
AKADEMİK PERSPEKTİFTEN ZOOTEKNİ

Editör: Doç.Dr.Ali İhsan ATALAY



yaz
yayınları

Akademik Perspektiften Zootekni

Editör

Doç.Dr. Ali İhsan ATALAY

yaz
yayınları

2025

Akademik Perspektiften Zootečni

Editör: Doç.Dr. Ali İhsan ATALAY

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-5838-35-3

Haziran 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Arı Islahının Prensipleri ve Zorlukları	1
<i>Görkem YANIK</i>	
Mycotoxin Control in Poultry Feeds	28
<i>Yunus Emre BOGA, Ali KEPEZKAYA</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

ARI ISLAHININ PRENSİPLERİ VE ZORLUKLARI

Görkem YANIK¹

1. GİRİŞ

Günümüzde 20 binin üzerinde türü tanımlanmış olan arılar, doğal ekosistemlerin işleyişi, biyolojik çeşitliliğin korunması ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahip olan böceklerdir. Özellikle farklı ekolojik koşullarda yaşayabilen bal arıları (*Apis mellifera* L.), morfolojik, fizyolojik ve davranış özellikleri bakımından geniş bir varyasyon göstermektedir. Bu varyasyon birbirinden farklı ırklar ve bu ırklar içerisinde çeşitli ekotiplerin oluşmasına olanak sağlamaktadır. Küresel çapta tarım ürünlerinin yaklaşık %75'inin tozlaşmasında rol oynayan bal arıları, meyve, sebze ve yağlı tohum üretimi gibi ekonomik ve stratejik öneme sahip bitkilerde tozlaştırıcı vektör olarak görev yaparak ürün verimi ve kalitesini doğrudan etkilemektedir (Klein ve ark., 2007; Aizen ve ark., 2009).

Arıcılık hem bal, balmumu, polen, propolis ve arı sütü gibi ürünleri üreten hem de tarımsal üretimin verimliliğini artırarak ekosistem hizmetleri sağlayan özgün bir tarımsal faaliyettir. Diğer tarımsal faaliyetlerden farklı olarak, toprak kullanımına bağlı olmadan gerçekleştirilebilmesi, küçük ölçekli işletmeler için düşük başlangıç maliyetleri sunması ve geniş coğrafi alanlarda uygulanabilmesi, biyolojik çeşitliliği koruması ve iklim değişikliğine karşı sürdürülebilir tarım sistemlerinin oluşturulmasına yardımcı olması gibi özelliklere sahiptir

¹ Arş. Gör., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni, gorkemyanik@isparta.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4616-1283.

(Bradbear, 2009). Ancak, son yıllarda arıcılık sektörü iklim değişikliği, habitat kaybı, yoğun pestisit kullanımı, mono-kültürel tarım uygulamaları, hastalık ve parazitler gibi kolonilerin sağlığı ve verimliliğini tehdit eden unsurlarla karşı karşıyadır (vanEngelsdorp ve Meixner, 2010; Goulson ve ark., 2015). Bahsi geçen unsurların tek başına veya kümülatif etkileri küresel çapta ciddi koloni kayıplarının yaşanmasına sebep olmaktadır. Büyük bir kısmı insan kaynaklı olarak ortaya çıkan bu kriz durumu arıcılık uygulamalarının yeniden değerlendirilmesini ve özellikle arı ıslahı çalışmalarının öncelik kazanmasını gerekli kılmaktadır.

Islah, tarihsel olarak insanlar tarafından evcilleştirilmiş hayvan ve kültüre alınmış bitki türlerinde arzu edilen fenotipik özelliklerin geliştirilmesi amacıyla uygulanan en eski biyoteknolojik yöntemlerden birisidir. Buna karşın, arı ıslahı uygulamalarına ait ilk bilimsel çalışmalar 20. yüzyılın sonlarında ortaya konulmuştur (Winston, 1987; Laidlaw ve Page, 1997). Bunun temel nedenleri arasında bal arısının karmaşık sosyal yapısı, doğal çiftleşme süreçlerinin kontrol edilememesi ve genetik analiz araçlarının sınırlı olması yer almaktadır. Arı ıslahı, *A. mellifera* L. kolonilerinin genetik yapısının, arıcılık faaliyetlerinin verimliliğini, sürdürülebilirliğini ve kolonilerin hastalıklar ve patojenlere karşı dirençlerini, değişen çevre koşullarına adaptasyon yeteneklerini bilimsel yöntemlerle geliştirmeyi amaçlayan önemli bir disiplin olarak ifade edilmektedir (Kösoğlu ve ark., 2021). Antik Mısır'daki ilkel kovanlardan İngiltere'deki Buckfast arısının geliştirilmesine kadar uzanan ıslah çalışmaları, hırçınlık davranışın azaltılması, bal veriminin artırılması, oğul verme eğiliminin düşürülmesi gibi ticari açıdan önemli birçok özelliğin geliştirilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Ancak, son yıllarda artan koloni kayıpları nedeniyle söz konusu hastalık ve zararlılara dirençli olabilecek genetik çeşitliliğe sahip olma ve uygun davranış özellikleri sergileyebilmeleri gibi özellikler göz önüne alınarak yapılan ıslah

alışmaları ağırlık kazanmıştır (Spivak ve Reuter, 2001; Villa ve ark., 2008; Kovačić ve ark., 2020).

Arı ıslahı belirlenen hedeflere ulaşmada stratejik bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut koşullarda geleneksel arıcılık uygulamaları yetersiz kalmakta iken modern arıcılıkta genetik temelli sürdürülebilir çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde arı ıslahı moleküler genetik araçlar, yapay tohumlama teknikleri ve uyarlanabilen yetiştirme programları sayesinde kontrollü ve bilimsel temellere dayalı şekilde yürütülebilmektedir. Arı ıslahında modern bilimsel teknikler kullanılarak hem ekonomik hem de ekolojik sürdürülebilirliğe katkı sağlanmaktadır (Spötter ve ark., 2012; Harpur ve ark., 2012). Bu bağlamda, arı ıslahı yalnızca üretim verimliliğini artırma değil, aynı zamanda kolonilerin hastalık ve çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığını iyileştirme açısından stratejik bir öncelik haline gelmiştir. Bu çalışmada, bal arısı ıslahının temel ilkelerini, uygulamada kullanılan yöntemleri, karşılaşılan zorlukları ve arıcılık üzerine etkilerini güncel literatür ışığında kapsamlı şekilde ele alınması amaçlanmıştır.

2. ARI ISLAHININ TEMEL İLKELERİ

Zarakanatlılar takımında yer alan bal arıları (*Apis mellifera* L.) eşsiz bir üreme sistemi olan haplodiploid yapıya sahiptir. Bu sistemde, döllenmiş yumurtalardan diploid dişiler (ana arı ve işçi arı) gelişirken, döllenmemiş yumurtalardan haploid erkekler (partenogenez) meydana gelmektedir. Dişi arılar, her ebeveynden bir set olmak üzere 32 kromozoma, erkek arılar yalnızca ana arıdan aldıkları 16 kromozoma sahiptir. *A. mellifera* L. ıslahı, tek bir diploid ana arının birden fazla (yaklaşık 10-25) haploid erkek arı ile çiftleştiği karmaşık üreme biyolojisiyle karakterize bir yapıya sahiptir (Meixner ve ark., 2014). Bu üreme stratejisi koloni içerisinde önemli genetik çeşitliliğe yol açmaktadır. Çoğu

hayvancılık ıslah uygulamalarında bireysel performans özelliklerinin oldukça basit bir şekilde değerlendirilebilmesinin aksine, arı ıslahında kolonilerin performansının hem ana arı genetiği hem de birden fazla erkek arının katkılarıyla oluşan süperorganizma yapının kolektif davranışlarına odaklanmak zorunludur. Poliandri üreme stratejisi bal verimi, hastalık ve parazit direnci, davranışsal özellikler gibi ekonomik açıdan önemli özellikler için ıslah çalışmaları yapılırken hem avantajlar hem de zorluklar ortaya çıkarmaktadır (Plate ve ark., 2019). Ekonomik açıdan önemli özelliklerin çoğu kantitatif karakterdir ve birden fazla gen ve çevresel faktör tarafından etkilenmektedir. Bu özellikler ırklar arasında farklılık gösterdiği gibi, aynı ırktan aynı arılıkta bulunan koloniler arasında bile farklılık görülebilmektedir.

Doğal seleksiyonla oluşmuş bir popülasyon üstün genetik karakterlere sahip olsa bile bunun ortaya çıkması çevre faktörlerine bağlıdır. Doğadaki nektar bolluğunun bal verimini etkileyeceğini, ancak tek sorumlusu olamayacağı belirtilmiş olup, bal veriminin %75'inin makro ve mikro faktörler, %25'inin ise genetik yapı tarafından kontrol edildiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Güler, 2006). Bu durum, genetiğin yanı sıra bazı koloni performans özelliklerini etkileyen çevresel faktörlerin de ıslah uygulamalarının verimliliğini optimize etmek için göz önünde bulundurulması gerekliliğini net bir şekilde ortaya koymaktadır.

2.1. Genetik Çeşitlilik

Bal arıları gibi sosyal arı türlerinde genetik çeşitlilik, ana arıların çok eşli çiftleşme davranışı (poliandri) sayesinde koloniler içerisinde geniş bir patrilineal varyasyonun oluşmasını sağlar. Patrilineal, ana arının çok sayıda erkek arıyla çiftleşmesi sonucu, kolonide farklı baba soylarından (patriline) gelen işçi arıların genetik çeşitliliğini ifade eden terimdir. Her bir baba arı,

dölllenmiş yumurtalara (diploid) kendi genetik katkısını yapar ve buda kolonide genetik olarak birbirlerinden farklı işçi arı gruplarının (patrilinlerin= alt aile grupları) oluşmasına olanak sağlar. Koloni içerisinde %75 benzerlik gösteren süper kız kardeşler, %50 benzerlik gösteren öz kız kardeşler ve %25 benzerlik gösteren üvey kız kardeşler bir arada bulunmaktadır. Ana arının hem aynı hem de farklı kolonilerden gelen birden çok erkek arıyla çiftleştiği bir senaryoda; aynı babadan olan işçi arılar kendi aralarında süper kız kardeşler, kardeş erkek arılardan olan işçi arılar öz kız kardeşler, akraba olmayan erkek arılardan olan işçi arılar ise üvey kızkardeşler olarak adlandırılır (Harbo ve Rinderer, 1980; Güler, 2017). Kolonilerdeki bu genetik çeşitlilik, işçi arılar arasında fenotipik ve davranışsal varyasyonlara yol açmaktadır. Kolonilerin sahip olduğu bu genetik mozaik, popülasyon sağlığı ve koloni dayanıklılığını belirleyici hayati bir unsurdur. Genetik çeşitlilik sosyal termoregülasyon, hastalıklara karşı direnç, patojen savunması ve çevresel değişkenliklere karşı adaptasyon gibi birçok özelliikte plastilite sağlayarak koloni düzeyinde hayatta kalma yeteneğinin temelini oluşturmaktadır (Desai ve Currie, 2015; Lelania ve Lorraine, 2017; Frunze ve ark., 2021).

