VETERİNER ZOOTEKNİDE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALAR,

ETİK YAKLAŞIMLAR VE İNSAN-HAYVAN ETKİLEŞİMİ

Editör:
Doç. Dr. Mehmet YARDIMCI



BİDGE Yayınları

Veteriner Zooteknide Biyoteknolojik Uygulamalar, Etik Yaklaşımlar ve İnsan-hayvan Etkileşimi

Editör: Doç. Dr. Mehmet YARDIMCI

ISBN: 978-625-5057-60-0

1. Baskı
Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL
Yayınlama Tarihi: 2026-10-25
BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374
Yayın hakları © BİDGE Yayınları
www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com
Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.
Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara

ÖNSÖZ

Veteriner zootekni, insanlığın gıda, lif ve iş gücü gereksinimlerinin karşılanmasında önemli bir rol üstlenen hayvan yetiştiriciliğini bilimsel ilkeler doğrultusunda geliştirmeyi, üretim süreçlerinin verimliliğini artırmayı ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını sağlamayı amaçlayan disiplinler arası bir bilim alanıdır. Bununla birlikte, modern hayvancılıkta verim artışı ve ekonomik sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda uygulanan üretim modelleri, hayvanların biyolojik gereksinimlerinin, davranışsal özelliklerinin ve refahının yeterince dikkate alınmaması riskini de beraberinde getirebilmektedir. Bu nedenle günümüz zootekni anlayışının yalnızca üretim performansını değil, hayvanların fizyolojik ve davranışsal gereksinimlerini, sağlık durumlarını ve etik açıdan korunmasını da kapsayan bütüncül bir yaklaşıma dayanması gerekmektedir. Elinizdeki eser, modern biyoteknolojik uygulamalardan hayvan refahı ve biyoetik tartışmalarına, oradan da insan-hayvan ilişkisinin psikolojik ve tarihsel boyutlarına uzanan farklı konuları ortak bir bilimsel ve eleştirel çerçevede ele almaktadır.

Eserin ilk bölümünü oluşturan konu ekseni, modern kanatlı yetiştiriciliğinde embriyonik gelişim sürecinin ve erken dönem besleme stratejilerinin önemine odaklanmaktadır. Özellikle hızlı büyüyen genotiplerde kuluçka süresinin toplam yaşam döngüsü içerisindeki önemli payı, embriyonun gelişimsel gereksinimlerinin kuluçka döneminde karşılanmasını önemli bir araştırma alanı hâline getirmiştir. Bu kapsamda ele alınan “in ovo” besleme uygulamaları, yağda ve suda çözünen vitaminlerin embriyonik gelişim, kuluçka randımanı, bağırsak histomorfolojisi, iskelet gelişimi ve mineralizasyonu, antioksidan savunma mekanizmaları ve erken dönem bağışıklık yanıtı üzerindeki olası etkilerini değerlendirmektedir. Uygulamanın sonuçları vitaminin türüne,

dozuna, enjeksiyon bölgesine, uygulama zamanına ve embriyonun gelişim evresine bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle *in ovo* vitamin uygulamalarının kanatlı yetiştiriciliğinde kullanım potansiyeli, yalnızca üretim performansı açısından değil, embriyonik gelişimin güvenliği ve civcivlerin yaşamın ilk dönemlerindeki fizyolojik yeterliliği bakımından da değerlendirilmelidir.

Eserde ele alınan ikinci konu ekseni, hayvansal üretimde teknik yeniliklerin biyolojik sonuçlarını ve etik sınırlarını sorgulamaktadır. Bu bağlamda, antineoplastik ve immünosupresif özellikleri bulunan sitotoksik bir ajan olan siklofosfamidin, yapağı ve lif hasadını kolaylaştırmak amacıyla bazı ruminantlarda kimyasal kırkım yöntemi kapsamında kullanılmasının bilimsel ve etik boyutları incelenmektedir. Tıpta belirli hastalıkların tedavisinde kullanılan bir ilacın hayvansal üretimde farklı bir amaçla değerlendirilmesi, farmakolojik etkinliğin yanı sıra toksikolojik güvenlik, hayvan sağlığı, gıda güvenliği ve çevresel etkiler açısından da kapsamlı bir değerlendirme gerektirmektedir. Siklofosfamidin kemik iliği baskılanması ve diğer sistemik toksisite riskleri, ayrıca hayvansal ürünlerde kalıntı oluşumu olasılığı, bu tür uygulamaların değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken temel unsurlardır. Bu örnek, zootekni uygulamalarında teknik olarak gerçekleştirilebilir bir yöntemin bilimsel açıdan gerekçelendirilmesi ve etik bakımdan kabul edilebilirliği arasında ayrım yapılmasının önemini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla üretim süreçlerinde yenilikçi yöntemlerin değerlendirilmesi, yalnızca uygulama kolaylığı ve ekonomik kazanç ölçütleriyle sınırlandırılmamalı; hayvan refahı, biyolojik güvenlik ve toplumsal sorumluluk ilkeleriyle birlikte ele alınmalıdır.

Eserin üçüncü konu ekseni, insan-hayvan ilişkisini üretim faaliyetlerinin ötesine taşıyarak adli psikoloji ve psikotarih perspektiflerinden incelemektedir. Bu bölümde, hayvanlara yönelik kasıtlı şiddet davranışları ile empati, çocukluk dönemindeki olumsuz

yaşantılar, aile içi şiddet ve kişiler arası saldırganlık arasındaki olası ilişkiler, "şiddet bağı" kavramı çerçevesinde tartışılmaktadır. Hayvanlara yönelik eziyetin bireysel ve toplumsal boyutlarının anlaşılması, şiddet davranışlarının gelişimsel ve çevresel belirleyicilerinin incelenmesi açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte, hayvana yönelik şiddet ile insanlara yönelik saldırganlık arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde tek yönlü ve kaçınılmaz bir nedensellik varsayımından kaçınılmalı; bireysel, ailesel ve toplumsal etkenlerin birlikte değerlendirilmesi gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Tarihsel örnekler üzerinden hayvanların tahakküm, cezalandırma ve siyasal güç gösterisinin araçları olarak kullanılmasının incelenmesi ise şiddetin yalnızca bireysel davranışlarla sınırlı kalmayıp toplumsal ve kurumsal yapılar içerisinde de ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Bu yaklaşım, hayvanlara yönelik şiddetin önlenmesini hem hayvan refahının korunması hem de şiddet davranışlarının daha geniş toplumsal bağlamda anlaşılması bakımından önemli kılmaktadır.

Eserde bir araya getirilen bu farklı konu alanlarının ortak noktası, hayvanların biyolojik özellikleri, gereksinimleri ve refahlarının insan kaynaklı amaçlar doğrultusunda ne ölçüde dikkate alındığı sorusudur. Embriyonik gelişime yönelik biyoteknolojik müdahalelerden hayvansal üretimde kullanılan farmakolojik yöntemlere, oradan da insan-hayvan ilişkilerinin psikolojik ve tarihsel boyutlarına uzanan tartışmalar, zootekninin yalnızca verim, maliyet ve üretim kapasitesi üzerinden tanımlanamayacağını ortaya koymaktadır. Bilimsel gelişmelerin hayvansal üretime sağladığı olanakların, hayvanların sağlık ve refahı ile biyolojik bütünlükleri üzerindeki etkileri dikkate alınarak değerlendirilmesi, çağdaş zootekni yaklaşımının temel sorumlulukları arasındadır. Bu çerçevede bilimsel ilerleme, yalnızca yeni tekniklerin geliştirilmesiyle değil, bu tekniklerin amaçlarının, sonuçlarının ve

etik açıdan kabul edilebilirliğinin eleştirel biçimde değerlendirilmesiyle de anlam kazanmaktadır.

