının bir nedeni olarak görülmektedir. Hastalığın şiddeti artıkça serum triiyodotironin (T3), tiroksin (T4) ve tirotropin (TSH) konsantrasyonlarında azalma olmaktadır. Sistemik inflamatuvar yanıt sendromu ile başvuran köpeklerde IL-6 sitokininin tiroid hormonu konsantrasyonlarındaki azalmalarda etkili olduğu düşünülmüştür (Schoeman ve Herrtage, 2008).

Kortizol adrenal korteks tarafından üretilen bir glukokortikoiddir. En temel stres hormonu olarak kabul edilmektedir. Kortizol protein, karbonhidrat, lipid metabolizması, bağışıklık fonksiyonu ve vücuttaki tüm hücrelerin normal fonksiyonu için gerekli görülmektedir (Martin ve Groman, 2004). Bu nedenle parvoviral enteritli köpeklerle yapılan bir çalışmada (Schoeman ve ark., 2007) serum kortizol ve serum tiroksin arasında negatif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. CPV ile enfekteli köpekler ve babesiosis üzerine yapılan başka bir çalışmada (Schoeman ve ark., 2013), kortizol iltihaplanmaya verilen yanıtta rol oynayan kilit bir hormon olduğundan, yüksek kortizol ve CRP düzeylerinin bulunması vücutta ortaya çıkan anti-inflatuar tepkinin, iltihaplanmanın bir nedeni olarak görülmüştür.

Kalp Biyobelirteçleri

Veteriner hekimlikte CPV ile enfekte köpeklerde kalp hasarını belirlemek için en çok kullanılan biyobelirteçlerin: kreatinin izomeri (CK-MB), troponinler ve natriüretikpeptit hormonlar olduğu bilinmektedir (Er, 2013; Ballıtaş, 2021). Ayrıca miyokardiyal hasarı belirlemek için geleneksel parametreler olan kreatinkinaz (CK), laktatdehidrojenaz (LDH) ve aspartataminotransferaz (AST) kardiyak biyobelirteçleri de kullanılmasına rağmen bu kardiyak biyobelirteçlerin spesifikliğinin düşük olduğu bildirilmiştir (Baştan, 2011; Kocatürk ve ark., 2012). Kardiyak troponinlerin miyokard hasarın teşhis edilmesinde en yaygın kullanılan biyobelirteç olduğu bilinmektedir. Kardiyak troponinler, troponin

T, troponin I ve troponin C olmak üzere 3 alt birimden oluşmaktadır (Er, 2013; Oikonomidis ve ark., 2023). Kalbe özgü hücre içi proteinler olduğu bilinen troponinlerin kandaki düzeylerinde kısa sürede artış meydana gelmesi ve erken salınımları ve bunun günlerce devam etmesi, bu proteinlerin miyokardiyal hasar için mükemmel bir belirteç olduğunu göstermektedir (Oikonomidis ve ark., 2023). Baştan (2011)'in yapmış olduğu çalışmada, parvoviral enteritli köpeklerde cTn-I değeri ile CK-MB değeri arasında % 13,5 ($P>0,05$), cTn-I değeri ile AST değeri arasında % 30,7 ($P>0,05$), cTn-I değeri ile LDH değeri arasında % 23,2 ($P>0,05$) ilişki belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre CPV ile enfekte köpeklerde kalp hasarı gerçekleştiğinde ancak hastalığın başlangıcında kardiyak troponin I değeri ile belirlenebileceği bildirilmiştir.

Beyin natriüretik peptidler (BNP) ilk kez beyin dokusunda bulunmalarına rağmen kalpte, beyinden daha yüksek konsantrasyonda bulunduğu bilinmektedir. Bu nedenle kalp hastalıkları için spesifik bir biyomarkır olduğu düşünülmektedir. BNP serum proteazlar tarafından C-terminal BNP ve NT-proBNP olarak fragmentlerine ayrıldığı bilinmektedir (Ballıtaş, 2021). Bu peptidler kalp hastalıklarında semptomlar ortaya çıkmadan hastalık hakkında bilgi verebilir ve semptomların yanında solunum yetersizliği de mevcut ise hastalık ayırımının belirlenmesi açısından önemli bir belirteç olduğu bildirilmiştir (Er, 2013).

Er (2013)'in parvoviral enteritli köpeklerde yapmış olduğu çalışmada, kardiyak biyobelirteçlerden CK-MB, kardiyak troponin I ve BNP değerlendirilmiştir. Hasta hayvanların sağlıklılarına göre CK-MB ve BNP düzeylerinde istatistiksel önemli artış bulunması, CPV ile enfekteli köpeklerde hemorajik enterit formu ile birlikte hafif ve orta düzeyde miyokardit formunda gelişmiş olabileceği, kardiyak troponin I düzeylerinde istatistiksel yönden bir farklılık bulunmamasının muhtemel sebebi de miyokard hasarın şiddetli olmamasına bağlanmıştır. Kardiyak troponin I konsantrasyonunun 5 gün boyunca seri olarak değerlendirildiği bir çalışmada (Oikonomidis ve ark., 2023) hastaneye başvuru sırasında hayatta kalan ve hayatta kalmayan köpeklerdeki cTn I düzeylerinde önemli ölçüde farklı olmadığı, 5.günde cTn I düzeyleri yine karşılaştırıldığında anlamlı derecede daha yüksek değerler bulunması CPV ile enfekteli köpeklerde miyokardiyal hasarın olduğu bildirilmiştir. Tıp ve veterinerlik çalışmalarında inflamatuvar ve kalp dışı

hastalıklarda miyokard hasarı tespit edilmiş olup nedeni sitokinler olarak gösterilmiştir. IL-6, IL-10, IL-15 ve TNF- α 'nın miyokard hasara neden olduğu, hem insanlarda hem de köpeklerde cTnI konsantrasyonlarıyla ilişkili bulunmuştur. Muhtemelen sitokinler kardiyomiyosit membranı üzerinde toksik etki yaparak geçirgenliği artırarak sitozoliktropin havuzunun salınmasına yol açmaktadır (Oikonomidis ve ark., 2023). CPV ile enfekteli köpeklerde miyokardiyal performans indeksi (Tei) ve kardiyak biyobelirteçlerden CK, LDH, AST ve cTn I düzeylerinin prognostik değerlerinin araştırıldığı bir çalışmada (Kocatürk ve ark., 2012), sağlıklı olanlar ve CPV ile enfekteli köpekler arasında CK, LDH, AST düzeylerinde doku spesifikliği eksikliği nedeniyle istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmamış, cTn-I düzeyinde hayatta kalmayan köpeklerde hayatta kalan ve sağlıklı köpeklere göre daha yüksek düzeyde bulunduğu bildirilmiştir. Diğer çalışmalardan farklı olarak kardiyak biyobelirteçlerden CK-MB, kardiyak troponin I ve kalp tipi serbest yağ asidi bağlayıcı protein (H-FABP) ile yapılan çalışma (Gülersoy ve ark., 2020) neticesinde CK-MB, cTn-I ve H-FABP biyobelirteçleri mortaliteyi öngörmek için yeterince yüksek düzeyde bulunmamış fakat kalp hasarını belirlemede CK-MB ve cTn-I biyobelirteçlerinin güvenilir ve kullanışlı olduğuna vurgu yapılmıştır.