Bal arıları, parazitlerle ve patojenlerle savaşmak için hem doğuştan gelen bağışıklık hem de sosyal bağışıklık davranışlarına sahiptirler. Ancak bağışıklık gen repertuarları tek başına yaşayan böceklerle kıyasla daha sınırlı iken, koloni içerisindeki genetik çeşitlilik hastalık ve patojenlere karşı kümülatif bir direnç göstermelerine olanak sağlamaktadır. Düşük genetik çeşitliliğe sahip kolonilerin düşük davranışsal esnekliğe sahip olmaları sebebiyle patojenlere karşı daha duyarlı hale geldikleri ve bunun koloni sağlığını ve sürdürülebilirliğini olumsuz etkilediği belirtilmektedir (Tarpay ve Seeley, 2006; Nino ve Jasper, 2015). Genetik çeşitliliğin yüksek olduğu koloniler ise viral enfeksiyonlara, bakteri kaynaklı hastalıklara ve parazitlere karşı

daha fazla direnç gösterebilmektedir. Bunun nedeni farklı bağışıklık genotiplerine sahip bireylerin bir arada bulunması olarak ifade edilmiştir (Seeley ve Tarpy, 2007). Kolonilerin sahip olduğu genetik yapı, yerel iklimler, flora yapısı, hastalık ve patojen etkenlerinin baskılarına adaptasyon gibi süreçlerden de etkilenmektedir (Guichard ve ark., 2023). Ayrıca, yerel adaptasyon sağlamış popülasyonların korunması da genetik çeşitliliğin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Bu nedenle, başarılı ıslah programları genetik çeşitliliği koruma ve geliştirme stratejilerini içerisinde barındırmak zorundadır.

2.2. Ekolojik ve Biyolojik Faktörler

Islah uygulamalarının başarısı, genetik potansiyelin değerlendirilmesiyle sınırlı olmayıp aynı zamanda ekolojik ve biyolojik faktörlerin doğru yönetilmesine de bağlıdır. Ekolojik faktörler arasında habitat, iklim koşulları, besin kaynağının kalitesi ve mevcudiyeti, pestisit maruziyeti ve bölgesel yönetim uygulamaları yer almaktadır. Buna paralel olarak biyolojik faktörler, ana arı ve işçi arı genetiği, üreme özellikleri, hastalık direnci (hijyen davranışı ve parazit toleransı) ve çiftleşme sistemlerinin sonuçlarından oluşmaktadır. Bu iki faktör birbirine bağlıdır. Ekolojik koşullar koloni gelişimini ve genetik özelliklerin ifadesini etkilerken, kalıtsal biyolojik özellikler arıların çevresel kaynaklardan nasıl yararlandığını ve stres faktörleriyle nasıl başa çıktığını belirlemektedir (Lozier ve Zayed, 2017).

Kolonilerin gelişim performansları habitat kaybı, pestisit maruziyeti, iklim değişikliği gibi ekolojik faktörler tarafından doğrudan etkilenmekte, genetik potansiyelin tam olarak açığa çıkmasını engelleyebilmektedir (Goulson ve ark., 2015; Alaux ve ark., 2019). Özellikle iklim değişikliği, çiçeklenme dönemleriyle arıların aktivite periyotları arasında zamanlama uyumsuzlukları yaratarak tozlaşma verimliliğini düşürmekte, kışlama başarılarını

ve çiftleşme döngülerini değiştirerek ıslah süreçlerinde öngörülemeyen riskler oluşturabilmektedir (Kerr ve ark., 2015). İklim koşullarıyla ilgili yapılan çalışmalarda, aşırı derecede sıcak koşullar veya kuraklık yaşanan arılıklarda, işçi arıların yetersiz besin kaynağı nedeniyle strese girdiğini ve enfeksiyonlara karşı savunmasız hale geldiklerini, yüksek rakımlara çıkıldıkça veya çeşitli topografyaya sahip bölgelerde bulunan arılıklarda ise işçi arıların parazit yüklerini azaltabildiği ifade edilmektedir (Nino ve Jasper, 2015). Ek olarak, yoğun pestisit kullanımı ve mono-kültür temelli habitatlardan kaynaklanan insan temelli ekolojik faaliyetlerin etkisiyle balmumunda biriken pestisit kalıntılarının, arılarda immünosüpresyona ve artan viral replikasyonlara yol açtığı ve önemli koloni kayıplarına sebep olduğu bildirilmektedir (Usta ve Yıldırım, 2020). Kolonilere uygun çevresel koşulların sağlanması amacıyla arılık yer seçimi ve yetiştirme programlarının planlanması sırasında ekolojik faktörlerin dikkatli değerlendirilmesi gerekmektedir. Ekolojik stres faktörleriyle baş edebilme kapasitesi yüksek olan kolonilerin seçimi ıslah programlarının öncelikli hedefleri arasında yer almalıdır (Lin ve ark., 2024).

Biyolojik faktörler ise koloni performansını belirleyen kalıtsal, fizyolojik ve davranışsal özellikleri kapsamaktadır. Islah programlarında biyolojik odak nokta ana arı kalitesidir. Ana arı kalitesi vücut ağırlığı, toraks genişliği ve spermatheca büyüklüğü gibi morfometrik ve üreme parametreleriyle belirlenmektedir. Çalışmalar, bu temel fiziksel özelliklere göre değerlendirilen yüksek kaliteli ana arıların koloni üretkenliği, gelişmiş yavru üretimi ve işçi arılar tarafından kabul görmesi ile pozitif korelasyon gösterdiğini belirtmektedir (Öztürk, 2014). Ek olarak, spermatheca'da depolanan sperm sayısı ve ovaryum gelişimi, ana arının yumurta bırakmayı sürdürmesi gibi üreme özellikleri ile koloni dayanıklılığını etkileme potansiyelini anlamak için kritik öneme sahiptir (Uzunov ve ark., 2017). Özellikle parazit ve

patojenlerine karşı genetik direncin büyük ölçüde belirleyicisi biyolojik faktörlerdir. Bireysel arı düzeyindeki genel fizyolojiyi etkileyen beslenme yetersizliği, hastalık etmenlerine karşı duyarlılığının ortaya çıkmasına katkıda bulunmaktadır (Lin ve ark., 2024). Bu durum hem koloni düzeyindeki davranışsal özelliklerin hem de bireysel fizyolojinin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca arıların çiftleşme davranışları ve gen akışı da ıslah çalışmaları üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Bal arılarının doğal çiftleşme davranışı, kontrolsüz gen karışımına neden olup ıslah çalışmalarının etkililiğinin azalmasına sebep olabilmektedir. Bu nedenle izole çiftleşme bölgeleri, yapay tohumlama ve kontrollü damızlık yönetimi gibi tekniklerin kullanımı giderek daha fazla önem kazanmaktadır (De la Rúa, 2009; Cobey ve ark., 2013). Sonuç olarak, arı ıslah programları oluşturulurken genetik seçimin yanı sıra çevresel değişkenler, patojen baskısı, iklimsel riskler ve davranışsal biyoloji gibi çok yönlü faktörlerin birlikte ele alınması gerekliliği göz ardı edilemez bir gerçektir.

3. ARI ISLAHINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Arıcılıkta ıslah, bal arısı popülasyonlarının genetik yapısını optimize etmek ve arzu edilen fenotipik özelliklerin nesiller boyunca aktarımını sağlamak amacıyla uygulanan çok yönlü bir süreçtir. Bu süreç geleneksel fenotip güdümlü yöntemlerden gelişerek genomik seleksiyon yaklaşımlarına doğru evrimleşmiştir (Kaskinova ve ark., 2023). Islah çalışmalarında uzun yıllar boyunca fenotipik seçime dayalı geleneksel yöntemler uygulanmıştır. Geleneksel ıslah yöntemleri uzun süredir bal verimi, davranışsal özellikler ve *Varroa destructor* parazitine karşı direnç gibi fenotipik özelliklere dayalı olarak kolonilerin doğrudan gözlemlenmesine ve seleksiyonuna dayanmaktadır. Saha koşullarında kolonileri değerlendirmek için

standartlaştırılmış protokoller ve performans testleri geliştirilmiş ve başlangıçta oldukça ilkel olan seleksiyon uygulamaları kademeli olarak iyileştirilmiştir (Büchler ve ark., 2013). Bu yöntemler kullanılarak koloni düzeyinde kısa vadeli iyileşmeler sağlanabilmektedir. Doğal çiftleşme kontrolünün zorluğu, çevresel faktörlerin etkisi ve uzun süre gözlemlerin gerekliliği gibi nedenlerle genetik ilerleme açısından sınırlı bir başarı sağlamaktadır (Guichard ve ark., 2020). Günümüzde bu eksiklikleri gidermek amacıyla geleneksel seleksiyon yöntemlerine ek olarak, modern arı ıslahında moleküler genetik araçların kullanımı giderek artmaktadır. Bu modern yaklaşımlar, klasik yöntemlerle birleştirildiğinde, hem koloni sağlığı ve verimliliğini arttırmada hem de çevresel stres faktörlerine karşı daha dirençli arı hatlarının geliştirilmesine önemli katkılar sağlayabilmektedir (Bekić ve ark., 2015). Marker destekli seleksiyon, genomik seleksiyon, melezleme ve yapay tohumlama gibi teknikler hem genetik ilerlemeyi hızlandırmakta hem de istenilen özelliklerin daha güvenilir şekilde aktarılmasını mümkün kılmaktadır (Harpur ve ark., 2012; Parejo ve ark., 2020). Bu bölümde, bal arısı ıslahında kullanılan yöntemler dört temel başlıkta ele alınmıştır.