Bu eserin veteriner hekimler, zooteknistler, araştırmacılar ve öğrenciler için güncel bilimsel yaklaşımları ve uygulamaları değerlendirmeye yardımcı bir kaynak olmasını; aynı zamanda hayvansal üretimde verimlilik, sürdürülebilirlik, hayvan refahı ve biyoetik arasındaki ilişkinin daha kapsamlı biçimde ele alınmasına katkı sağlamasını diliyorum.

Doç. Dr. MEHMET YARDIMCI

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

İÇİNDEKİLER

KANATLI HAYVANLARDA İN OVO VİTAMİN UYGULAMALARI 1
YAREN EMEN, BÜŞRA YARANOĞLU

SİKLOFOSFAMİDİN ZOOTEKNİ'DE "KİMYASAL KIRKIM" OLARAK TARİHSEL VE ELEŞTİREL DEĞERLENDİRMESİ 56
MEHMET YARDIMCI

Hayvanlara Yönelik Şiddetin Psikotarihsel Anatomisi 66
MEHMET YARDIMCI

BÖLÜM 1

KANATLI HAYVANLARDA İN OVO VİTAMİN UYGULAMALARI

YAREN EMEN[1]
BÜŞRA YARANOĞLU[2]

Giriş

Günümüzde hızlı büyüme kapasitesine sahip genotiplerin kullanılmasıyla birlikte, embriyonal dönemden itibaren metabolik aktivite artmakta; bu durum hem kuluçka süresince hem de çıkış sonrası erken dönemde civcivlerin besin madde gereksinimlerini daha da arttırmaktadır. Bu gereksinimlerin yeterli düzeyde karşılanamaması, ilerleyen dönemlerde yaşama gücünün azalmasına, bağışıklık sisteminin zayıflamasına canlı ağırlık ve verim kayıplarına yol açabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda erken dönem besleme uygulamaları yoğun ilgi görmüş ve bu kapsamda yumurta içi (in ovo) enjeksiyon tekniği ile embriyoya doğrudan besin, hormon ve prebiyotik gibi takviyelerin yapılması önemli bir uygulama alanı hâline gelmiştir (Eisa Beiglou, 2010; Oliveira et al., 2015; Yair et al., 2015; Açıkgöz & Kırkpınar, 2017). Etlik piliç

[1] Veteriner Hekim, Kula Canlı Faaliyetler Ticaret A.Ş., Orcid: 0009-0009-9869-0436
[2] Doçent Dr, Balıkesir Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0003-1260-3645

üretiminde kuluçka süreci, toplam yaşam süresinin yaklaşık %35'ine karşılık gelmekte olup, bu dönem broyler yetiştiriciliğinde yalnızca çıkış başarısı açısından değil, aynı zamanda ilerleyen dönemlerdeki sağlık ve performans özellikleri bakımından da öneme sahiptir (Bigot et al., 2003; Uni & Ferket, 2004; Sözcü, 2018).

Kanatlı üretiminde ekonomik verimliliği doğrudan etkileyen temel unsurların başında civciv çıkış oranı ve çıkış ağırlığı gelmektedir. Civcivler genellikle yumurtadan 36-48 saat içerisinde çıkmakta ve %95'lik çıkış oranına ulaşıldığında kuluçka süreci sonlandırılmaktadır. Ancak bu süreci takiben yapılan sağlık kontrolleri, cinsiyet ayırımı ve yetiştirme kümesine sevk işlemleri nedeniyle civcivler bazı zamanlarda 48-72 saate varan sürelerde yeme ve suya ulaşamayabilirler. Bu süre zarfında aç ve susuz kalan civcivlerde başlangıç canlı ağırlığı düşmekte, büyüme gerilemekte ve kesim ağırlığı sonuçları standart değerlerinin altında seyretmektedir. Bu olumsuzluklar, erken dönemde civcivlerin beslenme durumunu iyileştirmeye yönelik araştırmaların artmasına neden olmuş ve bu çalışmaların sonucu olarak in ovo besleme uygulamaları gündeme gelmiştir (Bozbay et al., 2016).

Kuluçka sürecinde civciv embriyolarının tüm besinsel ihtiyaçları yumurta akı ve sarısından karşılanmaktadır. Yumurta akı, yumurtanın yaklaşık %65-75'lik kısmını oluşturmakta ve içeriğinin büyük bölümü %88 su ile %12 proteinden meydana gelmektedir (Romanoff, 1960; Shenstone, 1968). Yumurta sarısı ise yaklaşık olarak %50 su, %15 protein, %33 yağ ve %1'den daha az karbonhidrat içermektedir. Yumurta sarısının kimyasal yapısı; yumurtanın ağırlığı, genetik özellikler, anaç yaşı ve anaçların tükettiği yemle yakından ilişkilidir. Bu faktörler, çıkış sonrası civcivlerin performansı ve yaşama gücü üzerinde belirleyici olmaktadır (Triyuwanta & Nys, 1992; Hossain et al., 1998; Peebles et al., 1999; Enting et al., 2007). Özellikle hızlı büyüme gösteren broyler hatlarında yumurta içi rezervlerin yetersiz kalması,

embriyonik gelişimi sınırlayan önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Karageçili et al., 2017).

İn ovo teknik, kuluçka süresi sırasında ya da çıkışa yakın dönemde, kanatlı yumurtasına çeşitli biyolojik ve besinsel maddelerin enjeksiyonu esasına dayanan biyoteknolojik bir uygulama olarak tanımlanmaktadır (Yiğit, 2016). Bu yöntem; karbonhidrat, protein, vitamin, mineral gibi besin maddeleri ile hormon, antikor ve farklı biyolojik solüsyonların embriyonik keselere ya da doğrudan embriyoya sıvı formda uygulanmasını kapsamaktadır (Herfiana, 2007). Böylece embriyo, henüz kuluçka dönemindeyken doğrudan desteklenmekte ve çıkış sonrası döneme daha iyi bir fizyolojik hazırlıkla girmektedir (Yiğit, 2016; Sözcü, 2018).

İn ovo tekniği artı olarak kuluçka öncesi ve sonrası etkilerinin yanında kanatlı yetiştiriciliğinde iş gücü tasarrufu sağlayabilir, standardize edilebilir ve sürü bazlı uygulamaya imkân tanır. İn ovo tekniğin patenti ilk olarak 1985 yılında Embrex firması tarafından alınmıştır (Sharma & Burmester, 1984). Daha sonra yine Embrex tarafından geliştirilen Inovoject sistemi, yumurtaya otomatik enjeksiyon imkânı sağlayarak in ovo uygulamalarının ticari ölçekte yaygınlaşmasına olanak tanımıştır (Johnston et al., 1997). Günümüzde bu sistemler, özellikle büyük ölçekli kuluçkahanelerde aşılama amacı ile yaygın olarak kullanılmaktadır (Yiğit, 2016).