Lipid Profili Bulguları

Yapılan çalışmalarda (Kocatürk ve ark., 2010; Schoeman ve ark., 2013; Ballıtaş, 2021) hasta köpeklerin total kolesterol ve lipoprotein HDL-lipoprotein düzeylerinin azaldığı ve trigliserid (TG) düzeylerinin arttığı bildirilmiş olup, HDL ve total kolesterol düzeylerindeki azalmanın, hastalığın şiddeti hakkında bilgi vereceği bildirilmiştir. Trigliserid düzeyindeki artışa hepatik yağ sentezini uyaran ve yağ oksidasyonunu baskılayan TNF- alfa ve diğer sitokinlerin neden olduğu düşünülmektedir. Toplam kolesterol, lipoprotein düzeylerindeki azalmaların IL-6 ve IL-10 sitokinlerinin yüksek konsantrasyonlarıyla ilişkili olması ve kolesterol sentezinin azalmasına ve katabolizmasının artmasına bağlı olduğu düşünülmektedir (Bonville ve ark., 2004).

Koagülasyon Bulguları

Sistemik inflamasyon, endojen antikoagülan kaybı, vasküler endotel hasarı ve antitrombin III (AT III) aktivitesindeki azalma, damar içi pıhtılaşmaya (DİK)

neden olarak CPV enteritli köpeklerde hemostatik değişikliklere neden olduğu bilinmektedir ve hemostazi değerlendirmek için Tromboelastografi (TEG) ve Tromboelastometri (TEM) pıhtılaşma test yöntemleri kullanılmaktadır. Bu test yöntemleri ile protrombin zamanı (PT), aktifleştirilmiş kısmi tromboplastin zamanı (APTT), fibrinojen konsantrasyonu, fibrinojen bozunma ürünleri (FDP), AT III aktivitesi ve D-dimer testleri rutin olarak kullanılmaktadır. Corda ve ark. (2023)'nin CPV ile enfekteli köpeklerle yapmış oldukları çalışmada, PT, APTT, FDP, AT III ve fibrinojen konsantrasyonunda değişimler meydana geldiği fakat D-dimer testinde değişim meydana gelmediğini bildirmişler ve bu durumu D-dimer testinin sınırlı hassasiyeti olması ile açıklamışlardır. CPV ile enfekte köpeklerde ilk sıvı uygulamasından 24 saat sonra pıhtı kuvvetinin, fibrinojen konsantrasyonunun artması ve antitrombin (AT III) aktivitesinin azalmasına dayanan hiperpıhtılaşma bildirilmiştir (Schoeman ve ark., 2013; Whitehead ve ark., 2020). Hiper pıhtılaşma nedenleri olarak inflamasyon nedeniyle artan fibrinojen konsantrasyonu, mide, bağırsak bütünlüğünün kaybıyla gerçekleşen ishal nedeniyle anti trombin (AT III) kaybı, tüketimi ve vasküler endotel hücreler üzerinde endotoksinin prokoagulan etkisi görülmektedir (Schoeman ve ark., 2013; Whitehead ve ark., 2020; Corda ve ark., 2023). CPV enteritli köpeklerle yapılan çalışmada (Otto ve ark., 2000) hiper pıhtılaşma olduğu, fibrinojen konsantrasyonunda artış, orta derecede uzamış APTT ve ölçülebilir D-dimer konsantrasyonu olmadığı bildirilmiştir. Er (2013)'in parvoviral enteritli köpeklerle yapmış olduğu çalışmada ise, koagülasyon profillerden PT ve APTT'de uzama, D-dimer konsantrasyonunda artış ve AT III aktivitesinde azalma ve buna ilişkin de bu olgularda önemli oranda DİK geliştiğini bildirmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Parvoviral enfeksiyonu ile enfekte olmuş köpeklerde kullanılan biyokimyasal parametreler hastalığın tanısına, prognozuna ve tedavi seçeneklerine yardımcı olmaktadır. Canine parvoviral enfeksiyonuna ilişkin yapılan literatür taramasında, kapsamlı olmayan ve geriye dönük ve birbirleriyle çelişebilen çalışmalar olduğu görülmektedir. CPV enfeksiyonunun spesifik tedavi ilerlemeleri olmasına rağmen, ayırıcı prognostik biyobelirteçlerin belirlenebilmesi için hastalığın biyokimyası ile ilgili daha kapsamlı, daha güncel, çalışmaların yapılması gerektiği

düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ballıtaş, U. (2021). Parvoviral ve tedavi edilmiş köpeklerde Bnp Nt-ProBnp, ve cTn-I düzeylerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Baştan, İ. (2011). Parvovirüs enfeksiyonlu köpeklerde yaşama şansını etkileyen parametrelerin araştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bonville, D. A., Parker, T. S., Levine, D. M., Gordon B. R., Hydo, L. J., Eachempati, S. R. & Barie, P. S. (2004). The relation of hypocholesterolemia to cytokine concentrations and mortality in critically ill patients with systemic inflammatory response syndrome. *Surgical Infections*, 5(1), 39-49.
- Burchell, R. K., Gal, A., Friedlein, R. & Leisewitz, A. L. (2020). Role of electrolyte abnormalities and unmeasured anions in the metabolic acid-base abnormalities in the dogs with parvoviral enteritis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(2), 857-866.
- Burchell, R. K., Schoeman, J. P. & Leisewitz, A. L. (2014). The central role of in the metabolic acid-base changes in canine parvoviral enteritis. *Veterinary Journal*, 200(1), 152-156.
- Chalifoux, N. V., Parker, S. E. & Cosford, K. L. (2021). Prognostic indicators at presentation for canine parvoviral enteritis: 322 cases (2001-2018). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 31(3), 402-413.
- Corda, F., Ballocco, I., Corda, A., Mollica, A., Cilano, A., Polinas, M. & Parpaglia, M. L. P. (2023). Coagulation abnormalities in dogs with parvoviral enteritis. *Veterinary Sciences*, 10(1), 41.
- Dossin, A., Rupassara, S. I., Weng, H. Y., Williams, D. A., Garlich, J. P. & Schoeman, J. P. (2011). Effect of parvoviral enteritis on plasma citrulline concentration in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 25(2), 215-221.
- Elisa, M. & Mazzeferro, M. S. (2020). Update on canine parvoviral enteritis. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 50(6), 1307-1325.