3.1. Geleneksel Islah Uygulamaları

Bal arılarında (*Apis mellifera* L.) yürütülen geleneksel ıslah uygulamaları, genellikle kolonilerin fenotipik performansına dayalı olarak yapılan seleksiyonları kapsamaktadır. Bal verimi, hijyen davranışı, sakinlik gibi özellikler üzerinden yapılan bu değerlendirmeler çoğunlukla kitlesel veya pedigrî temelli seçim biçiminde yürütülmektedir. Ancak, bal arılarının koloni düzeyinde değerlendirilen süperorganizmalar olması, bu yöntemlerin doğrudan birey bazlı türlerdeki kadar etkin olmasını sınırlandırmaktadır (Büchler ve ark., 2013; Guichard ve ark., 2023).

Kitlesel seleksiyon çalışmaları, koloni performansını tanımlayan gözlemlenebilir (bal verimi, uysallık, hijyen davranışı, oğul verme eğilimi vb.) özelliklere dayanarak yapılmaktadır. Örneğin, kolonilerin bal verimleri ya da parazitlere karşı hijyen davranış seviyeleri belirlenerek en yüksek performans gösteren koloniler ana arı kaynağı olarak seçilebilmektedir. Öte yandan pedigree seleksiyonu, geçmiş performans verilerini ve çiftleşme sonuçlarını dikkate alarak belirli özelliklerin aktarımını izlemek için soy kütüğü kayıtlarının kullanıldığı yöntemdir. Her bir bireyin kendi performansı ile akrabalık ilişkileri (ebeveyn, kardeş, kızı) dikkate alınarak genetik değeri tahmin edilir. Örneğin, bir ana arının ürettiği kızlarının oluşturduğu kolonilerin yüksek performanslı olması, o ana arının yüksek ıslah değerine sahip olduğunu göstermektedir. Böylece gelecek kuşaklarda kullanılacak ana arıların seçiminde hem kendi fenotipik performanslarına hem de soy kütüğündeki akrabalarının performanslarına bakılarak ana arı seçimi yapılmaktadır. Bu yöntemlerin kalıtım düzeyi düşük olan özelliklerde kullanımının etkinliği, öznel değerlendirme ve bal arılarının genetik ve sosyal yapısının karmaşıklığı nedeniyle sınırlıdır (Guichard ve ark., 2020). Ek olarak, genetik sapma ve makro - mikro çevresel faktörler bu tip ıslah çalışması sonuçlarını büyük oranda etkilemektedir. Bal arılarının genetik ve sosyal yapısının karmaşıklığı nedeniyle bu uygulamalar oldukça yoğun emek ve uzun süre almaktadır.

3.2. Yapay Tohumlama ve İzole Çiftleştirme Bölgeleri

Bal arılarının kendine özgü çiftleşme davranışı, doğru genetik seçimlerin yapılabilmesi ve istenilmeyen genetik özelliklerin seyreltilmesi amacıyla kontrollü çiftleşme stratejisi olarak yapay tohumlama ve izole çiftleştirme bölgeleri yöntemleri kullanılmaktadır. İzole çiftleştirme bölgeleri, doğal engellerle çevrili ya da insan müdahalesiyle izole edilmiş coğrafi alanlarda kurulan çiftleştirme istasyonları olarak ifade edilir

(Koeniger ve Koeniger; 2000). Sadece seçilmiş erkek arı kolonilerinin bulunduğu bu alanlara ana arılar çiftleşme için götürülür. Bu yöntem, istenmeyen genetik karışım riskini en aza indirerek hedeflenen genetik yapıların korunmasını sağlayabilmektedir. Ancak ıslah uygulamalarında kullanılacak yeterli sayıda ve coğrafi dağılımda izole çiftleştirme bölgesi oluşturmak çok güçtür (Uzunov ve ark., 2022).

Yapay tohumlama, teknik zorluklara ve uzmanlık gereksinimlerine rağmen kontrollü çiftleşme sağlamak için yaygın kullanılan bir yöntemdir (Collins, 2004). Özellikle ABD’de 1970’li yıllarda başlayan ve 1980’li yıllarda ilerleyen çalışmalar günümüzde ülkemizde de aktif kullanılmaktadır (Cobey, 2007). Bu teknik sayesinde erkek ve ana arıların genetik materyalleri kontrollü olarak birleştirilerek genetik geçişleri yönlendirme ve istenmeyen gen akışını popülasyonlarda sınırlama imkânı sunmaktadır (Özkök ve Selçuk, 2020; Du ve ark., 2023). Bu yaklaşımla, ıslah çalışmalarında istenen genetik bileşimin sürdürülebilmesi, yerel ya da saf hatların korunması sağlanabilmektedir. Ek olarak, yapay tohumlama erkek arıların katkısının tam olarak kontrol edilmesi ile belirli özelliklerin nasıl kalıtım gösterdiğini araştırmak için akraba hatlarının oluşturulmasına da imkân tanıyan bir yöntemdir (Du ve ark., 2024).

Her iki yönteminde uygulaması bazı zorluklar içermesine rağmen, ana ve baba hatlarının genetik etkilerinin daha doğru biçimde yönlendirilmesini sağlamaları ve özellikle yüksek performanslı hatların geliştirilmesi ve korunmasında başarılı olabilecek ıslah programlarının oluşturulmasında vazgeçilmez araçlardır.

3.3. Melezleme (Hibritleştirme)

Arı ıslahında melezleme, her soydan arzu edilen özellikleri birleştirmek için farklı alt türlerin veya ırkların

çaprazlanması anlamına gelmektedir. Melezleme çalışmalarının bilimsel temelleri, Gregor Mendel'in 19. yüzyıl ortalarındaki genetik prensipleri ortaya koyan çalışmalarına dayanmaktadır. Arıcılıkta ise yüksek üretkenlik, hastalık direnci ve uygun mizaç gibi özelliklerin başarıyla birleştirildiği Buckfast arısının geliştirilmesi ilk başarılı melezleme çalışması örneğidir (Maucourt ve ark., 2020). Günümüzde melezleme çalışmaları ile yerel ekotiplere adaptasyonu yüksek hatları daha verimli veya hastalık ve parazitlere dirençli hatlarla çaprazlayarak hibrit elde etme amacı güdülmektedir. Ancak, bu yaklaşım belirli çevresel koşullar altında kolonilerin hayatta kalması için gerekli olan adaptasyonun ve benzersiz genetik kimliğin kaybını önlemek içinde kullanılabilir (Calfee ve ark., 2020).

3.4. Moleküler ve Genomik Seçilim

Son yıllarda moleküler biyoloji ve genomik yaklaşımlardaki çalışmalar arı ıslah yöntemlerinin önemli ölçüde gelişim göstermesine katkı sunmaktadır. Genom çapında ilişkilendirme çalışmaları, koloninin performansı ve hastalık direnci ile ilişkili aday genleri ve gen ağlarını belirlemeyi kolaylaştırmaktadır. Genomik seleksiyon ve işaretleyici destekli seçim gibi moleküler teknikler, koloni soylarının doğrulanması, akrabalık ilişkilerinin belirlenmesi ve hedeflenen özelliklerle ilişkili gen bölgelerinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır (Gupta ve ark., 2012). Özellikle hijyen davranışı, Varroa'ya dirençli hatların geliştirilmesinde anahtar özellik olarak öne çıkmaktadır. Spivak ve Reuter (2001) tarafından geliştirilen ve Minnesota Hijyenik Arı Hattı olarak bilinen hat, bu yaklaşımın başarılı bir örneğidir. Hijyen davranışının fenotipik testleri arasında “dondurulmuş yavru testi” ve “pin test” gibi hızlı tarama yöntemleri yer almaktadır (Guichard ve ark., 2021). Ayrıca genom çapında ilişkilendirme çalışmaları, bal arısı popülasyonlarında önemli ekonomik ve biyolojik karakterlerle

ilişkili gen bölgelerinin belirlenmesini sağlamıştır (Lorenz, 2013; Wallberg ve ark., 2014).

Moleküler tanı araçlarının kullanımı, hastalıkların erken tespiti ve ıslah çalışmaları yapılan arı popülasyonları içerisinde etkin yönetim açısından kritik öneme sahiptir. PCR tabanlı patojen tespiti, kantitatif PCR (qPCR) ve yeni nesil dizileme gibi teknikler, *Varroa destructor*, *Nosema* türleri, Amerikan yavru çürüklüğü ve kireç hastalığı gibi patojenlerin varlığını izlemek amacıyla rutin olarak kullanılmaktadır. Bu tanı yöntemlerinin ıslah değerlendirmelerine entegre edilmesi sayesinde hem güçlü hijyen davranışı sergileyen hem de doğal hastalık direncine sahip koloniler seçilebilmekte, böylece kimyasal müdahalelere olan ihtiyaç azaltılarak arı sağlığının uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlanmaktadır (Jones ve ark., 2020). Gerçekleştirilen ilk büyük ölçekli genomik tahmin çalışmaları, genom verisinin ebeveyn soy bilgilerine göre daha yüksek tahmin doğruluğu sağladığını ortaya koymuştur. Bernstein ve ark., (2023), genomik verilerin dahil edilmesiyle bal verimi tahmininde doğruluğun 0,12'den 0,23'e yükseldiğini bildirmiştir. Bu bulgular, genomik seçilimin arı ıslahında başarıyla uygulanabileceğini göstermektedir. Moleküler genetik alanındaki gelişmeler, arzu edilen özelliklerle ilişkili genetik işaretleyicilerin tanımlanmasına olanak sağlayarak bal arısı ıslahında devrim niteliğinde gelişmeler ortaya koymaktadır.