İn ovo uygulamalarının kullanım amaçları oldukça geniştir. Bu teknik; çıkış gücünün yükseltilmesi (Tako et al., 2004), civcivlerin çıkış öncesi aşılanması, sindirim kapasitesinin artırılması ve bağırsak gelişiminin desteklenmesi (Uni & Ferket, 2003), iskelet yapısının güçlendirilmesi (Hargis et al., 1989), bağışıklık sisteminin geliştirilmesi (Gore & Qureshi, 1997; Jochemsen & Jeurissen, 2002), çıkış sonrası canlı ağırlık artışı ile yemden yararlanma oranının iyileştirilmesi (Ohta et al., 1999; Bhanja et al., 2004), ilk hafta mortalite oranlarının düşürülmesi (Uni & Ferket, 2004) ve kas

gelişiminin desteklenmesi (Hajihosaini & Mottaghitalab, 2004) gibi çok sayıda hedef doğrultusunda uygulanmaktadır. Elde edilen bulgular, in ovo tekniğinin hem embriyonik dönem hem de çıkış sonrası performans üzerinde belirgin etkiler oluşturabildiğini ortaya koymaktadır (Sözcü & Curabay, 2014).

İn ovo besleme, yumurta içi rezervlerin yetersizliğinden kaynaklanan kısıtlayıcı etkileri azaltabilmektedir. İn ovo erken beslemenin embriyonik dönemde bağırsak gelişimini hızlandırdığı, bu civcivlerin ise çıkış sonrası erken dönemde yemlenen civcivlere benzer canlı ağırlık ve bağırsak morfolojisine sahip olduğu bildirilmektedir. Bu durum, sindirim kanalında yararlı mikrobiyal kolonizasyonun daha erken dönemde başlamasına katkı sağlamaktadır (Uni & Ferket, 2004). Ancak yöntemin etkinliği; enjeksiyon zamanı, uygulama bölgesi, kullanılan solüsyon tipi ve doz gibi birçok teknik faktöre bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle yönteme ilişkin araştırmaların artması, tekniğin avantaj ve dezavantajlarının daha net ortaya konulması açısından önem taşımaktadır (Beiglou, 2010).

İn ovo tekniğinin etki mekanizmasının tam olarak anlaşılabilmesi için embriyonun yumurta içerisinde geçirdiği sürecin ayrıntılı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Fertilizasyonun başarılı bir şekilde gerçekleşebilmesi için spermatozoon ile oositin uygun zamanda ve uygun anatomik bölgede karşılaşması zorunludur. Spermatozoalar, in vivo koşullarda fertilizasyon bölgesine ulaşabilmek için dişi genital sisteminde çeşitli fizyolojik engellerden geçmektedir. Ovulasyonun çiftleşme zamanına her zaman denk gelmemesi nedeniyle, spermatozoonların dişi genital sistem içerisinde belirli sürelerle muhafaza edilmesini sağlayan özel yapılar gelişmiştir. Balıklar, amfibiler, sürüngenler ve kanatlılar gibi birçok türde sperma, sperma depolama tubulleri içinde korunmakta ve ovulasyon zamanı fertilizasyon bölgesine taşınmaktadır (Holt, 2011; Nizam & Selçuk, 2019).

Ovaryumda farklı olgunluk düzeylerinde bulunan oositlerden olgunlaşan yumurta hücresi, lutein hormonunun etkisiyle oviduktun ilk bölümü olan infundibuluma bırakılır. İnfundibulumda spermalar yaklaşık iki haftaya kadar canlı kalabilmekte ve döllenme bu bölgede gerçekleşmektedir. Yumurta burada yaklaşık 15 dakika kaldıktan sonra magnuma geçmekte, magnumda katı albumin sentezlenmekte, ardından istmusta kabuk zarları oluşmakta ve son olarak uterusta yaklaşık 20 saat süren kabuk oluşumu tamamlanmaktadır. Bir yumurtanın ovulasyondan yumurtlamaya kadar geçen toplam süresi ortalama 24,5 saat olarak bildirilmektedir (Şamlı & Okur, 2016).

Kanatlılarda embriyonik gelişim, embriyonun morfolojik ve fizyolojik değişimlerine bağlı olarak erken, orta ve geç dönem olmak üzere üç temel evrede incelenmektedir. Bu dönemler, embriyonun çevresel koşullara duyarlılığı, metabolik gereksinimleri ve çıkış başarısı açısından birbirinden farklı özellikler göstermektedir. Embriyonik gelişimin her aşamasında meydana gelen fizyolojik olayların doğru şekilde anlaşılması, kuluçka sürecinde karşılaşılan embriyo kayıplarının nedenlerinin ortaya konması ve çıkış verimliliğinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır (Ünbaş et al., 2023).

Birinci dönem (erken dönem), embriyonik gelişimin başlangıcını oluşturmakta ve iç organların şekillenmeye başladığı kritik günleri kapsamaktadır. Bu dönemde hızlı hücre bölünmeleri gerçekleşmekte, temel organ sistemlerinin taslakları oluşmakta ve dolaşım sisteminin gelişimiyle birlikte kalp atışları gözlenmektedir. Metabolik aktivitenin henüz sınırlı olduğu bu aşamada, embriyo çevresel stres faktörlerine karşı oldukça hassas olup sıcaklık ve nemdeki küçük sapmalar dahi embriyonik ölümlere yol açabilmektedir. Bu nedenle erken dönem, embriyonun yaşama tutunması açısından en kritik evrelerden biri olarak değerlendirilmektedir (Ainsworth et al., 2010).

İkinci dönem (orta dönem), embriyonun dış morfolojik yapılarının belirginleştiği ve organ sistemlerinin hızlı bir gelişim gösterdiği evredir. Bu aşamada ekstremiteler, gözler ve gaga gelişimini sürdürürken embriyonun vücut kütlesi önemli ölçüde artar. Prenatal gelişimin ilerlemesine bağlı olarak embriyonun oksijen ihtiyacı belirgin şekilde yükselir ve koryoallantoik membran gaz değişiminde temel rol üstlenir. Oksijen yetersizliği, yetersiz havalandırma veya uygunsuz sıcaklık koşulları, bu dönemde embriyonik gelişimi olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu yönüyle orta dönem, embriyonun çevresel koşullara adaptasyon kapasitesinin sınandığı kritik bir süreçtir (Ainsworth et al., 2010; Li et al., 2019).

Üçüncü dönem (geç dönem) ise embriyonun çıkışa hazırlandığı ve fizyolojik fonksiyonların olgunlaştığı evreyi temsil etmektedir. Bu dönemde embriyo, amniyon sıvısını ağız yoluyla alarak sindirim sistemini fonksiyonel hale getirmekte; alınan sıvı sayesinde karaciğer ve kas dokusunda glikojen depolanması gerçekleşmektedir. Bu enerji rezervleri, çıkış ve çıkış sonrası erken dönem için hayati öneme sahiptir. Aynı zamanda akciğer solunumu aktive olmakta, yumurta sarısı kesesi karın boşluğuna çekilmekte ve embriyo dış yaşama fizyolojik olarak uyum sağlamaktadır. Dönemin sonunda civciv, kabuğu içeriden kırarak çıkış sürecini tamamlamaktadır (Li et al., 2019; Ünbaş et al., 2023).

Embriyonik gelişim sürecinin her döneminde embriyonun farklı fizyolojik gereksinimlere sahip olması, kuluçka koşullarının dönemsel olarak optimize edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu dönemlere özgü gereksinimlerin doğru şekilde belirlenmesi ve çevresel koşullara verilen yanıtların anlaşılması, embriyo kayıplarının azaltılması ve genel kuluçka performansının artırılması açısından temel bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Ünbaş et al., 2023).