- Engelbrecht, M., Atkinson, B., Goddard, A., Pazzi, P. & McClure, V. (2021). Mean platelet volume and platelet volume distribution width in parvoviral enteritis. *Front Vet Sci*, 8, 722280.
- Engelbrecht, M., Botha, W. J., Pazzi, P., McClure, V. & Hooijberg, E. (2022). Serum cobalamin concentrations in dogs infected with canine parvoviral enteritis. *Journal of The American Medical Association*, 260(7), 1-8.
- Er, C. (2013). Parvoviral enteritli köpeklerde kalp biyomarkırları ve pıhtılaşma profilleri üzerine araştırma. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ford, Ü., McEndaffer, L., Renshaw, R., Molesan, A. & Kelly, K. (2017). Parvovirus infection is associated with myocarditis and myocardiyal fibrosis in young dogs. *Veterinary Pathology*, 54(6), 964-971.
- Gargari, S. (2015). Gastroenteris semptomlu köpeklerde canine parvovirüs tip 2'nin tespiti ve moleküler karakterizasyonu. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gülersoy, E., Tamam, M., Yıldız, R., Koral, E., Ider, M., Sevinç, M. & Zhunushova, A. (2020). Assessment of intestinal and cardiac-related biomarkers in dogs with parvoviral enteritis. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 23(2), 211-219.
- Kocatürk, M., Martinez, S., Eralp, O., Tvarijonaviciute, A., Ceron. & Yılmaz, Z. (2012). Tei index (myocardial performance index) and cardiac biomarkers in dogs with parvoviral enteritis. *Research Veterinary Science*, 9(1), 24-29.
- Kocatürk, M., Martinez., Eralp, E., Tvarijonaviciute, B., Ceren, J. & Yılmaz, Z. (2010). Prognostik value of serum acute-phase proteins in dogs with parvoviral enteritis. *Journal of Small Animal Practice*, 51 (9), 478-483.
- Kocatürk, M., Tvarijonaviciute, B., Martinez- Subule, S., Tecles, F., Eralp, O., Yılmaz, Z. & Ceron, J. J. (2015). Inflammatory and oxidative biomarkers of disease severity in dogs with parvoviral enteritis. *Journal of Small Animal Practice*, 56(2), 119-124.
- Mann, F. A., Bonn, G. D., Wagner-Mann, C. C & Ruben, D. S. (1998). Ionized and total magnesium concentrations in blood of dogs with naturally acquired parvoviral enteritis. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 212(9), 1398-1401.
- Martin, L. G. & Groman, R. P. (2004). Realivite adrenal insufficiency in criticalillness. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 14(3), 149-157.
- McClure, V., Schoor, M. V., Thompson, N. P., Hansen, M. K. & Goddard, A. (2013). Evaluation of the use of serum C-reactive protein concentration to predict out come in puppies infected with canine parvovirus. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 243(3), 361-366.
- Oikonomidis, I. L., Theodorou, K., Papaioannou, E., Xenoulis, P. G., Adamama-Moraitou, K. K., Steiner, J. M., Kritsepi-Konstantinou, M., Suchodolski, J. S., Rallis, T. & Soubasis, T. (2023). Serial measurement of cardiac troponin I in hospitalised dogs with canine parvoviral enteritis: Association with out come and canine pancreas-specific lipase concentration. *Research Veterinary in Science*, 157, 1-5.
- Oikonomidis, I. L., Theodorou, K., Papaioannou, E., Xenoulis, P. G., Adamama, K. K., Steiner, J. M., Kritsepi-Konstantinou, M., Suchodolski, J. S., Rallis, T. & Soubasis, N. (2021). Serial measurement of hormones in hospitalized dogs with canine parvoviral enteritis incidence of extra thyroidal disease and its relation ship to out come and sytemic inflammatory response syndrome. *The Veterinary Journal*, 274, 105715.
- Otto, C. M., Rieser, T. M., Brooks, M. B. & Russell, M. W. (2000). Evidence of hypercoagulability in dogs with parvoviral enteritis. *Journal of The American Medical Association*, 217(10), 1500-1504.
- Otto, C. M., Drobaz, K. J. & Soter, C. (1997) Endotoxemia and tumor necrosis factor activity in dogs with naturally occurring parvoviral enteritis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 11(2), 65-70.
- Pekmezci, D. & Çolak, Z. N. (2021). Parvovirüs ile enfekte köpeklerde nötrofil/lenfosit, monosit/lenfosit ve platelet/lenfosit oranlarının belirlenmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 6(4), 585-591.

- Schoeman, J. P. & Herrtage, M. E. (2008). Serum thyrotropin, thyroxine and free thyroxine concentrations as predictors of mortality in critically ill puppies with parvovirus infection: a model for human paediatric critical illness? *Microbes and Infection*, 10(2), 203-207.
- Schoeman, J. P., Goddard, A. & Herrtage, M. E. (2007). Serum cortisol and thyroxine concentrations as predictors of death in critically ill puppies with parvoviral diarrhoea. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 231(10), 1534-1539.
- Schoeman, J. P., Goddard, B. & Leisewitz, A. (2013). Biomarkers in canine parvovirus enteritis. *New Zealand Veterinary Journal*, 61(4), 217-222.
- Sevgisunar, S. N. & Şahinduran Ş. (2014). Hayvanlarda akut faz proteinleri, kullanım amaçları ve klinik önemi. *Mehmet Akif Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 50-72.
- Şimşek, E. (2018). Parvovirüs ile enfekteli köpeklerde serum c reaktif protein değerlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Taşçene, N. (2017). Akut faz proteinlerinin hayvanlarda önemi. *Lalahan Hay Araşt Enst Der*, 57(1), 52-60.
- Venn, E. C., Barnes, A. J., Hansen, R. J., Boscan, P. L., Twedt, D. C. & Sullivan, A. L. (2020). Serum D-lactate concentrations in dogs with parvoviral enteritis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(2), 691-699.
- Whitehead, Z., Goddard, A., Bota, W. J. & Pazzi, P. (2020). Haemostatic change associated with fluid resuscitation in canine parvoviral enteritis. *Journal of the South African Veterinary Association*, v.91, 2020.



Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni
Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association
e-ISSN: 2667-8381

Elif Ceren ÇAKIROĞLU^{1,2,a}
Eray BURTAÇGİRAY^{3,b,*}
Sedef VEREP^{1,2,c}
Güzin İPLİKÇİOĞLU ARAL^{1,d}

¹Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim
Dalı, Ankara

²Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri
Enstitüsü Gıda Hijyeni ve Teknolojisi
Bölümü, Ankara

³Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve
Teknolojisi Anabilim Dalı, Hatay

ORCID^a: 0009-0001-5710-7402
ORCID^b: 0009-0001-8464-3307
ORCID^c: 0009-0006-5197-5635
ORCID^d: 0000-0001-6897-8222

*Sorumlu Yazar: Eray BURTAÇGİRAY
E-Posta: eray.burtacgiray@mku.edu.tr

Geliş Tarihi: 13.02.2024
Kabul Tarihi: 16.03.2024

15 (1): 47-57, 2024
DOI: 10.38137/vfd.1436289

Makale atf

Çakiroğlu, E. C. ve ark. (2024). Microplastics, A New Emerging Contaminant in Foods, Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni, 15 (1), 49-57. DOI: 10.38137/vfd.1436289.

**MICROPLASTICS, A NEW EMERGING
CONTAMINANT IN FOODS**

ABSTRACT. The increasing presence of microplastics in the environment exposes living organisms to microplastics through the food chain by consuming food contaminated with microplastics. In this review, we include important topics such as the presence of microplastics in food as environmental contaminants and detection methods with the final aim properly assessing and managing this emerging risk. Numerous studies have investigated microplastic presence in seafood, fruits and vegetables, milk and milk products, bottled water, table salt and sugar. The ingestion of microplastics plastic particles, additives, and contaminants through oral intake, respiration, dermal intake stresses the need for comprehensive risk assessment and regulatory measures for public health. To address these concerns, there is a need for interdisciplinary collaboration, increased research efforts and the development of guidelines for microplastic consumption to protect public health in the face of microplastic contamination in the food chain.

Keywords: Microplastics, food, environment, environmental contaminant, public health.