4. ISLAH UYGULAMALARINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

Bal arısı (*Apis mellifera* L.) ıslahı esasen türün özgün üreme biyolojisi, genetik karmaşıklığı, çevresel etkiler, yönetim uygulamaları ve ekonomik kısıtlamalardan kaynaklanan çok sayıda zorlukla karşı karşıyadır. Bu zorlukların temelinde, ana arının doğal çiftleşme davranışı yer almaktadır. Doğada ana

arılar, çiftleşme uçuşları sırasında farklı kolonilerden birçok erkek arıyla çiftleşir. Bu durum, kolonide farklı derecelerde akrabalığa sahip bireylerin beraber yaşamasına yol açar. Bu çiftleşme sistemi, koloni içinde muazzam bir genetik çeşitlilik üretirken, istenilen özelliklerde homojenlik sağlamayı zor hale getirir. Tarihsel olarak da bu karmaşık çiftleşme biyolojisi, erken dönem seleksiyon çalışmalarının çoğunun başarısız olmasına neden olmuştur (Du ve ark., 2024). Çiftleşme sürecini manipüle ederek genetik girdiyi kontrol etmek için kullanılan yapay tohumlama, teknik bir uygulamadır ve özel ekipman, eğitilmiş personel gerektirmektedir. Yapay tohumlama pratikte ve ticari ölçekte uygulanabilirliğinin sınırlı olması nedeniyle yaygın olarak kullanılamamaktadır. Ayrıca erkek arıları tam cinsel olgunluğa ulaşana kadar laboratuvar veya yarı doğal koşullarda tutmanın zor olması durumu daha da karmaşıklaştırmaktadır. Çiftleşmeyi genetik olarak güvence altına alabilmenin alternatif bir yolu olarak izole çiftleşme bölgeleri kullanılmaktadır. Ancak, uygun çevresel koşullar, erkek arı popülasyonlarının titiz yönetimi ve bölgede olması istenmeyen erkek arılarla kontrolsüz çiftleşme olaylarını en aza indirmek için birkaç kilometre boyunca coğrafi izolasyon olması gerekmektedir (Uzunov ve ark., 2017).

Genetik karmaşıklık da ıslah çalışmalarını zorlaştıran etmenler arasında yer almaktadır. Bal verimi, hijyenik davranış ve hastalık direnci gibi ekonomik olarak önemli birçok özellik kantitatif ve poligeniktir. Çoklu kantitatif özellik lokuslarının tanımlanması ve eş zamanlı yönetimi, bazı özellikler için düşük kalıtılabilirlik nedeniyle fenotipik seleksiyonu belirsiz hale getirerek genetik ilerlemeyi yavaşlatmaktadır (Kaskinova ve ark., 2023). Genetik homojenlik sağlama amacıyla yapılan akraba çiftleştirmesi ile genetik çeşitliliğin korunması gerekliliği arasındaki çelişki ise bir diğer önemli zorluktur. Küçük popülasyonlarda yapılan ıslah çalışmaları ve kapalı yetiştirme

gruplarının kullanımı homozigotluğun artmasına yol açabilmektedir. Bu durum, gen lokuslarında düşük çeşitlilik oluşturmaları sebebiyle diploid erkek arıların oluşmasına neden olabilir. Dolayısıyla koloni büyümesi ve canlılığını üzerinde tehlike oluşturabilir (Dietemann ve ark., 2013). Mikrosatellitler veya SNP analizleri gibi moleküler genetik belirteçlerin kullanımı, bal arıları popülasyonlarının ayrımı için olanak sağlamaktadır. Ancak bu yöntemler yüksek maliyetli, kapsamlı laboratuvar desteği gerektirmekte ve henüz evrensel olarak standartlaştırılmış protokoller geliştirilememiştir (Spötter ve ark., 2012).

Çevresel koşullar ve yönetim uygulamaları da ıslah faaliyetlerini olumsuz etkileyen diğer önemli faktörlerdir. İklim değişikliği, floral kaynaklardaki azalma, pestisit maruziyeti ve hastalık baskısı gibi çevresel stres etkenleri arzu edilen genetik özelliklerin fenotipik olarak ortaya çıkmasını engelleyebilmektedir. Ana arı üretimi sürecinde sıcaklık dalgalanmaları veya olumsuz hava koşulları, ana ve erkek arı sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir. Bu durum çiftleşme başarısını olumsuz etkilemekte ve ana arı kayıplarına sebep olabilmektedir (Pettis ve ark., 2016). Teknik zorluklar arasında ise çiftleşme kontrollerinin sınırlı oluşu, fenotip belirlenmesi için uygun testlerin geliştirilme gereksinimi ve veri toplama zorlukları sayılabilir. Bal arısı kolonilerindeki pek çok özellik çevresel şartlara duyarlı olup sezonlar arası tutarsızlık gösterebilmektedir. Bunun yanı sıra farklı kolonilerde yer alan binlerce işçi arıdan bireysel fenotip toplamak pratik bir uygulama değildir.

Islah çalışmalarında belirli özelliklerin iyileştirilmesine yönelik yapılan çalışmalar, koloni sağlığı, savunma davranışları ya da çevresel tolerans gibi yaşamsal öneme sahip diğer özelliklerin zayıflamasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, ıslah stratejilerinin birden fazla özelliği eşzamanlı değerlendiren, bölgesel çevre koşullarına uyarlانmış ve uzun vadeli genetik

çeşitliliği koruyan çok boyutlu yaklaşımlara dayandırılması zorunludur (Bekić ve ark., 2015; Ostroverkhova, 2024). Ek olarak, uzun seleksiyon döngüleri, yüksek ekonomik maliyetler ve arıcılık işletmeleri arasındaki uygulama farklılıkları ıslah programlarının sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Bütün bu biyolojik, çevresel ve teknik engeller, bal arısı ıslahını diğer hayvansal üretimde kullanılan yöntemlerden farklı kılmakta ve üst düzey uzmanlık gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

5. ISLAH UYGULAMALARININ ARICILIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE GELECEK PERSPEKTİFİ

Islah uygulamaları arıcılık sektörünün verimliliğini, sürdürülebilirliğini ve çevresel değişimlere karşı adaptasyon kapasitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Genetik temelli ıslah çalışmaları sayesinde, hastalık ve parazitlere karşı daha dirençli, iklim stresine dayanıklı ve yüksek verimli kolonilerin geliştirilmesi mümkün hale gelmiştir. Özellikle hijyen davranışı, düşük oğul eğilimi ve sakinlik gibi özelliklerin seçilmesi, arıcılığın hem ekonomik yönünü hem de arıcıların çalışma güvenliğini doğrudan iyileştirmiştir (Spivak ve Reuter, 2001; Harpur ve ark., 2012). Modern ıslah yaklaşımları, bal arılarının koloniden koloniye ve nesilden nesile genetik olarak daha öngörülebilir şekilde aktarılabilmesini sağlamaktadır. Bu durum uzun vadeli üretim planlamalarını daha sağlıklı temellere oturatarak, arıcılığın tarımsal kalkınmadaki rolünü güçlendirmektedir. Genomik seleksiyonun kullanılmasıyla, verimlilik ve direnç gibi kompleks özelliklerin daha erken öngörülebilmesi mümkün olmuş, böylece ıslah süresi kısalmıştır (Wallberg ve ark., 2014; Parejo ve ark., 2020). Günümüzde iklim değişikliği, habitat kaybı ve yaygın pestisit kullanımı gibi tehditler karşısında, yerel ırkların korunması ve adaptif

özelliklerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda ıslah programlarının yalnızca üretim odaklı değil, aynı zamanda biyoçeşitliliği koruma perspektifiyle de yürütülmesi gerekmektedir (Meixner ve ark., 2010; 2014; Hua ve ark., 2016). Yerli arı ırklarının korunması, sadece genetik kaynakların değil, aynı zamanda yerel ekosistemlerin sağlığının da teminatı niteliğindedir.

Gelecekte, arıcılığın karşı karşıya olduğu küresel zorlukların üstesinden gelmek için arı ıslahı alanında multidisipliner yaklaşımların benimsenmesi kaçınılmazdır. Moleküler biyoloji, davranış ekolojisi, iklim bilimi ve yapay zekâ destekli veri analizleri gibi farklı disiplinlerin entegrasyonu daha etkili ıslah stratejilerinin geliştirilmesini mümkün kılacaktır (Zayed ve Whitfield, 2008). Gelecekteki ıslah programları muhtemelen daha bütüncül hale gelecek ve çevresel ve yönetim değişkenlerini seleksiyon modellerine entegre edecektir. Bu sistem tabanlı yaklaşım, peyzaj konfigürasyonunu, beslenme durumunu ve diğer tozlaştırıcı türlerle etkileşimleri dikkate alarak, arı ıslahının yalnızca ekonomik kaygılara değil, aynı zamanda daha geniş ekolojik zorunluluklara da yanıt vermesini sağlayacaktır. Sonuç olarak, gelecekte arı ıslahı uygulamaları sadece kolonilerin üretim kapasitesini arttırmakla sınırlı kalmayacak, aynı zamanda ekosistem dayanıklılığı, tozlaşma hizmetlerinin sürekliliği ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından da temel bir sürdürülebilirlik aracına dönüşecektir.