Embriyo beslenmesi açısında başlıca enerji kaynağı yumurta sarısı, en önemli protein kaynağı ise albumindir (Vieira & Moran,

1999; Noy & Sklan, 2001). Kuluçkanın son dönemlerinde kullanılmayan yumurta sarısı karın boşluğuna çekilmekte ve civcivin çıkıştan sonraki ilk günlerinde hem metabolik enerji ihtiyacını karşılamakta hem de ince bağırsak gelişimini uyarmaktadır. Civciv çıkış ağırlığının %20–30'unun yumurta sarısından oluştuğu, hindi palazlarında ise bu oranın %10–12 seviyelerinde olduğu bildirilmektedir. (Noy & Sklan, 1996; Vieira & Moran, 1999; Noy & Sklan, 2001).

Yumurta sarısı, başlıca lipitler, proteinler ve lipoprotein komplekslerinden oluşmaktadır. Lipit içeriği trigliseritler, fosfolipitler ve kolesterolden meydana gelerek enerji metabolizmasında rol oynarken; protein bileşenleri mineral bağlama, bağışıklık ve antioksidan özellikler göstermektedir (Anton, 2007). Bu lipidler embriyonik dönemde endositoz yoluyla kana geçmekte ve çıkış sonrası sindirim kanalında pankreatik lipaz etkisiyle hidrolize edilmektedir (Çelik & Açıkgöz, 2006). Yumurta sarısı kesesi, civcivlerin birkaç günlük besin ihtiyacını karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Ancak sindirim sisteminin katı yemlere uyum sağlayabilmesi için civcivlerin en geç ilk 48 saat içerisinde yem ve suyla buluşturulması gerekmektedir. Yumurtadan çıktıktan sonraki ilk hafta, özellikle bağırsak gelişimi ve sindirim fonksiyonlarının olgunlaşması açısından kritik bir dönem olarak kabul edilmektedir (Maiorka et al., 2004; Uni & Ferket, 2004). Bu nedenle in ovo uygulamaları, embriyonik ve erken postnatal dönemi birlikte destekleyerek civcivlerin fizyolojik adaptasyonunu hızlandıran önemli bir besleme stratejisi olarak değerlendirilmektedir (Çelik & Açıkgöz, 2006; Sözcü & Curabay, 2014; Sözcü, 2018).

İn Ovo Besleme

İn ovo besleme, kuluçka sürecinde embriyonun gelişimini desteklemek amacıyla yumurta içine çeşitli besin maddeleri ve

biyolojik olarak aktif bileşenlerin kontrollü biçimde enjekte edilmesine dayanan bir uygulamadır. Bu yöntem sayesinde embriyo, daha çıkış gerçekleşmeden önce enerji, yapı taşı ve düzenleyici maddelerle doğrudan desteklenmektedir (Ohta et al., 2001; Uni & Ferket, 2004). İn ovo uygulamalarda karbonhidratlar, protein ve amino asitler, yağlar, mineraller, doğal katkı maddeleri, probiyotikler ve hormonlar en sık kullanılan madde grupları arasında yer almaktadır (Sözcü, 2018).

Tarhan ve Peşmen (2023) tarafından yapılan çalışmada, Cobb 500 etlik piliç kuluçkalık yumurtalarına kuluçkanın 18. gününde hava kesesine 10 ve 15 mg glukoz ile 3 ve 6 mg C vitamini içeren 0,1 ml çözelti in ovo olarak uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek çıkış gücü 10 mg glukoz grubunda, en yüksek civciv ağırlığı 15 mg glukoz grubunda, en yüksek civciv uzunluğu ise 10 mg glukoz grubunda belirlenmiştir. C vitamini uygulamalarında ise en yüksek civciv ağırlığı ve civciv uzunluğu 3 mg C vitamini grubunda, en yüksek çıkış gücü ise 6 mg Vitamin C grubunda saptanmıştır. Genel olarak, 10 mg'a kadar glukoz ve 6 mg'a kadar C vitamini uygulamalarının civcivlerin çıkış özelliklerini olumlu yönde etkilediği, 15 mg glukoz dozunun ise bazı parametrelerde dengesizlik oluşturabildiği ifade edilmiştir.

Ohta ve ark. (2001) tarafından yürütülen çalışmada, damızlık yumurtalarında kuluçkanın 7. gününde sarı kesesine 0,5 ml saf kristal amino asit çözeltisi in ovo olarak enjekte edilmiştir. Kuluçkanın 19. gününde yapılan analizlerde, amino asit uygulanan yumurtalarda embriyo, yumurta sarısı, albumen ve allanto-amniyotik sıvıdaki toplam amino asit düzeylerinin kontrol grubuna göre anlamlı şekilde arttığı belirlenmiştir. Bu bulgu, in ovo amino asit uygulamasının embriyonun protein rezervlerini artırdığını ve doku gelişimini doğrudan desteklediğini göstermektedir.

Salmanzadeh ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, hindilere ait döllü yumurtalara inkübasyonun 7. gününde sarı

kesesine 10, 20 ve 30 mg bütirik asit içeren 0,5 ml çözelti in ovo olarak uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, bütirik asit verilen civcivlerin çıkış anındaki vücut ağırlıklarının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu, ayrıca ince bağırsak villus yüksekliğinin arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık enjeksiyon yapılan gruplarda çıkış oranında kontrol grubuna göre düşüş meydana geldiği ifade edilmiştir.

Şentürk ve Yıldız (2019) tarafından yapılan çalışmada, Japon bıldırcını yumurtalarına farklı dozlarda çinko, manganez ve bakır içeren mineral karışımı in ovo olarak uygulanmıştır. Uygulama sonucunda kalp ve karaciğer ağırlıkları ile civciv ve kanat uzunluklarının mineral enjeksiyonu ile arttığı, buna karşılık sarı kese ağırlığının azaldığı saptanmıştır. Ayrıca mineral uygulaması yapılan gruplarda civcivlerin çıkışının daha erken başladığı gözlemlenmiştir.

Bozbay ve ark. (2016) tarafından yürütülen çalışmada, yavaş büyüyen iki farklı broyler hattına ait döllenmiş yumurtalara propolis enjeksiyonunun ve enjeksiyon bölgelerinin kuluçka performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, Ross × Rhode Island Red ve Ross × Barred Plymouth Rock damızlıklarından elde edilen yumurtalara kuluçkanın 18. ve 19. günlerinde hava kesesi veya amniyotik sıvı yoluyla %4,6 oranında propolis çözeltisi ya da fizyolojik serum in ovo olarak uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, yumurtaya propolis enjeksiyonunun genel olarak kuluçka oranı, civciv çıkış ağırlığı ve yeni çıkan civcivlerin yaşama gücü üzerinde belirgin bir etki oluşturmadığı, ancak hava kesesine yapılan propolis enjeksiyonunun kuluçka oranını artırdığı, buna karşılık civciv çıkış ağırlığını azaltma eğilimi gösterdiği bildirilmiştir.

Teber ve Yıldırım (2020) tarafından yürütülen başka bir çalışmada, Ross 308 broyler kuluçkalık yumurtalarına kuluçkanın 18. gününde amniyon sıvısına %5, %10 ve %15 oranlarında propolis ekstraktı içeren 0,5 ml çözelti in ovo olarak uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, propolis uygulamasının çıkış gücünü istatistiksel

olarak düşürdüğü, toplam ölüm oranlarını artırdığı belirlenmiştir. Buna karşılık tepsi ölümü bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Teague ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, broiler embriyolarına kuluçkanın 18. gününde FloraMax-R-B11(Lactobacillus salivarius, Pediococcus parvulus) probiyotiği in ovo olarak uygulanmıştır. Probiyotik uygulamasının çıkış oranını olumsuz etkilemediği; buna karşılık ileum villus yüzey alanını artırarak besin maddelerinin emilim kapasitesini yükselttiği, çıkış sonrası ilk hafta canlı ağırlık artışını desteklediği ve bağırsakta rekabetçi kolonizasyon ile bariyer fonksiyonunu güçlendirmesi sonucu Salmonella enteritidis'in tutunma ve çoğalma kapasitesini azaltarak enfeksiyon sıklığını anlamlı düzeyde düşürdüğü bildirilmiştir.