**GIDALARDA YENİ ORTAYA ÇIKAN KİRLETİCİ
MİKROPLASTİKLER**

ÖZET. Çevrede artan mikroplastik varlığı, mikroplastiklerle kontamine olmuş gıdaları tüketerek canlı organizmaları besin zinciri yoluyla mikroplastiklere maruz bırakmaktadır. Bu derlemede, ortaya çıkan bu riskin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve yönetilmesi nihai amacı ile çevresel kirleticiler olarak gıdalarda mikroplastiklerin varlığı ve tespit yöntemleri gibi önemli konulara yer veriyoruz. Çok sayıda çalışma, deniz ürünleri, meyve ve sebzeler, süt ve süt ürünleri, şişelenmiş su, sofraya tuzu ve şekerde mikroplastik varlığını araştırmıştır. Mikroplastiklerin, plastik parçacıkların, katkı maddelerinin ve kirleticilerin oral alım, solunum, dermal alım yoluyla yutulması, halk sağlığı için kapsamlı risk değerlendirmesi ve düzenleyici önlemlere duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Bu endişeleri gidermek için, gıda zincirinde mikroplastik kontaminasyonu karşısında halk sağlığını korumak için disiplinler arası işbirliğine, artan araştırma çabalarına ve mikroplastik tüketimine yönelik kılavuzların geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Çevre, çevresel kontaminant, gıda, halk sağlığı, mikroplastikler.

INTRODUCTION

Plastic production is increasing rapidly day by day, but the lack of strict regulations for the elimination of plastic waste leads to serious environmental problems (Derraik, 2002; Chae et al., 2018). Particles usually smaller than 5 mm formed as a result of the breakdown of these plastic wastes are defined as microplastics (MPs). Microplastics have been known as an organic pollutant that has attracted a lot of attention since 2014. As a result of research, it has been revealed that this newly emerging pollutant species is a major concern for the ecosystem and public health. Microplastics can be found in resilient, diverse ecosystems, and can remain intact in nature for long periods of time, which is a cause for global concerns (Ivleva et al., 2017). Microplastics are found in seas, oceans, freshwater sources and beaches, but they have also been found in various foods (Li et al., 2018a). As a result of recent research, it has been revealed that microplastics even get into drinking water, which is a major concern for human health (Novotna et al., 2019). It is estimated that the number of microplastics consumed by humans through food varies between 203 and 302 particles per person per day on average (Cox et al., 2019). It is very important for governments to develop certain regulations and solutions to reduce the harmful effects of microplastics and their presence in the environment. In this article, current knowledge on the presence of microplastics in foods, which have gained importance as an environmental contaminant, is reviewed.

WHAT ARE MICROPLASTICS?

Microplastics are very small synthetic organic polymers that vary in size from 1 μm to 5 mm (Frias and Nash, 2019). Microplastics have been found to have negative effects on both the environment and human and animal health as a result of studies. The concept of "microplastics" first emerged in the UK in 2004 when studying plastic pollution in the oceans (Thompson et al., 2004). Plastics entering water sources undergo degradation processes induced by exposure to sunlight, oxygen reactions, and physical forces, leading to their fragmentation into smaller pieces of diverse types and sizes (Çakmak and Acaröz, 2021). Microplastics are quite common in ecosystems such as marine, ocean, freshwater, and terrestrial (Peixoto et al., 2019). In addition to these ecosystems, their use in industries also poses a significant risk to the environment

(Osman et al., 2020; Qasim et al., 2020). Microplastics are examined in two groups. Primary microplastics are deliberately produced small circle-shaped microbeads that are often used in cosmetics, personal care products, and cleaning supplies (Wang et al., 2019). At the same time, groups of primary microplastics are deliberately added to paints, diapers, medicines, and even pesticides (Duis and Coors, 2016). On the other hand, secondary microplastics; it occurs as a result of unintentional deterioration of plastic bags, bottles, crates and even large plastic parts such as ropes and nets due to physical, biological and chemical factors (Andrady, 2017). Microplastics are also not easily degradable and highly stable; this makes them remain in the environment for hundreds of years (Xiang et al., 2022).

Microplastics enter the food chain of terrestrial and aquatic organisms and are bioaccumulated and consumed by small fish and other organisms. Consumption of these pollutants by fish, sea turtles, clams, and mussels compromise the digestive system and is even known to lead to deaths (Matsuguma et al., 2017; Caron et al., 2018; Hipfner et al., 2018). As a result of the consumption of contaminated fish and other aquatic creatures living in the water, it also mixes with the human food chain and this situation directly affects human health. In recent years, the production of microplastics has increased considerably and the concentrations of microplastics found on some coasts have reached thousands of particles per cubic meter. Due to their small size, it becomes very difficult to remove microplastics from the environment by conventional means (Hou et al., 2021).

MICROPLASTICS AS AN ENVIRONMENTAL POLLUTANT AND THEIR SOURCES

Since products made of plastic are low cost and durable, they are frequently used in many areas such as cosmetic products, textiles, and industry. Globally, plastic production is 300 million tons or more per year and is increasing annually (Wang et al., 2017). According to the studies, the regions that emit the most plastic into the environment regionally are India with 18.3% and South Asia, followed by North America with 17.2% and Europe with 15.9% (Boucher et al., 2017). The reason for this is thought to be the high population in these regions and the excessive emergence of plastic wastes depending on consumption habits. In addition, because of the inability to consciously separate plastic products, the inability to

ensure proper waste management and limited recycling, plastics mix with both terrestrial and aquatic ecosystems and disrupt the natural balance (Aydin et al., 2023). Transportation: it is also mixed into the environment due to the plastics used during the transportation of vehicles, vehicle tires, roads, products, etc. (Sharma et al., 2017).

The dissolution times of plastics are very slow. Under normal conditions, it takes more than 50 years for a plastic material to dissolve, and even after that time, it does not dissolve completely (Müller et al., 2001). In marine environments, the decomposition of plastics into microplastics is accelerated by factors such as sea water, wave movements and, abrasion while in terrestrial environments, effects such as temperature fluctuations and increased exposure to UV rays (Andray, 2011; Karbalaei et al., 2019). Data from the World Health Organization show that microplastic species are present in food, soil, bottled drinking water, tap water, fresh and salt water, wastewater, and soil (WHO, 2019). These microplastics can accumulate in the aquatic and terrestrial ecosystems for many years and disrupt the ecosystem balance by preventing the growth and development of organisms (Chae et al., 2018).

The presence of microplastics in the environment affects all living things, from the smallest part of the ecosystem to the largest part. In a study conducted in Europe, sludge prepared to be used as agricultural fertilizer is among the factors that cause microplastic accumulation in the soil. It has been determined that high amounts of microplastics pass into the soil using fertilizers prepared with waste and sewage water (Horton et al., 2017). At the same time, factors such as burying solid wastes in the soil and throwing plastic materials into the soil individually cause the accumulation of microplastics in the soil. Microplastics in the soil affect the organisms and macrofauna activities in the soil, and it is seen that they change their physical, chemical, and biological properties (Chae et al., 2018; Yurtsever, 2019). Microplastics can progress towards the lower layers of the soil due to factors such as agriculture, cracks in the soil, and the deterioration of various organisms. Microplastics that progress to the deep layers of the soil can mix with groundwater from there (Rillig et al., 2017). This reveals that microplastics can pass into plant seeds and fruits, so they can be taken into the human body through food consumption. This suggests that the absorption of microplastics by plants

could have potential effects on food safety and human health.