6. SONUÇ

Arı ıslahı yalnızca arıcılık sektörü için değil, tarım ekosistemlerinin sürdürülebilirliği ve küresel gıda güvenliği için de temel bir bilimsel ve stratejik olgudur. Bal arısı (*Apis mellifera* L.) kolonilerinin karşı karşıya olduğu küresel tehditler, ıslah çalışmalarını yalnızca verim odaklı bir süreç olmaktan çıkarıp,

aynı zamanda çevresel uyum, dayanıklılık ve biyolojik bütünlüğü gözetilen bir stratejiye dönüştürmüştür. Bal arılarının karmaşık genetik yapısı ve sosyal yaşam biçimleri, ıslah programlarının hem bilimsel hem de teknik düzeyde hassasiyetle yürütülmesini zorunlu kılmaktadır. Geleneksel seleksiyon yöntemlerinin sınırlılıkları, moleküler biyolojideki ilerlemelerle aşılmaya çalışılsa da çevresel unsurların değişkenliğinin genetik ilerlemeye olan etkisi hala önemli bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda, başarılı ıslah uygulamaları yalnızca genetik materyalin iyileştirilmesini değil, aynı zamanda çevresel koşulların optimize edilmesini ve arıcılık sektöründeki uygulamalarla senkronize çalışmalar yürütülmesini gerektirmektedir. Gelecekte arı ıslahının yapay zeka destekli veri analitiği, biyoinformatik ve sistemsel ekoloji gibi alanlarla daha sıkı entegrasyon kurarak, yüksek dirençli ve adaptif koloniler geliştirme yönünde evrileceği öngörülmektedir. Ayrıca ulusal ve uluslararası düzeyde biyolojik çeşitliliği gözetilen ve bilimsel gelişmelerle entegre şekilde ıslah programlarının oluşturulması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Cunningham, S. A., & Klein, A. M. (2009). How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103(9), 1579–1588. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp076>
- Alaux, C., Le Conte, Y., & Decourtye, A. (2019). Pitting wild bees against managed honey bees in their native range, a losing strategy for the conservation of honey bee biodiversity. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 60. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00060>
- Bekić, B., Mladenović, M., & Mačukanović J., M. (2015). Review of tests used in honey bee selection (*Apis mellifera* L.). International Symposium On Animal Science Serbia.
- Bernstein, R., Du, M., Du, Z. G., Strauss, A. S., Hoppe, A., & Bienefeld, K. (2023). First large-scale genomic prediction in the honey bee. *Heredity*, 130, 320–328. <https://doi.org/10.1038/s41437-023-00606-9>
- Bradbear, N. (2009). Bees and their role in forest livelihoods: A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products. FAOSTAT.
- Büchler, R., Andonov, S., Bienefeld, K., Costa, C., Hatjina, F., Kezic, N., Kryger, P., Spivak, M., Uzunov, A., & Wilde, J. (2013). Standard methods for rearing and selection of *Apis mellifera* queens. *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1–30. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.07>
- Calfee, E., Agra, M. N., Palacio, M. A., Ramírez, S. R., & Coop, G. (2020). Selection and hybridization shaped the rapid spread of African honey bee ancestry in the Americas.

PLOS Genetics 16(10), e1009038.
<https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1009038>

- Cobey, S. W. (2007). Comparison studies of instrumentally inseminated and naturally mated honey bee queens and factors affecting their performance. *Apidologie*, 38, 390–410. <https://doi.org/10.1051/apido:2007029>
- Cobey, S. W., Tarpy, D. R., & Woyke, J. (2013). Standard methods for instrumental insemination of *Apis mellifera* queens. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1–18. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.09>
- Collins, A. M. (2004). Sources of variation in the viability of honey bee, *Apis mellifera* L., semen collected for artificial insemination. *Invertebrate reproduction & development*, 45(3), 231-237.
- De la Rúa, P., Jaffe, R., Dall'Olio, R., Munoz, I., & Serrano, J. (2009). Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie*, 40, 263-284. <https://doi.org/10.1051/apido/2009027>
- Desai, S. D., & Currie, R. W. (2015). Genetic diversity within honey bee colonies affects pathogen load and relative virus levels in honey bees, *Apis mellifera* L. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 69, 1527-1541. <https://doi.org/10.1007/s00265-015-1965-2>
- Dietemann, V., Ellis, J. D., & Neumann, P. (2013). The Coloss Beebook Volume II, Standard methods for *Apis mellifera* pest and pathogen research: Introduction. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1-4. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.16>
- Du, M., Bernstein, R., & Hoppe, A. (2023). The Potential of Instrumental Insemination for Sustainable Honeybee

- Breeding. *Genes*, 14(9), 1799.
<https://doi.org/10.3390/genes14091799>
- Du, M., Bernstein, R., & Hoppe, A. (2024). The number of drones to inseminate a queen with has little potential for optimization of honeybee breeding programs. *Hereditas*, 161, 28. <https://doi.org/10.1186/s41065-024-00332-0>
- Frunze, O., Brandorf, A., Kang, E. J., & Choi, Y.S. (2021). Beekeeping Genetic Resources and Retrieval of Honey Bee *Apis mellifera* L. Stock in the Russian Federation: A Review. *Insects*, 12(684).
<https://doi.org/10.3390/insects12080684>
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Guichard, M., Droz, B., Brascamp, E. W., von Virag, A., Neuditschko, M., & Dainat, B. (2021). Exploring two honey bee traits for improving resistance against *Varroa destructor*: development and genetic evaluation. *Insects*, 12(3), 216.
- Guichard, M., Neuditschko, M., Soland, G., Fried, P., Grandjean, M., Gerster, S., Dainat, B., Bijma, P., & Brascamp, E. W. (2020). Estimates of genetic parameters for production, behaviour, and health traits in two Swiss honey bee populations. *Apidologie*, 51(5), 876-891.
<https://doi.org/10.1007/S13592-020-00768-Z>
- Guichard, M., Phocas, F., Neuditschko, M., Basso, B., & Dainat, B. (2023). An overview of selection concepts applied to honey bees. *Bee World*, 100(1), 2-8.
<https://doi.org/10.1080/0005772X.2022.2147702>

- Gupta, P., Conrad, T., Spötter, A., Reinsch, N., & Bienefeld, K. (2012). Simulating a base population in honey bee for molecular genetic studies. *Genetics Selection Evolution*, 44, 1-6.
- Güler, A. (2006). Bal Arıları (*Apis mellifera* L.)'nda Yapay Tohumlama ve Türkiye İçin Önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3), 370-378.
- Güler, A. (2017). Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Yetiştiriciliği Hastalıkları ve Ürünleri, Agro plus yayınevi.
- Harbo, J. R., & Rinderer, T. E. (1980). Breeding and Genetics of Honeybees. *USDA/ARS Agriculture Handbook*, 335, 49-57.
- Harpur, B. A., Minaei, S., Kent, C. F., & Zayed, A. (2012). Management increases genetic diversity of honey bees via admixture. *Molecular Ecology*, 21(18), 4414–4421. doi: 10.1111/j.1365-294X.2012.05614.x. Epub 2012 May 5. PMID: 22564213.
- Hua, F., Wang, X., Zheng, X., Fisher, B., Wang, L., Zhu, J., Tang, Y., Yu, D. W., & Wilcove, D. S. (2016). Opportunities for biodiversity gains under the world's largest reforestation programme. *Nature Communications*, 7(1), 12717. <https://doi.org/10.1038/ncomms12717>
- Jones, J. C., Du, Z. G., Bernstein, R., Meyer, M., Hoppe, A., Schilling, E., Ableitner, M., Jüling, K., Dick, R., Strauss, A. S., & Bienefeld, K. Tool for genomic selection and breeding to evolutionary adaptation: Development of a 100K single nucleotide polymorphism array for the honey bee. *Ecology and Evolution*, 10(13), 6246-6256. doi: 10.1002/ece3.6357.
- Kaskinova, M. D., Salikhova, A. M., Gaifullina, L. R., & Saltykova, E. S. (2023). Genetic methods in honey bee

- breeding. *Vavilovskii Zhurnal Genet Seleksii*, 27(4), 366-372. doi: 10.18699/VJGB-23-44. PMID: 37465190; PMCID: PMC10350855.
- Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts S. M., Rasmont, P., Schweiger, O., Colla, S. R., Richardson, L. L., Wagner, D. L., Gall, L. F., Sikes, D. S., & Pantoja, A. (2015). Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, 349(6244), 177-180. <https://doi.org/10.1126/science.aaa7031>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313.
- Koeniger, N., & Koeniger, G. (2000). Reproductive isolation among species of the genus *Apis*. *Apidologie*, 31(2), 313-339.
- Kovačić, M., Puskadija, Z., Dražić, M. M., Uzunov, A., Meixner, M. D., & Büchler, R. (2020). Effects of selection and local adaptation on resilience and economic suitability in *Apis mellifera carnica*. *Apidologie*, 51, 1062-1073. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00783-0>
- Kösoğlu, M., Yücel, B., Savaş, T., Topal, E., & Doğaroğlu, M. (2021). Bal Arısı Islahı ve Bazı Temel Yaklaşımlar. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(3), 593-609.
- Laidlaw, H. H., & Page, R. E. (1997). Queen Rearing and Bee Breeding. Wicwas Press.
- Lelania, B., & Lorraine, B. (2017). Tracking the Genetic Stability of a Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Breeding Program With Genetic Markers. *Journal of Economic*

- Entomology*, 110(4), 1419-1423.
<https://doi.org/10.1093/jee/tox175>
- Lin, Z., Shen, S., Wang, K., & Ji, T. (2024). Biotic and abiotic stresses on honeybee health. *Integrative Zoology*, 19(3), 442-457. doi: 10.1111/1749-4877.12752. Epub 2023 Jul 10. PMID: 37427560.
- Lorenz, A. J. (2013). Resource Allocation for Maximizing Prediction Accuracy and Genetic Gain of Genomic Selection in Plant Breeding: A Simulation Experiment. *G3 Genes|Genomes|Genetics*, 3(3), 481-491. <https://doi.org/10.1534/g3.112.004911>
- Lozier, J. D., & Zayed, A. (2017). Bee conservation in the age of genomics. *Conservation Genetics*, 18, 713-729. <https://doi.org/10.1007/s10592-016-0893-7>
- Maucourt, S., Fortin, F., Robert, C., & Giovenazzo, P. (2020). Genetic parameters of honey bee colonies traits in a Canadian selection program. *Insects*, 11(9), 587. <https://doi.org/10.3390/insects11090587>
- Meixner, M. D., Büchler, R., Costa, C., Francis, R. M., Hatjina, F., Kryger, P., Uzunov, A., & Carreck, N. L. (2014). Honey bee genotypes and the environment. *Journal of Apicultural Research*, 53(2), 183-187. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.53.2.01>
- Meixner, M. D., Costa, C., Kryger, P., Hatjina, F., Bouga, M., Ivanova, E., & Büchler, R. (2010). Conserving diversity and vitality for honey bee breeding. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 85-92. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.12>
- Nino, E. L., & Jasper, W. C. (2015). Improving the future of honey bee breeding programs by employing recent