Ahmadi ve ark. (2024) tarafından yürütülen çalışmada ise etlik damızlık yumurtalara inkübasyon öncesinde 5 µg leptin in ovo olarak uygulanmıştır. Çıkış sonrası dişi civcivler %17 ham protein içeren düşük proteinli diyet ve %22 ham protein içeren standart diyet ile beslenmiştir. Yedinci ve yirmi sekizinci günlerde yapılan incelemelerde, leptin uygulamasının erken dönemde hipofiz gonadotropin genlerinin aktivitesini artırdığı, ayrıca 28. günde düşük proteinle beslenen leptinli civcivlerde birincil folikül oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, in ovo leptin uygulamasının ileriki dönem yumurtalık gelişimi ve üreme fizyolojisi üzerinde etkili olabileceğini ortaya koymaktadır.

Diğer maddelerin yanı sıra vitaminlerin de embriyo gelişimi sırasında birçok metabolik ve fizyolojik olayda ve bağışıklık sisteminin şekillenmesinde rol aldığı; bu sayede çıkış oranı, civciv kalitesi ve çıkış sonrası performansın iyileştirilebildiği ifade edilmektedir (Abdulqader et al., 2017).

İn Ovo Enjeksiyon Bölgeleri

İn ovo besin madde enjeksiyonu, embriyonun gelişim dönemine ve uygulanacak maddenin biyolojik işlevine bağlı olarak yumurtanın farklı bölümlerine yapılabilmektedir. İn ovo uygulamalarında enjeksiyon bölgesi olarak hava kesesi, allantoik kese, amniyotik kese, sarı kesesi ve doğrudan embriyoya uygulamalar yapılmaktadır (Johnston et al., 1997). Hava kesesi, yumurtanın küt ucunda yer alan ve gaz ile dolu olan bölge olup, özellikle aşı uygulamalarında tercih edilmektedir. Allantoik kese, embriyonik atıkların depolandığı yapı olarak tanımlanır, amniyotik kese, embriyoyu çevreleyen ve amniyon sıvısı içeren, embriyoyu mekanik darbeler ve ısı değişimlerine karşı koruyan zardır. Sarı kesesi ise embriyonun gelişimi için gerekli besin maddelerini içerir (Wakenell et al., 2002). Gonzales ve ark. (2013), broyler embriyolarına kuluçkanın 17. gününde allantoik boşluk yoluyla 25-hidroksikolekalsiferol uygulanmasının etkilerini incelemiştir. Bulgular, bu uygulamanın civcivlerin yumurtadan çıkış süresini yaklaşık 4-5 saat erkene çektiğini, ancak çıkım oranı, civciv kalitesi ve erken dönem performans üzerinde belirgin bir etki oluşturmadığını göstermiştir. Tarhan ve Peşmen (2023) tarafından yapılan çalışmada, Cobb 500 etlik piliç kuluçkalık yumurtalarına kuluçkanın 18. gününde hava kesesine 10 ve 15 mg glukoz ile 3 ve 6 mg C vitamini içeren 0,1 ml çözelti in ovo olarak uygulanmıştır. Sonuçlar, 10 mg glukoz ve 6 mg'a kadar C vitamini uygulamalarının çıkış gücü ve civciv gelişimini olumlu etkilediğini, 15 mg glukoz dozunun ise bazı çıkış parametrelerinde dengesizlik oluşturabildiğini göstermiştir.

Amniyotik kese ise özellikle kuluçkanın son döneminde embriyonun amniyon sıvısını ağız yoluyla tüketmesi nedeniyle, geç embriyonik dönemde yapılan enjeksiyonlar açısından kritik bir uygulama bölgesi olarak öne çıkmaktadır. (Uni et al., 2005) Bu dönemde embriyo, amniyon sıvısını ağız yoluyla alarak bağırsak fonksiyonlarını aktive etmekte; alınan sıvı ile karaciğer ve kaslarda

glikojen rezervleri oluşturulmakta, akciğer solunumu başlamakta, yumurta sarısı kesesi karın boşluğuna çekilmekte ve son gün kabuk içeriden kırılarak çıkış gerçekleşmektedir (Moran, 2007). Alizadeh (2022) tarafından yapılan çalışmada, A ve D vitaminlerinin probiyotik laktobasillerle birlikte kuluçkanın 18. gününde amniyotik kese içine in ovo uygulanmasının tavuklarda bağışıklık yanıtını güçlendirdiği bildirilmiştir. Özellikle retinoik asit ile probiyotik kombinasyonunun, hücresel ve humoral bağışıklık parametrelerini belirgin şekilde artırdığı, kuluçka verimini ise etkilemediği ifade edilmiştir. Yumurtadan çıkışın son günlerine doğru, yumurta sarısı kesesinde kalan besin maddelerinin göbek yoluyla embriyonik dolaşıma geçtiği ve civcivlerin yem ve suya ulaşana kadar bu rezervleri kullandığı bildirilmektedir (Bauer et al., 2013). Salmanzadeh ve ark. (2014), hindilere ait döllü yumurtalara inkübasyonun 7. gününde sarı kesesine bütirik asit uygulanmasının etkilerini incelemiştir. Bulgular, uygulamanın civcivlerin çıkış ağırlığı ve ince bağırsak villus gelişimini artırdığını, ancak çıkış oranında düşüşe yol açabildiğini göstermiştir.

İn Ovo Enjeksiyon Zamanı

İn ovo enjeksiyonun uygulanacağı zaman, en az enjeksiyon bölgesi kadar önemli bir faktördür. Embriyonik gelişim; 1-7. günler (erken dönem), 8–14. günler (orta dönem) ve 15–21. günler (geç dönem) olmak üzere üç temel safhadan oluşmaktadır (Moran, 2007). Bu evrelerin her birinde embriyonun fizyolojik görevleri ve beslenme gereksinimleri farklılık göstermektedir. Bu nedenle enjeksiyon zamanı, uygulanacak maddenin biyolojik işlevine ve embriyonun gelişim sırasındaki ihtiyacına göre belirlenmelidir (Zhu et al., 2018). Ohta ve ark. (2001) tarafından yürütülen çalışmada, damızlık yumurtalarına kuluçkanın 7. gününde sarı kesesine 0,5 ml saf kristal amino asit çözeltisinin in ovo olarak enjekte edilmesinin, embriyonun protein rezervlerini artırdığı ve doku gelişimini doğrudan desteklediği gösterilmiştir. Salary ve ark. (2014)

tarafından yapılan çalışmada, broyler yumurtalarına kuluçkanın 14. gününde 15 mg ve 30 mg vitamin E in ovo olarak uygulanmıştır. Bulgular, özellikle 30 mg vitamin E uygulamasının 21. ve 42. günlerde antikor titreleri ve immünoglobulin düzeylerini anlamlı biçimde artırarak bağışıklık yanıtını güçlendirdiğini, büyüme performansı üzerine ise belirgin bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Tarhan ve Peşmen (2023) tarafından yapılan çalışmada, Cobb 500 etlik piliç kuluçkalık yumurtalarına kuluçkanın 18. gününde, hava kesesine 10 ve 15 mg glukoz ile 3 ve 6 mg C vitamini içeren 0,1 ml çözelti in ovo olarak uygulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, 10 mg'a kadar glukoz ve 6 mg'a kadar C vitamini uygulamalarının civcivlerin çıkış gücü ve gelişim özelliklerini olumlu yönde etkilediği ifade edilmiştir.