The transport of microplastics does not only occur between soil and groundwater. It is possible to transport microplastics from small bodies of water to large bodies of water in many ways, such as wave action, winds, and human interactions. Microplastics, which accumulate especially in aquatic ecosystems, are very suitable for microorganisms to form biofilms. Bacteria, algae, and fungi colonize microplastics in water and form biofilms (Hoellein et al., 2014). In addition, microplastics accumulating in the environment can act as carriers for other environmental pollutants and heavy metals that are toxic to human health (Aydin et al., 2023). Transportation of micro-organism biofilms and microplastics that have absorbed toxic substances is a very dangerous situation for human, animal and ecosystem health. For all these reasons, there is a need for multidisciplinary research against microplastics, comprehensive risk assessments and the development of strategies to reduce microplastics.

The increase in the concentration level of microplastics in foods is considered a threat to public health. Not only should its presence in food be taken into account; at the same time, products that we frequently encounter in daily life are a source of threat to public health in terms of microplastics.

More than 80% of microplastics are found in land-based sources rather than water (Duis and Coors, 2016). Examples of land-based sources are food and beverage packaging, and construction materials, in which plastic widely used (Kedzierski et al., 2020; Yang et al., 2021). Personal care products (face wash gels, shower gels, hand soap, makeup, and toothpaste) also pose a high risk that they may contain microplastics that can be used as drug carriers or ingredients (Rochman, 2018; Guerranti et al., 2019). Microplastics released by damage to automobile tires are also a very important source. In addition, disposable products (cutlery, plates, plastic bottles) that we frequently encounter in daily life and disposable masks made of plastic polymers during the COVID-19 pandemic also pose a risk (Fadare and Okofo, 2020). The remaining 10-20% is waterborne microplastics. Microplastics created by marine tourism and fishing sectors are extremely important in the summer months (Li, 2018; Karbalaei et al., 2019). More than 600,000 tonnes of fishing gear (fishing line, fishing net)

end up in the seas annually (Good et al., 2010; Naji et al., 2017). As a result, all these microplastic sources have become a global problem considering food production and consumption and need to be controlled in order to reduce them.

TRANSMISSION ROUTES OF MICROPLASTICS TO HUMANS AND THEIR HEALTH EFFECTS

People are exposed to a wide variety of plastics every day. These plastics enter the body mainly through oral, respiratory, and dermal routes and accumulate in the body. Due to their persistence, wide size range, and complex structure, microplastics exhibit different particle properties with a different and broader toxicity profile compared to other media particles.

Today, especially due to the increase in the consumption of packaged foods and plastically packaged beverages, foods contaminated with micro or nanoplastics are taken into the human body orally. It can occur not only due to packaged foods, but also to contamination during transportation and storage conditions in foods sold unpackaged. In particular, the transportation of fish and fish products with polystyrene plastic containers causes contamination. Although fish and crustaceans are seen as the biggest source of microplastic accumulation that may occur in the human body, microplastics have been detected in many different foods. However, it is known that low-density microplastics accumulate on the surfaces of seas, rivers and oceans and high-density microplastics accumulate at depths due to mishaps in wastewater treatment, fishing and industrial factories. As a result of the use of these microplastic-laden waters in agricultural activities, their mixing with the soil and their degradation by microorganisms cause the accumulation of microplastics in agricultural products. The consumption of these products affects animals, therefore animal foods and consumers (Esmeray et al., 2020; Domenech and Marcos, 2021).

Once ingested, microplastics can transfer and release these toxic chemicals into their digestive tract (Tickner, 1999). Microplastics ingested through digestion can affect the enzymatic activities of the digestive system. It can inhibit lipid digestion. It is a condition that poses a potential risk to digestive health (Tan et al., 2020). According to some studies conducted on mice, it has been determined that metabolic disorders develop due to

oral microplastic ingestion, intestinal functions and bile acid metabolism are impaired. Data suggest that people may experience gastrointestinal disorders that they are at risk for, but more studies on this topic are recommended (Esmeray et al., 2020).

The main sources of airborne microplastics are synthetic textiles, erosion of synthetic rubber tires, and urban dust (Prata, 2018; Chen et al., 2020). Other sources include construction materials, industrial emissions, plastic parts from furniture, particle suspension, landfills, traffic particles, waste incineration, machine exhausts, synthetic particles used in soils (Liebezeit et al., 2015; Dris et al., 2017). There is limited information on the concentration of microplastics in the air. The presence of microplastics in the outer atmosphere varies under the influence of several factors, including the speed and direction of the wind, the vertical pollution concentration gradient, the amount of precipitation, and temperature.

Humans are exposed to 26 to 130 microplastics per day through inhalation. However, many microorganisms that are carried by respiration and cause infection can maintain their viability for a long time by keeping these microplastics in the air (Brodie et al., 2007). The transport of microplastics in the inhaled air to the lungs varies depending on the size of the microplastics (Enyoh et al., 2019). Particles smaller than 2.5 µm in size are transported to the lungs, and due to the size, nanoplastics are transported more than microplastics, causing adverse effects in the respiratory system (Rist et al., 2018). Patients with respiratory system problems, the elderly, children and immunosuppressive individuals are in the risk group in terms of health problems that may occur due to microplastic ingestion through the respiratory tract (Esmeray et al., 2020).

The skin, which is the largest organ of the body, encounters many external factors every day. Many microplastic-contaminated products, from water to cosmetic products, first encounter the skin and people are exposed to microplastics dermally. Substances of 10 nm and smaller in size are absorbed through the skin and penetrate the human body through the dermal route. For this reason, microplastics are difficult to absorb directly, but nano plastics are much smaller in size, so they can be absorbed through the skin. Cosmetic products with ingredients that increase absorption from the skin increase the absorption of nano plastics and accelerate

their accumulation in the body. However, they have been shown to accumulate in hair follicles and microplastics have been reported to be taken up by Langerhans cells. In addition, skin damaged by an injury or illness is more porous than normal skin, making it suitable for the ingress of microplastics (Çakmak and Acaröz, 2021).

There are a lot of researches on the damage caused by microplastics to humans, animals, and ecosystems. Recent research shows that the human body ingests microplastics in various ways. However, there is no clear data on the rate at which microplastics accumulate and the hazards that may occur accordingly, and it is predicted that organisms will be significantly affected because of microplastic accumulation. Infections may develop due to microorganisms, heavy metals and other pollutants that can be transported by microplastics, and toxicity-related damages may occur.

According to the reports of the World Health Organization, microplastics are most ingested with contaminated food (Alomar et al., 2017; Jeong et al., 2017). Microplastics that accumulate in the body are biologically resistant and may be responsible for negative biological responses such as inflammation, genotoxicity, oxidative stress, cell apoptosis and tissue necrosis in humans, and thus localized cell and tissue damage, fibrosis and potentially carcinogenicity. Due to their small size, microplastics can interact with a wide variety of organisms that cause blockage, inflammation and accumulation in organs after translocation (chromosome mutation) (Esmeray et al., 2020). In a study by Leslie et al., it was determined that plastic fragments pass into the bloodstream, and the rate of passage to the kidneys or organs was slower than the rate of absorption into the bloodstream (Leslie et al., 2022).

PRESENCE OF MICROPLASTICS IN FOODS

The presence of microplastics has been reported in various types of food. Including especially fish and fishery products, fruits and vegetables (Alberghini et al., 2022; Aydın et al., 2023). In addition, processed foods like milk and milk products, bottled water, table salt and sugar (Kutralam-Muniasamy et al., 2020; Gambino et al., 2022; Makhdomi et al., 2023). Despite a study, MPs interact with human intestinal cells and food components such as proteins and lipids within the gastrointestinal track. MPs and lipid interaction played more significant role

in reducing lipid digestion. These findings highlights potential risks of microplastics on human digestive system and nutrient absorption (Tan et al., 2020).