- scientific advances. *Current Opinion in Insect Science*, 10, 163-169. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.005>
- Ostroverkhova, N. V. (2024). Honey bee selection: achievements, problems, and prospects. *Вестник Томского Государственного Университета*, 67, 102-151. <https://doi.org/10.17223/19988591/67/8>
- Özök, A. O., & Selçuk, M. (2020). Sperm Storage and Artificial Insemination in Honey Bees. *International Journal of Science Letters*, 2(1), 12-25. <https://doi.org/10.38058/ijsl.661629>
- Öztürk, A. İ. (2014). Ana Arıda Kalite Kavramı ve Ana Arı Kalitesini Etkileyen Faktörler. *Anadolu*, 24(1), 53-59.
- Parejo, M., Wragg, D., Henriques, D., Charriere, J., D., & Estonba, A. (2020). Digging into the Genomic Past of Swiss Honey Bees by Whole-Genome Sequencing Museum Specimens. *Genome Biology Evolution*, 12(12), 2535-2551. <https://doi.org/10.1093/gbe/evaa188>
- Pettis, J. S., Rice, N., Joselow, K., vanEngelsdorp, D., & Chaimanee, V. (2016). Colony Failure Linked to Low Sperm Viability in Honey Bee (*Apis mellifera*) Queens and an Exploration of Potential Causative Factors. *PLoS ONE*, 11(2), e0147220. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147220>
- Plate, M., Bernstein, R., Hoppe, A., & Bienefeld, K. (2019). The importance of controlled mating in honeybee breeding. *Genetics Selection Evolution*, 51, 74. <https://doi.org/10.1186/s12711-019-0518-y>
- Seeley, T. D., & Tarpy, D. R. (2007). Queen promiscuity lowers disease within honeybee colonies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1606), 67-72. doi: 10.1098/rspb.2006.3702.

- Spivak, M., & Reuter, G. S. (2001). Resistance to American foulbrood disease by honey bee colonies *Apis mellifera* bred for hygienic behavior. *Apidologie*, 32(6), 555-565. <https://doi.org/10.1051/apido:2001103>
- Spötter, A., Gupta, P., Nürnberger, N., Reinsch, K., & Bienfeld, K. (2012). Development of a 44K SNP assay focussing on the analysis of a varroa-specific defence behaviour in honey bees (*Apis mellifera carnica*). *Molecular Ecology Resources*, 12(2), 323-332. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2011.03106.x>
- Tarpy, D., R., & Seeley, T., D. (2006). Lower disease infections in honeybee (*Apis mellifera*) colonies headed by polyandrous vs. monandrous queens. *Naturwissenschaften*, 93(4), 195–199. doi: 10.1007/s00114-006-0091-4
- Usta, A., & Yıldırım, Y. (2020). Bal Arılarının Viral Hastalıkları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi (Online)*, 35(1), 57-66. doi.org/10.36846/CJAFS.2020.18
- Uzunov, A., Brascamp, E. W., & Büchler, R. (2017). The Basic Concept of Honey Bee Breeding Programs. *Bee World*, 94(3), 84–87. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2017.1345427>
- Uzunov, A., Brascamp, E. W., Du, M., & Büchler, R. (2022). The relevance of mating control for successful implementation of honey bee breeding programs. *Bee World*, 99(3), 94-98. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2022.2088166>
- vanEngelsdorp, D., & Meixner, M., D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, 80-95. doi: 10.1016/j.jip.2009.06.011.

- Villa, J. D., Bustamante, D. M., Dunkley, J. P., & Escobar, L. A. (2008). Changes in honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony swarming and survival pre- and postarrival of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) in Louisiana. *Annals of the Entomological Society of America*, 101 (5), 867-871.
- Wallberg, A., Han, F., Wellhagen, G., Dahle, B., Kawata, M., Haddad, N., Simoes, Z., L., P., Allsopp, M., H., Kandemir, İ., De la Rúa, P., Pirk, C., W., & Webster, M., T. (2014). A worldwide survey of genome sequence variation provides insight into the evolutionary history of the honeybee *Apis mellifera*. *Nature Genetics*, 46, 1081-1088. <https://doi.org/10.1038/ng.3077>
- Winston, M. L. (1987). *The Biology of the Honey Bee*. Harvard University Press.
- Zayed, A., Whitfield, C., W. (2008). A genome-wide signature of positive selection in ancient and recent invasive expansions of the honey bee *Apis mellifera*. *Proceedings of the National Academy of Sciences the United States of America*, 105(9), 3421-6. doi: 10.1073/pnas.0800107105.

MYCOTOXIN CONTROL IN POULTRY FEEDS

Yunus Emre BOGA¹

Ali KEPEZKAYA²

1. INTRODUCTION

The poultry enterprise performs a pivotal position in addressing the worldwide call for low-cost and extremely good protein, making it a cornerstone of present day agriculture. With an ever-developing human population, hen merchandise together with meat and eggs have grow to be important in assembly nutritional desires worldwide (FAO, 2021). However, one of the chronically demanding situations in hen manufacturing is ensuring feed protection and quality, as feed debts for as much as 70% of manufacturing costs (Smith et al., 2020). Among the contaminants that threaten feed protection, mycotoxins are especially regarding because of their full-size prevalence, toxicity, and effect on animal fitness and productivity. The hen enterprise is a cornerstone of world meal manufacturing, assembling the growing call for low-cost, extremely good protein reassets within the shape of meat and eggs (Bryden, 2012). However, this enterprise faces big demanding situations, including sickness outbreaks, feed shortages, and infection troubles that affect productiveness and profitability. Among those demanding situations, mycotoxin infection in hen feed stays one of the maximum pervasive and negative elements affecting each

¹ Araştırma Grevlisi, Iğdır niversitesi Ziraat Fakltesi Zootechni Blm, yunusemreboga001@gmail.com, ORCID:0000-0003-1452-2873.

² Lisansst ğrenci, ukurova niversitesi Ziraat Fakltesi Zootechni Blm, alikpzky01@gmail.com, ORCID: 0009-0007-7795-141X.

animal fitness and the protection of hen-derived meal merchandise (Streit et al., 2012).

Among the myriad dangers undermining feed safety, mycotoxins are a specifically sizable risk because of their full prevalence, robust toxicological outcomes, and the sizable damage they inflict on hen fitness and performance. These secondary metabolites, produced with the aid of using diverse species of fungi which include *Aspergillus*, *Fusarium*, and *Penicillium*, can contaminate feed components at more than one levels of the deliver chain, such as crop cultivation, post-harvest handling, and garage. Factors that include humidity, temperature, and insufficient garage situations exacerbate their proliferation, making their presence nearly unavoidable in positive feedstuffs. Even at low concentrations, mycotoxins can motivate a cascade of terrible outcomes on hen. They compromise immune gadget functionality, leaving birds extra at risk of diseases, even as concurrently impairing nutrient absorption and metabolism. This results in stunted growth, decreased feed efficiency, and a decline in egg manufacturing, affecting each the amount and fine of the output. Such influences aren't best adverse to animal welfare however additionally bring about tremendous financial losses for the industry, in addition to highlighting the importance want for powerful mycotoxin control techniques in feed manufacturing and garage practices.

The poultry sector is crucial to worldwide meals manufacturing, assembly the growing call for for affordable, remarkable protein reasssets withinside the shape of meat and eggs (Bryden, 2012). Nevertheless, this enterprise faces great challenges, along with sickness outbreaks, feed shortages, and infection problems that without delay affect productivity and profitability. Mycotoxin infection in chicken feed stays one of the maximum extensive and dangerous elements impacting animal fitness and chicken-derived meals products` protection (Streit et

al., 2012). Mycotoxins are poisonous secondary metabolites produced with the aid of using filamentous fungi, particularly from the genera *Aspergillus*, *Fusarium*, and *Penicillium* (Pitt & Hocking, 2009). These fungi infect vegetation each earlier than harvest and for the duration of garage beneath appropriate environmental conditions, along with excessive humidity and temperature (Paterson & Lima, 2010). Feed elements like maize, wheat, barley, and oilseeds—nutritional staples for chicken are especially prone to fungal infection and next mycotoxin manufacturing (CAST, 2003). The maximum sizeable mycotoxins regarding chicken feed encompass aflatoxins, ochratoxins, fumonisins, and trichothecenes (along with deoxynivalenol) and zearalenone, all of which pose various tiers of danger to chicken fitness and productiveness (Binder, 2007; Streit et al., 2012). The bad consequences of mycotoxins on chicken fitness can appear in severa ways, starting from acute toxicity to continual subclinical conditions. These consequences encompass immunosuppression, decreased boom rates, reduced egg manufacturing, and harm to important organs just like the liver and kidneys (Zain, 2011). Furthermore, mycotoxin infection affords a twin danger: it now no longer simplest hinders chicken overall performance however additionally threatens human fitness because of the capacity switch of pollutants or their metabolites into meat, eggs, and different chicken-derived products (Bryden, 2018). Therefore, controlling mycotoxin ranges in chicken feed is crucial for monetary viability and is a important component of meals protection and public fitness (EFSA Panel on Contaminants, 2020). Despite improvements in agricultural practices and feed technology, mycotoxin infection remains a continual difficulty because of the complicated interactions amongst environmental elements, fungal biology, and crop control systems (Paterson & Lima, 2010). Additionally, the co-prevalence of more than one mycotoxins in feedstuffs exacerbates their poisonous consequences, highlighting the want

for complete manage measures that span the whole feed manufacturing chain (Streit et al., 2012). This article pursuits to offer an intensive evaluation of mycotoxin manage in chicken feed, addressing the reasssets of infection, the poisonous consequences on chicken, detection methods, and control strategies. Emphasis can be located at the today's improvements in pre- and post-harvest mitigation techniques, the function of feed additives, and regulatory frameworks designed to lessen mycotoxin exposure. By synthesizing present day know-how and first-rate practices, this dialogue pursuits to underscore the significance of incorporated strategies to coping with mycotoxins withinside the chicken enterprise, in the long run making sure sustainable manufacturing and meals protection (Binder, 2007; Bryden, 2012).