İn Ovo Tekniğinde Vitamin Uygulamaları

A Vitamini

A vitamini; alkol formu (retinol), aldehit formu (retinal) ve asit formu (retinoik asit) olmak üzere üç farklı kimyasal bileşik halinde bulunur ve bu üç formun tamamı kanatlılar ve diğer hayvan türlerinde A vitamini aktivitesi göstermektedir. Bu formlar vücutta birbirine dönüşebilmekte ve özellikle epitel dokuların bütünlüğü, görme fonksiyonu ve bağışıklık sistemi üzerinde temel düzenleyici rol üstlenmektedir. Retinol daha çok depolama formu olarak görev yaparken, retinal görme olayında, retinoik asit ise hücresel farklılaşma ve gen ekspresyonunun düzenlenmesinde etkilidir (Aksoy & Daş, 2012).

Kanatlı hayvanlarda A vitamininin yetersiz alınması durumunda; büyüme geriliği, zayıflık, tüy yapısında bozulma, gözyaşı bezlerinde sıvı azalması, gece körlüğü, civcivlerde halsizlik ve iştahsızlık, yumurta verimi ve çıkış gücünde düşüş, enfeksiyonlara karşı direncin azalması ve epitel dokunun yenilenememesi gibi belirtiler ortaya çıkmaktadır (Öztürk, 2020).

Ayrıca ileri düzey yetersizliklerde görme fonksiyonunda şiddetli bozulma, körlük, göz ve solunum epitellerinde keratin tabakasının kalınlaşması, ağız ve yemek borusunda epitel sertleşmesi, bakteriyel ve viral hastalıklara yatkınlık ile böbrekler başta olmak üzere iç organlarda ürat kristali birikimine bağlı gut hastalığı gelişebilmektedir (Eray et al., 2017).

A vitamini, bağışıklık sistemi açısından da kritik bir role sahiptir. Lenfoid organların ve epitel dokuların devamlılığını sağlayarak hem hücresel hem de humoral bağışıklığı güçlendirmektedir. A vitamini, özellikle B-lenfositlerinin gelişimi ve farklılaşmasında doğrudan etkilidir. Yetersizlik durumunda serum immunglobulin düzeyleri düşmekte, IgG ve IgA üretimi azalmakta, mitojenlere karşı yanıt zayıflamakta ve doğal öldürücü hücre aktivitesi baskılanmaktadır. Ayrıca A vitamini eksikliğinin bursa fabriciusun bazal hücrelerinde keratinizasyona ve T-lenfosit yanıtında azalmaya neden olduğu bildirilmektedir (Sarıca et al., 2009)

A vitamininin aşırı alımı da en az yetersizliği kadar olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Fazlalığında civcivlerin protein antijenlerine ve hücresel bağışıklığa karşı yanıtları zayıflamakta, ayrıca vitamin E'nin etkinliği baskılandığı için genel bağışıklık düzeyi düşmektedir. A vitamini fazlalığı olan hayvanların E. coli enfeksiyonlarına karşı daha hassas hale geldikleri bildirilmektedir (Kidd, 2004).

Kanatlı beslemede rasyona vitamin ilavesi yoluyla yapılan çalışmalar, A vitamininin broyler tavuklarda büyüme performansı, et kalitesi ve bağışıklık sistemi üzerinde önemli düzenleyici etkiler ortaya koyduğunu göstermektedir. Savaris ve ark. (2021), broyler rasyonlarına farklı düzeylerde (0–46.000 IU/kg) A vitamini takviyesinin ve uygulama süresinin, 42 günlük yaşta karkas özellikleri, et rengi, kesme kuvveti, lipid oksidasyonu ile odunsu göğüs ve beyaz çizgilenme görülme sıklığını etkilediğini

bildirmiştir. Yüksek düzey A vitamini takviyesinin 42 güne kadar sürdürülmesi odunsu göğüs şiddetini artırırken, 21. güne kadar uygulanan takviyelerde miyopati görülme oranlarının daha düşük olduğu belirtilmiştir. Guo ve ark. (2023) ise nekrotik enterit ile enfekte edilen broylerlerde rasyona A vitamini eklenmesinin karaciğerde A vitamini birikimini artırdığını, jejunum ve dalakta bağışıklıkla ilişkili sitokinlerin ve gen ekspresyonunun modüle edildiğini ortaya koymuş, böylece A vitamininin rasyona takviye yoluyla bağışıklık ve metabolik yanıtları düzenleyebildiğini göstermiştir.

Mohammadali Alizadeh (2022) tarafından yapılan çalışmada, A ve D vitaminlerinin probiyotik laktobasillerle birlikte in ovo uygulanmasının tavuklarda bağışıklık yanıtı üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada A vitamininin aktif formu olan retinoik asit 90 µmol/yumurta, 25-hidroksivitamin D_3 ise 0,6 mg/yumurta dozunda kullanılmıştır. Vitaminler, tek başına veya laktobasil kokteyli 200 µL hacminde vitamin ve laktobasil içeren çözelti embriyonik 18. günde uygulanmıştır. Uygulama öncesi yumurtalar ışıkla kontrol edilmiş, %70 etanol ile dezenfekte edilmiştir. Ardından yumurtalar delme cihazı ile delinmiş ve 23 gauge, 2,5 cm iğne kullanılarak 200 µL hacminde enjeksiyon amniyotik kese içine yapılmıştır. Bağışıklık yanıtını değerlendirmek amacıyla civcivler yumurtadan çıktıktan sonra 14. ve 21. günlerde T-bağımlı antijen, Sheep Red Blood Cells (SRBC) ve keyhole limpet hemosiyanin ile aşılanmıştır. Ayrıca 14., 21., 28. ve 35. günlerde kanat altı venasından kan örnekleri alınmıştır. Sonuç olarak kuluçka çıkışı etkilenmemiş, en belirgin bağışıklık yanıtı ise özellikle retinoik asit verilen gruplarda görülmüş; bursa ve dalakta çeşitli sitokinlerin ekspresyonu artmış, bazı T hücre alt grupları ve monosit/makrofaj düzeyleri yükselmiş ve T-bağımlı antijenlere karşı antikor yanıtı güçlenmiştir. Laktobasiller bazı bağışıklık parametrelerini desteklese de genel olarak vitamin A (retinoik asit) uygulaması

bağışıklık yeterliliğini artırmada daha baskın etki göstermiş; vitamin D_3'ün etkisi ise daha sınırlı kalmıştır.