The widespread occurrence of MPs in fish and fishery products comes from the most regions of the world. Penino et al. (2020), found that the microplastic ingestion frequencies are reported 58% for sardines and 60% for anchovies. Besides, MPs have been found in bivalves ranged from 0.5 to 0.3 items/individual (Ding et al., 2021). Recent studies have found microplastics have contaminated table salt and sugars all over the world. Average amounts of microplastics observed in the different brands of salt and sugar were 55.2 ± 43.7 MP/kg (Makhdomi et al., 2023).

Microplastics are also found in freshwater and drinking water. Martin et al. (2018) studies show the presence of MPs was confirmed in all water samples, with average abundances ranging from 1473 ± 34 to 3605 ± 497 particles L-1 in raw water and from 338 ± 76 to 628 ± 28 particles L-1 in treated water. The microplastic content of bottled water can be affected by the type of packaging material used for bottled water (Oßmann et al., 2018).

Food trays often made of XPS, microplastics trapped between the meat and sealing film. The average amounts of XPS and MPs observed on the external surface of the food packaging ranged between 1 ± 0.9 and 10.8 ± 6.0 MP-XPS per kilogram of packaged meat (Kedzierski et al., 2020).

DETECTION METHODS OF MICROPLASTICS IN FOODS

Microplastic characterization involves naked eye observations without magnifying tools such as microscopes. Due to simplicity and reachability, this method has been widely used. The use of optical microscopy to visualize microplastics has become more common in recent years because it provides higher magnification and resolution than naked eye observations. Manual or microscopic counting can lead to miscalculations. There may be challenges in separating of microplastics (Sridhar et al., 2022).

Electron beam interaction with microplastics produces images of specified resolution, allowing particle sizes to be identified down to microscale. An energy dispersive spectroscopy (EDS) detector is used to distinguish these characteristic X-rays from different

elements in sample (Schawaferts et al., 2019). SEM-EDS is a tool for the rapid sorting of plastic pellets from non-plastic pellets, as well as for the detection of small particles that are missed by visual inspection. This method uses backscattered electron images and elemental spectra to analyze the presence of strong carbon signals and other elements on pellets (Blair et al., 2019). By examining the morphology, size and elemental composition of the particles using SEM, it supports the classification of microplastics (Renner et al., 2018). Du et al. (2020) analyzed microplastics observe the effect of hot water on the container surface by using SEM. They found that surface changes in polypropylene and polyethylene containers after hot water treatment.

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) is widely regarded as the most commonly used technique for detecting microplastics offering the key advantages of directness, reliability and non-destructiveness. FTIR spectroscopy enables the identification of different plastic materials based on their unique spectral signatures by generating individual band patterns through infrared spectra specific to different types of microplastic samples, contributing to their wide adaption in microplastic research (Sridhar et al., 2022). FTIR operates in three different modes: transmission, reflection and attenuated total reflection. Due to sample size requirements, it is typically limited to detecting microplastics down to about 20 μm . Sample characterization below 10 μm can be performed with micro-FTIR (Löder et al., 2015; Li et al., 2018). Diaz et al. (2020) used FTIR to examine microplastics in honey, beer, milk and refreshments. They found that the amounts of microplastics (including PPs, HDPE/LDPE and PAMs) in these foods varied from 10 to 100 pg/l, with a mean concentration of about 40 pg/l. The size of the microplastics varied from 2.48 to 6742.48 μm .

Raman spectroscopy is another widely used method for the identification of microplastics (MPs). It involves a scattering technique using a laser of defined wavelength to excite the targeted molecules. The frequency of the radiation scattered by the sample provides information about its elemental composition. Compared to other techniques such as FTIR, Raman spectroscopy has the potential to study particles of much smaller size. This is due to the ability to achieve spatial resolutions of less than 1 μm due to the scattered frequencies produced by the sample (Imhof et al., 2016). Raman detection

methods primarily enable the chemical characterization of microplastics. They do not enable visualization. The detection of microplastics in food samples using Raman spectroscopy has been investigated in several studies. Laser beam with a wavelength of 785 nm was employed for holographic imaging and Raman spectrum analysis of microplastics within a large volume of water sample. This allowed for concurrent structural and chemical quantification of the MPs (Chakraborty et al., 2023).

PREVENTION AND CONTROL OF MICROPLASTICS

Reducing the production and use of conventional plastics and microplastics is one of the most effective strategies for controlling their environmental release. Removing microplastics from aquatic ecosystems, where they often end up, is the main focus of management strategies for microplastics. Categorizing microplastic control strategies into short-term and long-term, and considering factors such as infrastructure, economic conditions, microplastic types, alternatives and public will, is critical for effective decision-making (Osman et al., 2023).

In the United States, the Microbead-Free Waters Act is primarily aimed at microplastic pollution and, by extension, pollution caused by plastic bags. This regulations bans the manufacture, packaging and distribution of rinse-off cosmetic products that microplastics.

In France, the Law on the Circular Economy has banned single-use plastics. However, microplastics are still allowed to remain used in human and veterinary medicine (Conti et al., 2021). In 2018, during the G7 (Group of 7) meeting, several countries including Germany, Italy, Canada, the UK, France, Germany and the European Union signed the 'Ocean Plastic Charter'. Among the measures proposed were ones such as ensuring that by 2030, 100 per cent of the plastic materials used will be recyclable or recoverable. Minimize the unnecessary use of single-use plastics. Encouraging the use of alternatives to plastic and promoting the use of alternatives to plastic (European Commission, 2017).

WWF-Turkey is implementing the National Zero Waste Programme, which was launched in 2017 under the leadership of the Presidency. The aim is to implement the zero-waste project across the country in 2023. According to 2017 data, Turkey ranks 12 th in the world in the production of plastic products, with exports worth \$13

million, and 9 th in the export of plastic bags. The Law on the Amendment of the Environmental Law and Certain Laws stipulates that plastic shopping bags will be subject to a fee from 1 January 2019.

Plastic producers and industrial users are obliged to recycle 54% of their production, according to the 2017 Packaging Waste Control Regulation. Turkey's target is a 40% reduction in the use of plastic bags by 2025. It aims to recycle 65% packaging and 35% other recyclable waste by 2023 (Kanlı et al., 2019).

CONCLUSION

Microplastic contamination can be in different environmental compartments, especially in the food chain. Microplastics have been found to adsorb a range of chemicals and microorganisms, increasing contamination. There are food microplastic isolation and identification methods to ensure accurate detection and quantification in different food matrices. Efforts to minimise contamination can include preventing microplastics from entering food products during manufacturing and distribution by implementing best practices in food handling, packaging and storage. In addition, the risk of contamination can be reduced through strategies such as using alternative materials for packaging and processing equipment and implementing strict quality control measures.