1.1. Types of Mycotoxins and Their Impacts on Poultry Health

Mycotoxins are poisonous secondary metabolites produced with the aid of using fungi, specially from the genera *Aspergillus*, *Fusarium*, and *Penicillium*. These compounds can contaminate diverse feed ingredients, inclusive of cereals, oilseeds, and with the aid of using-products. Mycotoxins can negatively effect fowl fitness with the aid of using disrupting physiological processes, lowering increased performance, and growing susceptibility to diseases (Zain, 2011; Marin et al., 2013). Some mycotoxins which are of considerable difficulty in fowl feed encompass aflatoxins, ochratoxins, fumonisins, deoxynivalenol (DON), and zearalenone.

1.2. Aflatoxins

Antitoxins, primarily produced by the molds * *Aspergillus Flavius* * and * *Aspergillus parasitic us* *, are among the most potent and economically significant mycotoxins affecting flesh product. Antitoxin B1, the most poisonous and current variety,

has dangerous goods on the liver, suppresses the vulnerable system, and is carcinogenic (Bryden, 2012). In flesh, antitoxins vitiate liver function by dismembering protein conflation and adding oxidative stress, eventually leading to reduced growth rates and feed effectiveness (Marin et al., 2013). The flesh assiduity plays a pivotal part in meeting the global demand for affordable, high-quality protein, making it an essential part of ultramodern husbandry. As the mortal population continues to grow, flesh products, similar as meat and eggs, are vital for satisfying salutary requirements worldwide (FAO, 2021). Still, a patient challenge in flesh product is icing the safety and quality of feed, which accounts for over to 70 of product costs (Smith et al., 2020). Among the pollutants that hang feed safety, mycotoxins are particularly concerning due to their wide circumstance, toxin, and adverse goods on beast health and productivity. The flesh sector is vital to global food product, as it meets the rising demand for affordable, high-quality protein sources in the form of meat and eggs (Bryden, 2012). Nonetheless, the assiduity faces considerable challenges, including complaint outbreaks, feed dearths, and impurity issues that directly impact productivity and profitability. Mycotoxin impurity in flesh feed remains one of the most wide and dangerous factors affecting beast health and flesh-deduced food products' safety (Streit et al., 2012).

Mycotoxins are poisonous secondary metabolites produced by filamentous fungi, primarily from the rubrics *Aspergillus*, *Uranium* and *Penicillium* (Pitt & Hocking, 2009). These fungi can infect crops both before crop and during storehouse under suitable environmental conditions, similar as high moisture and temperature (Paterson & Lima, 2010). Feed constituents like sludge, wheat, barley, and oil seeds salutary masses for flesh — are particularly susceptible to fungal impurity and posterior mycotoxin product (CAST, 2003). The most

significant mycotoxins of concern in flesh feed include antitoxins, ochratoxins, fumonisins, and trichothecenes (including deoxynivalenol) and zearalenone, all of which pose varying degrees of threat to flesh health and productivity (Binder, 2007; Streit et al., 2012). The negative goods of mycotoxins on flesh health can manifest in colorful ways, ranging from acute toxin to habitual subclinical conditions. These goods include immunosuppression, reduced growth rates, dropped egg product, and damage to critical organs like the liver and feathers (Zain, 2011). Likewise, mycotoxin impurity presents a binary threat it not only hinders flesh performance but also threatens mortal health due to the implicit transfer of poisons or their metabolites into meat, eggs, and other flesh-deduced products (Bryden, 2018). Thus, managing mycotoxin situations in flesh feed is essential for profitable viability and is a critical aspect of food safety and public health (EFSA Panel on pollutants, 2020). Despite advancements in agrarian practices and feed technology, mycotoxin impurity continues to be a patient issue due to the complex relations among environmental factors, fungal biology, and crop operating systems (Paterson & Lima, 2010). Also, the Theo-occurrence of multiple mycotoxins in feedstuffs exacerbates their poisonous goods, pressing the need for comprehensive control measures that gage the entire feed product chain (Streit et al., 2012). This composition aims to give a thorough analysis of mycotoxin control in flesh feed, addressing sources of impurity, poisonous goods on flesh, discovery styles, and operation strategies. Emphasis will be placed on the rearmost advancements in pre- and post-harvest mitigation ways, the part of feed complements, and nonsupervisory fabrics designed to reduce mycotoxin exposure. By synthesizing current knowledge and stylish practices, this discussion aims to emphasize the significance of intertwined approaches to managing mycotoxins in the flesh assiduity, eventually icing sustainable product and food safety (Binder, 2007; Bryden, 2012).

1.3. Types Of Mycotoxins and Their Impacts on Poultry Health

Mycotoxins are toxic secondary metabolites produced by fungi, particularly from the genera *Aspergillus*, *Fusarium*, and *Penicillium*. These compounds can contaminate various feed ingredients, including cereals, oilseeds, and by-products. Mycotoxins negatively affect poultry health by impairing physiological processes, reducing growth performance, and increasing susceptibility to diseases (Zain, 2011; Marin et al., 2013). Among the mycotoxins of significant concern in poultry feed are aflatoxins, ochratoxins, fumonisins, deoxynivalenol (DON), and zearalenone.

1.4. Synergistic Effects of Mycotoxins

Poultry feeding of animals is often contaminated with multiplecotoxins that can have synergistic effects that increase toxicity. For instance, the simultaneous presence of aflatoxins and fumonisins in feed has been shown to exacerterbate stress and oxidative stress. Similarly, Exposure to both deoxynivalenol (don) and zearalelenone has a compounded negative impact on Growth Performance and Reproductive Health (Eskola et al., 2020). These interactions emphasize the critical need to analyze and control multiplecotoxins to ensure feed safety. The Diverse toxic Effects of Mycotoxins on Poultry Health, Along With Their Synergistic Interactions, Underscore the Necessity for Effective Detection, Prevention, and Mitigation Strategies. Implementing these interventions note only protects and productivity of the flock but Alsores the Safety of Poultry Products for Human Consumption.

1.5. The Most Common Mycotoxins Found in Poultry Feed, and They Typically Affecting Poultry Health and Productivity

The most common mycotoxins found in poultry feed include aflatoxins, fumonisins, zearalenone, ochratoxins, and trichothecenes such as deoxynivalenol (DON) and T-2 toxins. These mycotoxins are toxic secondary metabolites produced by molds, particularly species of the *Aspergillus*, *Penicillium*, and *Fusarium* genera (4). Mycotoxins negatively affect poultry health and productivity through several mechanisms. They can cause direct damage to the digestive tract, leading to issues such as feed passage and abnormal feces. This impairs nutrient absorption and can result in poor growth performance and feed conversion efficiency. Mycotoxins also induce oxidative stress and apoptosis, leading to cell destruction and reduced cell replacement, which can affect various organs and tissues (Gómez-Osorio and al.,2024). One of the most commonly recognized external signs of mycotoxicosis in poultry is mouth lesions caused by trichothecenes, particularly T-2 toxin. Other visible symptoms include paleness of combs, shanks, and feet, leg problems, ruffled feathers, and poor feather coverage (Gómez-Osorio and al.,2024). Furthermore, mycotoxins can cause severe immunosuppression by inhibiting protein synthesis and consequently reducing the immune response, making birds more susceptible to infections (Bionte Technical Department, 2024). The presence of mycotoxins in poultry feed depends on several factors, including weather conditions, storage practices, and the overall handling of feedstuffs. Molds that produce mycotoxins can contaminate grains at various stages, including during growth, harvest, storage, and processing (Sandu 2023, 4). The level of contamination and the duration of exposure, along with the age, sex, and stress level of the poultry, influence the severity of mycotoxicosis (Sandu 2023). Given the widespread occurrence

and potential severity of mycotoxin contamination, it is critical for commercial poultry producers to regularly assess and mitigate these threats through careful monitoring, feed analysis, and postmortem diagnoses (Shanmugasundaram, 2022). Mold mitigation strategies and the use of enzymatic deactivation technologies can help prevent and reduce mycotoxin levels in poultry feed (Paulk and Truelock, 2021).

1.6. Strategies For Mycotoxin Control in Poultry Feed

Mycotoxin contamination in poultry feed represents a significant challenge to both animal health and performance. Given the toxic nature of mycotoxins, effective control measures are essential to mitigate their detrimental effects on poultry. A variety of strategies are employed to address mycotoxin contamination, including chemical detoxification methods, biological approaches, nutritional management, regular testing and monitoring, and prevention at the source.

1.7. Chemical Detoxification Methods

Chemical detoxification styles play a vital part in reducing mycotoxin impurity in flesh feed, which is pivotal for guarding beast health and icing food security. Among these styles, alkaline treatments exercising instrumentalities like ammonia and sodium hydroxide have proven largely operative in breaking up mycotoxins. These treatments are especially effective in demeaning antitoxin B1 (AFB1) and deoxynivalenol (DON), two of feed's most common or garden and dangerous mycotoxins. inquiries have shown off alkaline treatments can achieve junking classes exceeding 95 across different feed constituents (Gómez-Osorio et al., 2024). The process works through alkaline hydrolysis, a chemical response that alters the structure of mycotoxins, transubstantiation them into lower poisonous or entirely non-toxic composites. This eliminates dangerous poisons and mitigates the threat of mycotoxin-related health effects in

flesh, which could result to significant profitable losses for producers. However, several expostulations must be managed when applying these chemical treatments. One primary company is the eventual confirmation of masked mycotoxins — modified derivations of mycotoxins that can shirk standard-issue discovery styles yet still pose health pitfalls. Also, the goods of alkaline treatments on the nutritive composition of feed are overcritical, as changes in nutrient quality could impact flesh health and interpretation. While chemical detoxification represents an encouraging result for managing mycotoxin impurity, careful evaluation of these procurators is essential to ensure the forcefulness, security, and nutritive veracity of flesh feed.

1.8. Biological and Phytogenic Approaches

In extension to chemical ways, organic detoxing strategies are being laboriously evolved as occasion ways for mycotoxin mitigation. The use of photogenic feed complements, involving excerpts from turmeric and garlic, has vindicated vast pledge in negating mycotoxins constitutionally (Shanmugasundaram, 2022). These factory-deduced composites can bedeck usual detoxing instrumentalities, supplying a reciprocal system to dwindling the bioavailability of mycotoxins in fowl feed. The developing hobbyhorse in organic ways underscores the want for sustainable, non-poisonous options to standard-issue chemical detoxifiers.