Bhanja ve ark. (2013) broiler tavuklarda yaptıkları çalışmada, yumurta içine farklı vitaminlerin enjeksiyonunun civciv ağırlığı ve çıkış sonrası büyüme performansı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Enjeksiyonlar embriyonik 14. günde yapılmıştır. Deneme gruplarında; A vitamini 100 IU, E vitamini 0,5 IU, C vitamini 50 mg, B_1 vitamini 100 µg ve B_6 vitamini 100 µg dozlarında uygulanmıştır. Tüm vitaminler 0,5 mL steril su içinde çözülerek uygulanmıştır. Ayrıca kontrol (0,5 mL steril su) ve enjeksiyon yapılmayan kontrol olmak üzere iki kontrol grubu kullanılmıştır. Enjeksiyonlar 35 °C sıcaklıkta laminer akım kabininde, yumurtanın geniş ucundan açılan delikten yapılmış, ardından delik steril parafin ile kapatılarak yumurtalar tekrar inkübatöre yerleştirilmiştir. Çıkan civcivler standart bakım koşullarında büyütülmüştür. Sonuçlara göre B_6 vitamini uygulanan grupta çıkış oranı %81,5 ile en yüksek değer olarak bulunmuş, kontrol (%72) ve enjeksiyon yapılmayan kontrol grubuna (%80) göre üstünlük göstermiştir. E ve B_1 vitamini uygulanan gruplarda çıkım öncesi (geç dönem) embriyo ölümlerinde artış gözlenmiştir. Civciv ağırlığı/yumurta ağırlığı oranı A vitamini verilen grupta %72,66, C vitamini grubunda %72,26 olarak bulunmuş ve bu değerler enjeksiyon yapılmayan kontrol grubundan anlamlı derecede (%70,94) yüksek çıkmıştır. Ayrıca 14. ve 28. gün canlı ağırlıkları E ve B_1 vitamini gruplarında kontrole göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Ancak yemden yararlanma oranı bakımından gruplar arasında fark oluşmamıştır. A ve C vitaminlerinin embriyonik gelişime, E ve B1 vitaminlerinin çıkış sonrası büyümede etkili olabileceğini ifade etmişlerdir.

Jackson ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada, A vitamini, L-karnitin ve folik asidin in ovo uygulanmasının ördeklerde embriyo gelişimi, çıkış özellikleri ve genel sağlık durumu üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada toplam 450 döllü ördek

yumurtası kullanılmıştır. Deneme grupları; negatif kontrol (enjeksiyon yok), pozitif kontrol (0,1 mL steril deiyonize su) ve A vitamini, L-karnitin ve folik asit uygulanan gruplar olarak oluşturulmuştur. Uygulama gruplarında her bir besin maddesi 1 mg/yumurta dozunda ve 0,1 mL steril deiyonize su ile çözülerek verilmiştir. Enjeksiyonlar inkübasyonun 25. gününde yapılmıştır. A vitamini, L-karnitin ve folik asit uygulamaları sonucunda embriyo ağırlığı, embriyo uzunluğu, kalp ağırlığı ve çıkım yüzdesinin anlamlı derecede arttığı belirlenmiştir. Ayrıca kalan yumurta sarısı ağırlığının azaldığı, bunun da embriyonun besinleri daha etkin kullandığını gösterdiği bildirilmiştir. Yumurtadan çıkış sonrası dönemde ise bu mikro besin maddeleri ördek yavrularında canlı ağırlığı, kan hemoglobin düzeyi, plazma T_3 ve T_4 hormonları, IGF-1, total protein, albümin ve globulin seviyelerini artırmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar, yumurta içine A vitamini başta olmak üzere mikro besin maddelerinin verilmesinin embriyonik gelişimi ve çıkış sonrası genel sağlık durumunu olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir.

Shojadoost ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada, A vitamininin aktif formu olan retinoik asidin in ovo uygulanmasının tavuk embriyosunun bağışıklık üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada 18 günlük embriyolu yumurtalar, amniyotik kese yoluyla 30, 90 ve 270 µmol/yumurta dozlarında üç farklı konsantrasyonda retinoik asit uygulanmıştır. Enjeksiyondan 6, 18 ve 24 saat sonra, embriyoların dalak ve bursa fabricius dokuları alınmış PCR yöntemi ile analiz edilmiştir. Sonuçlar doza bağlı olarak farklılık göstermiştir. 90 µmol/yumurta dozu, bağışıklık açısından en dengeli ve uyarıcı etkiyi oluşturmuştur. Bu dozda IFN-α, IFN-β, IFN-γ, IL-1β, IL-2, CXCLi2 ve IL-12 genlerinin ekspresyonu belirgin şekilde artmıştır. Buna karşılık 270 µmol/yumurta dozunda RA enjeksiyonu yapılan grupta, sitokinlerin ekspresyonunun baskılandığı ve antiinflamatuar bir etki oluştuğu görülmüştür. 30 µmol/yumurta dozu ise bağışıklık

genleri üzerinde sınırlı bir etki göstermiştir. Çalışmanın sonucunda, A vitamininin in ovo uygulanmasının tavuk embriyosunun bağışıklık fonksiyonlarını dozuna bağlı olarak modüle edebildiği ve in ovo aşılama stratejilerinde kullanılabileceği ifade edilmiştir.

D Vitamini

D vitamini, kanatlı hayvanlarda yalnızca kemik metabolizması ile sınırlı olmayan, aynı zamanda bağışıklık sistemi, hücresel büyüme ve mineral homeostazı üzerinde de etkili olan hormon benzeri bir vitamindir. Kanatlılarda D vitamini reseptörleri; monositler, makrofajlar ve lenfositler gibi bağışıklık hücrelerinde yoğun olarak bulunur. Bu durum D vitamininin doğrudan bağışıklık yanıtının düzenlenmesine katıldığını göstermektedir. D_3 vitamini, promonositlerin makrofajlara farklılaşmasında, makrofajların fagositik ve sitotoksik aktivitelerinin etkin şekilde sürdürülmesinde kritik rol oynar. D_3 vitamini yönünden yetersiz beslenen etlik piliçlerde timus ağırlığının belirgin şekilde azaldığı, makrofaj fonksiyonlarının zayıfladığı ve hücresel bağışıklığın baskılandığı bildirilmiştir (Aslam et al., 1998; Sarıca et al., 2009).

Kanatlı hayvanlarda D vitamini eksikliği, başta raşitizm olmak üzere büyüme geriliği, yumurta veriminde azalma ve kabuk kalitesinde bozulma ile karakterizedir. D vitamininin temel görevi, bağırsaklardan kalsiyum ve fosfor emilimini artırmak, bu minerallerin kemik dokuda depolanmasını sağlamak ve böbreklerden fosfor atılımını azaltmaktır. Eksiklik durumunda kemiklerde kalsifikasyon yetersizliği ortaya çıkar; bacak, göğüs ve kol kemiklerinde eğrilmeler, ileri olgularda ise kolay kırılan kemikler oluşur. Ayrıca yumurta verimi ve civciv çıkış gücü ciddi biçimde düşer. Kalsiyum ve fosfor yetersizliği ile görülen D vitamini eksikliği genç hayvanlarda raşitizme, erişkinlerde ise osteomalaziye yol açmaktadır. (Öztürk, 2020).

Kanatlı beslemede rasyona D_3 vitamini ilavesi yoluyla yapılan çalışmalar, bu vitaminin broylerlerde büyüme performansı, kemik gelişimi, karkas özellikleri ve bağırsak sağlığı üzerinde belirgin düzenleyici etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Wei ve ark. (2024), broyler rasyonlarına farklı düzeylerde (0–3600 IU/kg başlangıç döneminde; 0–3000 IU/kg büyütme ve bitirme dönemlerinde) D_3 vitamini ilavesinin etkilerini incelemiş; D_3 takviyesinin canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanmayı iyileştirdiğini, serum kalsiyum ve fosfor düzeyleri ile tibia ağırlığı, uzunluğu ve kül içeriğini artırdığını bildirmiştir. Aynı çalışmada, yüksek D_3 düzeylerinin bağırsak villus uzunluğu ve villus/kript oranını artırarak besin emilim kapasitesini desteklediği, ayrıca bağırsak mikrobiyotası ve karaciğer gen ekspresyonu üzerinde lipid ve bağışıklıkla ilişkili metabolik yolakları modüle ettiği ortaya konmuştur (Wei et al., 2024).