REFERENCES

- Akçay, S., Törnük, F. & Yetim, H. (2020). Mikroplastikler: Gıdalarda bulunuşu ve sağlık üzerine etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 530-538.
- Alberghini, L., Truant, A., Santonicola, S., Colavita, G. & Giaccone, V. (2022). Microplastics in Fish and Fishery Products and Risks for Human Health: A Review. *International journal of environmental research and public health*, 20(1), 789.
- Alomar, C., Sureda, A., Capo, X., Guijarro, B., Tejada, S. & Deudero, S. (2017). Micro-plastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. *Environmental Research*, 159, 135–142.
- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119, 12–22.
- Aydın, R. B., Yozukmaz, A., Şener, İ., Temiz, F. & Giannetto, D. (2023). Occurrence of Microplastics in Most Consumed Fruits and Vegetables from Turkey and Public Risk Assessment for Consumers. *Life (Basel, Switzerland)*, 13(8), 1686.
- Blair, R. M., Waldron, S., Phoenix, V. R. & Gauchotte-Lindsay, C. (2019). Microscopy and elemental analysis characterisation of microplastics in sediment of a freshwater urban river in Scotland, UK. *Environmental Science and Pollution Research International*, 26(12), 12491–12504.
- Boucher, J. & Friot, D. (2017). Primary microplastics in the oceans: A global evaluation of sources (Vol. 10). Gland, Switzerland: IUCN.
- Brodie, E. L., DeSantis, T. Z., Parker, J. P. M., Zubieta, I. X., Piceno, Y. M. & Andersen, G. L. (2007). Urban aerosols harbor diverse and dynamic bacterial populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (1), 299-304.
- Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V. & Uricchio, V. F. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (4), 1212.
- Caron, A. G., Thomas, C. R., Berry, K. L., Motti, C. A., Ariel, E. & Brodie, J. E. (2018). Ingestion of microplastic debris by green sea turtles (*Chelonia mydas*) in the Great Barrier Reef: Validation of a sequential extraction protocol. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 743–751.
- Chae, Y. & An, Y. J. (2018). Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: a review. *Environmental Pollution*, 240, 387–395.
- Chakraborty, I., Banik, S., Biswas, R., Yamamoto, T., Noothalapati, H. & Mazumder, N. (2022). Raman spectroscopy for microplastic detection in water sources: a systematic review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20.
- Chen, G., Feng, Q. & Wang, J. (2020). Mini-review of microplastics in the atmosphere and their risks to humans. *Science of the Total Environment*, 703, 135504.
- Conti, I., Simioni, C., Varano, G., Brenna, C., Costanzi, E. & Neri, L. M. (2021). Legislation to limit environmental plastic and microplastic pollution

- and their influence on human exposure. *Environmental Pollution*, 288, 117708.
- Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F. & Dudas, S. E. (2019). Human consumption of microplastics. *Environmental Science & Technology*, 53, 7068–7074.
- Çakmak, Ö. & Acaröz, U. (2021). Su kaynaklarında mikroplastiklerin varlığı ve insan sağlığı açısından önemi. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 12 (2), 79-88.
- Derraik, J. G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842–852.
- Díaz Basantes, M., Conesa, J. A. & Fullana, A. (2020). Microplastics in honey, beer, milk, and refreshments in Ecuador as emerging contaminants. *Sustainability*, 12(14), 5514.
- Ding, J., Sun, C., He, C., Li, J., Ju, P. & Li, F. (2021). Microplastics in four bivalve species and basis for using bivalves as bioindicators of microplastic pollution. *Science of The Total Environment*, 782, 146830.
- Domenech, J. & Marcos, R. (2021). Pathways of human exposure to microplastics, and estimation of the total burden. *Current Opinion in Food Science*, 39, 144-151.
- Du, F., Cai, H., Zhang, Q., Chen, Q. & Shi, H. (2020). Microplastics in take-out food containers. *Journal of Hazardous Materials*, 399, 122969.
- Duis, K. & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, 28, 1–25.
- Enyoh, C. E., Verla, A. W., Verla, E. N., Ibe, F. C. & Amaobi, C. E. (2019). Airborne microplastics: A review study on method for analysis, occurrence, movement and risks. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191 (10), 668.
- Esmeray, E. & Armutcu, C. (2020). Mikroplastikler, çevre-insan sağlığı üzerine etkileri ve analiz yöntemleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8 (1), 839-868.
- Fadare, O. O. & Okoffo, E. D. (2020). Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment. *Science of the Total Environment*, 737, 140279.
- Frias, J. P. & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145–147.
- Gambino, I., Bagordo, F., Grassi, T., Panico, A. & De Donno, A. (2022). Occurrence of Microplastics in Tap and Bottled Water: Current Knowledge. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5283.
- Good, T. P., June, J. A., Etnier, M. A. & Broadhurst, G. (2010). Derelict fishing nets in Puget Sound and the Northwest Straits: Patterns and threats to marine fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 39–50.
- Guerranti, C., Martellini, T., Perra, G., Scopetani, C. & Cincinelli, A. (2019). Microplastics in cosmetics: Environmental issues and needs for global bans. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 68, 75–79.
- Hipfner, J. M., Galbraith, M., Tucker, S., Studholme, K. R., Domalik, A. D., Pearson, S. F., Good, T. P., Ross, P. S. & Hodum, P. (2018). Two forage fishes as potential conduits for the vertical transfer of microfibrils in Northeastern Pacific Ocean food webs. *Environmental Pollution*, 239, 215–222.
- Hoellein, T., Rojas, M., Pink, A., Gasior, J. & Kelly, J. (2014). Anthropogenic litter in urban freshwater ecosystems: Distribution and microbial interactions. *PLoS One*, 9, e98485.
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E. & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, 586, 127-141.
- Hou, L., Kumar, D., Yoo, C. G., Gitsov, I. & Majumder, E. L. W. (2021). Conversion and removal strategies for microplastics in wastewater treatment plants and landfills. *Chemical Engineering Journal*, 406, 126715.
- Imhof, H. K., Laforsch, C., Wiesheu, A. C., Schmid, J., Anger, P. M., Niessner, R. & Ivleva, N. P. (2016). Pigments and plastic in limnetic ecosystems: A qualitative and quantitative study on microparticles of different size classes. *Water*