1.9. Nutritional Management

Food styles are crucial for lessening the bad goods of mycotoxins on raspberry health and how well they do. One strong expressway is adding sauces full of antioxidants to raspberry refectations, which helps ease oxidative pressure from being around mycotoxins (Gómez- Osorio et al, 2024). While these antioxidants can slash down the detriment caused by mycotoxins, their use might be limited when there's a lot of oxidative strain.

Another important food plan system includes utilizing mycotoxin binders in raspberry diets. These flyers can catch and hold mycotoxins, therefore halting their take-up in the gut and lessening their dangerous goods.

1.10. Regular Testing and Monitoring

The operative operation of mycotoxin infection in flesh feed requires a robust testing and monitoring device. To directly identify and measure mycotoxin situations, it is pivotal to sample all raw accouterments regularly and perfected feasts. Largely sensitive and special styles, similar as fluid chromatography-mass spectrometry (LC- MS/ MS) and side inflow immunoassays (LEIA), are generally assumed for this purpose (Shanmugasundaram, 2022). These improved testing ways enable the early discovery of pollutants, reducing the threat of alloyed feed entering flesh product systems and allowing for prompt remedial conduct.

1.11. Prevention at the Source

Mollifying the pitfalls associated with mycotoxin impurity requires a long-term strategy concentrated on forestalled. This entails espousing Good Agricultural Practices (GAP), similar to crop gyration, maintaining proper storehouse conditions, and exercising resistant crop kinds to minimize fungal growth and posterior mycotoxin product (Paulk and Truelock, 2021). Preventative measures are inversely critical in feed product installations. These include strict monitoring of constituents during both the receiving and storehouse stages to reduce the liability of impurity throughout the feed manufacturing process (Hosseini et al., 2023). Inning that raw ingredients are free from mycotoxins before entering product is vital to conserving the safety and quality of flesh feed. Effectively managing mycotoxins in flesh feed requires a multifaceted approach that integrates salutary, chemical, natural, and

preventative strategies. Combining these styles makes it possible to alleviate the dangerous goods of mycotoxins on flesh health and performance, thereby promoting the safety and productivity of flesh operations.

1.12. Reduction Of Mycotoxins in Poultry Feed with Alternative Feed Sources

The frequency of mycotoxins in colorful feed constituents has made their operation a critical concern for the flesh assiduity. These poisonous composites pose significant pitfalls to beast health and productivity, challenging the development of effective mitigation strategies. Recent exploration has concentrated on indispensable feed constituents and advanced technologies to address these challenges. One notable strategy involves the use of byproducts from milling and ethanol distillation as cost-effective druthers to conventional feed constituents, similar as sludge and soybean mess. This druthers have gained attention due to the rising costs of traditional feed sources. Still, the application of similar byproducts isn't without challenges, as they are also susceptible to mycotoxin impurity. To address these pitfalls, feed directors are decreasingly employing advanced enzymatic deactivation technologies. These technologies are specifically designed to degrade mycotoxins that There are resistant to conventional list agents. The significance of similar approaches is underlined by a global mycotoxin check conducted in 2013, which revealed that 81 of tested grain and feed samples contained at least one type of mycotoxin. In addition to enzymatic results, several feed complements have been developed to alleviate the adverse goods of mycotoxins on flesh health. For case, Unike ® Plus by Adisseo provides comprehensive protection for vital organs such as the liver, gastrointestinal tract, and feathers, thereby enhancing vulnerable and reproductive system functions (Abdollahı and Ravındran, 2021). also, AncoFit by ADM Animal Nutrition employs natural microorganisms to help flesh manage

salutary challenges and stressors, including mycotoxin exposure (Abdollahi and Ravindran, 2021). Likewise, rigorous monitoring, handling, and testing of feed constituents are essential factors of an effective mycotoxin operation strategy. Visionary discovery and mitigation strategies are particularly pivotal given the different nature and varying impacts of mycotoxins on beast health and productivity. Eventually, the meat security is increasingly espousing a multifaceted approach to mycotoxin mitigation, integrating the use of necessary feed ingredients with advanced enzymatic technologies and specialized feed complements. These strategies not only guard meat health and productivity but also contribute to ensuring food safety for consumers. Likewise, rigorous monitoring, handling, and testing of feed ingredients are essential factors of an effective mycotoxin operation strategy. Visionary discovery and mitigation strategies are particularly vital given the different nature and varying impacts of mycotoxins on beast health and productivity. In the end, it is increasingly to adopt a versatile approach to mitigation of more and more mycotoxin, the use of the necessary feed components integrates the use of the necessary feed components with advanced enzymatic technologies and special feed complements. These strategies not only maintain meat health and efficiency, but also contribute to food safety for consumers.

2. CONCLUSION

Feed security in poultry production holds critical importance, especially due to mycotoxin contamination, which directly affects the health and performance parameters of poultry species such as roosters and hens. Mycotoxins including aflatoxins, ochratoxins, fumonisins, deoxynivalenol (DON) and zearalenone induce severe metabolic disruptions similar as immunosuppression, hepatic and renal damage, reproductive

diseases, and growth retardation thereby adversely impacting fertility in roosters and egg quality and production performance in hens. The co-occurrence of multiple mycotoxins in feed constituents often leads to synergistic toxic effects, making effective operation increasingly complex. Thus, mycotoxin control must be grounded not only on reactive but also on visionary strategies. At every stage from agrarian product to feed expression, a comprehensive management approach is required, encompassing good agricultural practices, proper harvesting and storage conditions, regular mycotoxin monitoring, and the operation of chemical and natural detoxification ways. The controlled use of indispensable feed constituents, enzymatic degradation systems, mycotoxin binders, and antioxidant-supported nutritive strategies contribute to enhancing the adaptability of roosters and hens against mycotoxin-convicted stress and supports production sustainability.

In conclusion, the healthy, productive, and economically sustainable rearing of poultry necessitates a multidisciplinary and integrated approach to mycotoxin control. Modern technologies, scientific advancements, and effective monitoring systems developed in this environment will safeguard both animal welfare and public health.

REFERENCESS

- Abdollahi, M. R., and Ravindran, V., 2019. Alternative feed ingredients for poultry diets: challenges and prospects. In *Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium* (Vol. 30, pp. 102-108).
- Binder, E. M. 2007. Managing the risk of mycotoxins in modern feed production. *Animal Feed Science and Technology*, 133 (1-2), 149-166.
- Binder, E. M., Tan, L. M., Chin, L. J., Handl, J., and Richard, J., 2007. Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds, and feed ingredients. *Animal Feed Science and Technology*, 137 (3-4), 265–282.
- Bionte Technical Department, 2024, December 2. *Mycotoxins and respiratory diseases in poultry: How do mycotoxins impact them?* Bionte. Retrieved from <https://www.bionte.com/en/respiratory-diseases-in-poultry-how-do-mycotoxins-impact-them/>
- Bryden, W. L. 2012. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. *Animal Feed Science and Technology*, 173 (1-2), 134-158.
- Bryden, W. L., 2018. Mycotoxins in the food chain: Human health implications. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 27 (1), 103-109.
- CAST (Council for Agricultural Science and Technology). 2003. Mycotoxins: Risks in plant, animal, and human systems.
- EFSA Panel on Contaminants 2020. Risk assessment of mycotoxins in feed. *EFSA Journal*, 18 (3), e06112.
- Eskola, M., Kos, G., Elliott, C. T., Hajšlová, J., Mayar, S., and Krska, R., 2020. Worldwide contamination of food-crops

with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60 (16), 2773–2789.

Gómez-Osorio, L. M., Vasiljevic, M., Raj, J., Chaparro-Gutiérrez, J. J., and López-Osorio, S. 2024. Mycotoxins and coccidiosis in poultry—co-occurrence, interaction, and effects. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1387856.

Hosseini, S., Brenig, B., Winitchakorn, S., Kanmanee, C., Srinual, O., Tapingkae, W., and Gatphayak, K., 2023. Genetic assessment of the effect of red yeast (*Sporidiobolus pararoseus*) as a feed additive on mycotoxin toxicity in laying hens. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1254569.

Hussain, Z., Khan, M. Z., Khan, A., Javed, I., & Saleemi, M. K., 2020. Toxicopathological effects of aflatoxin B1 and its amelioration with activated charcoal in broiler chicks. *Toxicology Reports*, 7, 945–952.

Marin, S., Ramos, A. J., Cano-Sancho, G., and Sanchis, V., 2013. Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 218–237.

Paterson, R. R. M., & Lima, N. 2010. How will climate change affect mycotoxins in food? *Food Research International*, 43 (7), 1902-1914.

Paulk, C., and Truelock, C., 2021, December 27. *Mycotoxins in poultry feed*. World Grain. Retrieved from <https://www.world-grain.com/articles/16274-mycotoxins-in-poultry-feed>

Pitt, J. I., & Hocking, A. D. 2009. *Fungi and food spoilage*. Springer.

Sandu, D. 2023, December. *Mycotoxinoses in poultry*. Merck Veterinary Manual. Retrieved from

<https://www.merckvetmanual.com/poultry/mycotoxicoses-in-poultry/mycotoxicoses-in-poultry>

- Shanmugasundaram, R. 2022, October 28. *Mycotoxins can be a shot to the gut of poultry*. Tellus. Retrieved from <https://tellus.ars.usda.gov/stories/articles/mycotoxins-can-be-shot-gut-poultry>
- Smith, K. T., Smith, L. R., and Evans, M. L., 2020. The economics of mycotoxin contamination in livestock feed. *Journal of Agricultural Economics*, 71 (1), 45–62.
- Streit, E., et al. 2012. Current situation of mycotoxin contamination and co-occurrence in animal feed—focus on Europe. *Toxins*, 4 (9), 788-809.
- Yunus, A. W., Razzazi-Fazeli, E., and Bohm, J., 2011. Aflatoxin B1 in affecting broiler's performance, immunity, and gastrointestinal tract: A review of history and contemporary issues. *Toxins*, 3 (6), 566–590.
- Zain, M. E., 2011. Impact of mycotoxins on humans and animals. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18 (3), 187-193.

AKADEMİK PERSPEKTİFTEN

ZOOTEKNİ

yaz
yayınları

YAZ Yayınları

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar / AFYONKARAHİSAR

Tel : (0 531) 880 92 99

yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com