- Research*, 98, 64-74.
- Ivleva, N. P., Wiesheu, A. C., & Niessner, R. (2017). Microplastic in aquatic ecosystems. *Angewandte Chemie International Edition*, 56 (7), 1720-1739.
- Jeong, C. B., Kang, H. M., Lee, M. C., et al. (2017). Adverse effects of microplastics and oxidative stress-induced MAPK/Nrf2 pathway-mediated defense mechanisms in the marine copepod *Paracyclops nana*. *Scientific Reports*, 7, 41323.
- Kanlı, İ. & Kurt, Y. (2019). Türkiye'nin Çevre Politikaları Kapsamında Mikroplastik Kirlilik Üzerine Bir Değerlendirme. *Journal of International Scientific Researches*. 495-514.
- Karbalaei, S., Golieskardi, A., Hamzah, H. B., Abdulwahid, S., Hanachi, P., Walker, T. R. & Karami, A. (2019). Abundance and characteristics of microplastics in commercial marine fish from Malaysia. *Marine Pollution Bulletin*, 148, 5–15.
- Kedzierski, M., Lechat, B., Sire, O., Le Maguer, G., Le Tilly, V. & Bruzaud, S. (2020). Microplastic contamination of packaged meat: Occurrence and associated risks. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100489.
- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I. & Shruti, V. C. (2020). Branded milks- Are they immune from microplastics contamination. *The Science of the total environment*, 714, 136823.
- Leslie, H. A., Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J. & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163, 107199.
- Li, J., Liu, H., & Paul Chen, J. (2018a). Microplastics in freshwater systems: a review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 137, 362–374.
- Li, J., Zhang, K. & Zhang, H. (2018). Adsorption of antibiotics on microplastics. *Environmental Pollution*, 237, 460–467.
- Li, L., Luo, Y., Li, R., Zhou, Q., Peijnenburg, W. J. G. M., Yin, N., Yang, J., Tu, C. & Zhang, Y. (2020). Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. *Nature Sustainability*, 3 (11), 929–937.
- Liebezeit, G. & Liebezeit, E. (2013). Non-pollen particulates in honey and sugar. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30 (12), 2136-2140.
- Löder, M. G. J. & Gerdts, G. (2015). Methodology Used for the Detection and Identification of Microplastics—A Critical Appraisal. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 201-227). Springer.
- Makhdoumi, P., Pirsahab, M., Amin, A. A., Kianpour, S. & Hossini, H. (2023). Microplastic pollution in table salt and sugar: Occurrence, qualification and quantification and risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, 119, 105261.
- Matsuguma, Y., Takada, H., Kumata, H., Kanke, H., Sakurai, S., Suzuki, T., Itoh, M., Okazaki, Y., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Weerts, S. & Newman, B. (2017). Microplastics in sediment cores from Asia and Africa as indicators of temporal trends in plastic pollution. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 73, 230–239.
- Müller, A., Becker, R., Dorgerloh, U., Simon, F. G. & Braun, U. (2018). The effect of polymer aging on the uptake of fuel aromatics and ethers by microplastics. *Environmental Pollution*, 240, 639-646.
- Naji, A., Esmaili, Z. & Khan, F. R. (2017). Plastic debris and microplastics along the beaches of the Strait of Hormuz, Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 114, 1057–1062.
- Novotna, K., Cermakova, L., Pivokonska, L., Cajthaml, T. & Pivokonsky, M. (2019). Microplastics in drinking water treatment – Current knowledge and research needs. *Science of The Total Environment*, 667, 730-740.
- Osman, A. I., Farrell, C., Al-Muhtaseb, A. H., Al-Fatesh, A. S., Harrison, J. & Rooney, D. W. (2020). Pyrolysis kinetic modelling of abundant plastic waste (PET) and in-situ emission monitoring. *Environmental Sciences Europe*, 32, 112.
- Osman, A. I., Hosny, M., Eltaweil, A. S., Omar, S., Elgarahy, A. M., Farghali, M., Yap, P-S., Wu, Y-S., Nagandran, S., Batumalaie, K., Gopinath, S. C. B., John, O. D., Sekar, M., Saikia, T., Karunanithi, P., Hatta, M. H. M. & Akinyede,

- K. A. (2023). Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(4), 2129-2169.
- Oßmann, B. E., Sarau, G., Holtmannspötter, H., Pischetsrieder, M., Christiansen, S. H. & Dicke, W. (2018). Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Research*, 141, 307-316.
- Peixoto, D., Pinheiro, C., Amorim, J., Oliva-Teles, L., Guilhermino, L. & Vieira, M. N. (2019). Microplastic pollution in commercial salt for human consumption: A review. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 219, 161-168.
- Pennino, M. G., Bachiller, E., Lloret-Lloret, E., Albo-Puigserver, M., Esteban, A., Jadaud, A., Bellido, J. M. & Coll, M. (2020). Ingestion of microplastics and occurrence of parasite association in Mediterranean anchovy and sardine. *Marine Pollution Bulletin*, 158, 111399.
- Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T. & Janda, V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of The Total Environment*, 643, 1644-1651.
- Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C. & Rocha-Santos, T. (2020). Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Science of the Total Environment*, 702, 134455.
- Qasim, U., Osman, A. I., Al-Muhtaseb, A. H., Farrell, C., Al-Abri, M., Ali, M., Vo, D. N., Jamil, F. & Rooney, D. W. (2020). Renewable cellulosic nanocomposites for food packaging to avoid fossil fuel plastic pollution: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 613-641.
- Renner, G., Schmidt, T. C. & Schram, J. (2018). Analytical methodologies for monitoring micro(nano) plastics: Which are fit for purpose? *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 55-61.
- Rillig, M. C., Ziersch, L. & Hempel, S. (2017). Microplastic transport in soil by earthworms. *Scientific Reports*, 7 (1), 1362.
- Rist, S., Almroth, B. C., Hartmann, N. B. & Karlsson, T. M. (2018). A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics. *Science of The Total Environment*, 626, 720-726.
- Rochman, C. M. (2018). Microplastics research—from sink to source. *Science*, 360, 28-29.
- Schwaferts, C., Niessner, R., Elsner, M. & Ivleva, N. P. (2019). Methods for the analysis of submicrometer- and nanoplastic particles in the environment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 112, 52-65.
- Sharma, S. & Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: A short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(25), 21530-21547.
- Sridhar, A., Kannan, D., Kapoor, A. & Prabhakar, S. (2022). Extraction and detection methods of microplastics in food and marine systems: A critical review. *Chemosphere*, 286 (Part 1), 131653.
- Tan, H., Yue, T., Xu, Y., Zhao, J. & Xing, B. (2020). Microplastics Reduce Lipid Digestion in Simulated Human Gastrointestinal System. *Environmental Science & Technology*, 54(19), 12285-12294.
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D. & Russell, A. E. (2004) Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 304, 838-838.
- Tickner, J., Rossi, M., Haiama, N., Lappe, M. & Hunt, P. (1999). The use of di-2-ethylhexyl phthalate in PVC medical devices: Exposure, toxicity, and alternatives. Lowell Center for Sustainable Production, University of Massachusetts, Lowell, 72.
- Vethaak, A. D. & Legler, J. (2021). Microplastics and human health. *Science*, 371 (6530), 672-674.
- Wang, C., Zhao, J. & Xing, B. (2021). Environmental source, fate, and toxicity of microplastics. *Journal of Hazardous Materials*, 407, 124357.
- Wang, T., Zou, X., Li, B., Yao, Y., Zang, Z., Li, Y., Yu, W. & Wang, W. (2019). Preliminary study of the source apportionment and diversity of microplastics: taking floating microplastics in the South China Sea as an example. *Environmental Pollution*, 245, 965-974.
- Wang, W., Ndungu, A. W., Li, Z. & Wang, J. (2017). Microplastics pollution in inland freshwaters of

- China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Science of The Total Environment*, 575, 1369–1374.
- World Health Organization (2019). *Microplastics in Drinking-water* (Geneva. License: CCBY-NC-SA 3.0 IGO).
- Xiang, Y., Jiang, L., Zhou, Y., Luo, Z., Zhi, D., Yang, J. & Lam, S. S. (2022). Microplastics and environmental pollutants: key interaction and toxicology in aquatic and soil environments. *Journal of Hazardous Materials*, 422, 126843.
- Yang, Z., Lü, F., Zhang, H., Wang, W., Shao, L., Ye, J. & He, P. (2021). Is incineration the terminator of plastics and microplastics? *Journal of Hazardous Materials* 401, 123429.
- Yurtsever, M., Kaya, A. T. & Bayraktar, S. Ç. (2018). A Research on Microplastic Presence in Outdoor Air. In M. Cocca, E. Di Pace, M. Errico, G. Gentile, A. Montarsolo, & R. Mossotti (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Microplastic Pollution in the Mediterranean Sea* (pp. 159-167). Springer Water. Springer, Cham.