Benzer şekilde, Atencio ve ark. (2005), damızlık broyler rasyonlarına farklı düzeylerde (0–4000 IU/kg) D_3 vitamini eklenmesinin yavru civcivlerde vücut ağırlık artışı ve tibia kül içeriğini artırdığını, buna karşılık raşitizm ve bacak anormalliklerinin görülme sıklığını azalttığını raporlamıştır. Daha güncel bir çalışmada ise Phutthaphol ve ark. (2025), standart D_3 vitaminine ek olarak 25-hidroksikolekalsiferol [25(OH)D_3] kullanımının broylerlerde büyüme performansı ve yemden yararlanmayı desteklediğini, kemik parametrelerinde ise doza bağlı iyileşme eğilimleri oluşturduğunu ve çekum mikrobiyotasının kompozisyonunu düzenlediğini bildirmiştir. Bu bulgular, D_3 vitamininin rasyona takviye yoluyla kullanımının broylerlerde iskelet sağlığı, performans ve bağırsak fonksiyonlarının desteklenmesinde etkili bir besleme stratejisi olduğunu göstermektedir.

Gonzales ve ark. (2013), broyler embriyolarına 25-hidroksikolekalsiferol [25(OH)D_3]'ün yumurta içine

enjeksiyonunun çıkım süresi ve erken dönem civciv performansı üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada 49 haftalık Cobb 500 damızlıklardan elde edilen 312 döllenmiş yumurta kullanılmış, embriyonik gelişimin 17. günde allantoik boşluk yoluyla 0,00 (kontrol), 0,625, 1,250 ve 1,875 µg 25(OH)D_3 içeren 0,3 mL çözelti uygulanmıştır. Yumurtalar 37,8 °C ve %55 bağıl nemde inkübe edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, 25(OH)D_3 uygulanan gruplarda civcivlerin ortalama yumurtadan çıkış süresi kontrol grubuna kıyasla 4–5 saat daha erken gerçekleşmiştir. Ancak, çıkım oranı ve civciv kalitesi üzerinde anlamlı bir değişiklik görülmemiştir. Doz artışı ile çıkış anındaki civciv vücut ağırlığı arasında ters yönlü bir ilişki saptanmış, ancak bu etkinin 10 günlük performans üzerine yansımadığı belirtilmiştir. Yetiştirmenin 10. gününe kadar civcivlerin canlı ağırlıkları gruplar arasında eşitlenmiş ve ölüm oranlarında fark gözlenmemiştir. Araştırmacılar bu bulgulara dayanarak, 25(OH)D_3'ün embriyolara in ovo uygulanmasının erken çıkışı hızlandırabildiğini, ancak erken dönem büyüme performansı üzerinde kalıcı bir etki oluşturmadığını bildirmiştir.

Yair ve ark. (2015), inorganik ve organik mineraller ile D_3 vitamininin birlikte yumurta içi uygulanmasının broyler civcivlerde kemik gelişimi üzerine etkilerini incelemiştir. Yumurtalar dört gruba ayrılmıştır: 1. Grup, organik mineral + fosfat + D_3 vitamini, 2. Grup, inorganik mineral + fosfat, 3. Grup, kontrol (sadece dilüe edilmiş su) ve 4. Grup, işlem görmemiş kontrol olarak belirlenmiştir. Enjeksiyonlar kuluçkanın 17. günde yapılmıştır. Sonuçlar, her iki uygulama grubunda da yumurta sarısında Cu, Mn ve Zn düzeylerinin arttığını ve embriyoların bu mineralleri daha fazla tükettiğini göstermiştir. Embriyonik 21. günde kemik sertliğinde anlamlı artış saptanmıştır. 38. günde ise özellikle organik mineraller ve D_3 grubunda kemik kül içeriği artmıştır. Sertlik ve elastikiyet özelliğinin belirgin olarak yükseldiği ortaya konmuştur. Buna karşın,

kemik mekanik özelliklerindeki bu gelişmenin broylerlerin ayakta durma yeteneğini artırmaya yeterli olmadığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, yürüme bozukluklarının yalnızca kemiklerden değil; kıkırdak, eklem ve tendonlardan da kaynaklandığını vurgulamış ve D_3 vitamini ile organik minerallerin kemik özelliklerini iyileştirmesine rağmen fonksiyonel hareket üzerinde sınırlı etki oluşturduğunu bildirmiştir.

Fatemi ve ark. (2020), D_3 ve 25-hidroksikolekalsiferolün D_3'ün farklı dozlarda in ovo uygulanmasının broyler embriyolarında serum $25OHD_3$ düzeyi ve çıkım başarısı üzerine etkilerini değerlendirmiştir. Çalışmada Ross 708 broyler damızlıklardan elde edilen yumurtalara 0,6; 1,2; 2,4 ve 4,8 mg dozlarında D_3, $25OHD_3$ veya bunların kombinasyonları 50 µL hacimde uygulanmıştır. Serum analizlerinde, 1,2 mg ve üzeri dozlarda uygulanan tüm D vitamini gruplarında serum $25OHD_3$ düzeylerinin anlamlı biçimde yükseldiği tespit edilmiştir. Buna karşın kuluçka başarı oranı ve civciv çıkış ağırlıkları bakımından gruplar arasında olumsuz bir fark oluşmamıştır. En yüksek dozlarda (4,8 mg) uygulanan kombinasyonlarda bazı metabolik parametrelerde değişimler gözlenmiş, çıkım oranında ve çıkış sonrası performansta düşüş gözlenmiştir. Araştırma sonucunda, D_3 vitamini ve $25OHD_3$'ün embriyolara güvenle uygulanabileceği, fakat yüksek dozların sonraki performans üzerine risk oluşturabileceği ifade edilmiştir.

Fatemi ve ark. (2022) yaptıkları bir başka çalışmada koksidiyoz ile enfekte edilen broylerlerde vitamin D_3 ve $25OHD_3$'ün in ovo uygulanmasının bağırsak morfolojisi ve inflamatuar yanıt üzerine etkilerini incelemiştir. Embriyonik 18. günde 2,4 µg D_3, 2,4 µg $25OHD_3$ veya kombinasyonları uygulanmıştır. Koksidiyozla mücadele sonrası değerlendirilen civcivlerde yalnızca $25OHD_3$ uygulanan grupta plazma nitrik oksit (NO) seviyelerinin önemli ölçüde düştüğü, bunun inflamasyonun baskılandığını gösterdiği bildirilmiştir. Aynı grupta villus uzunluğu ve villus/kript oranı

belirgin şekilde artmıştır. Bu bulgular, 25OHD$_3$'ün bağırsak dokusunda yenilenmeyi hızlandırdığı ve inflamasyonu baskılayarak koksidiyozun olumsuz etkilerini azalttığını ortaya koymuştur. Çalışmada 25OHD$_3$'ün, bağışıklık ve bağırsak gelişimi üzerinde D$_3$'e kıyasla daha güçlü etki gösterdiği belirtilmiştir.

Hayakawa ve ark. (2019), D$_3$ vitamininin soya yağı içinde çözülerek in ovo uygulanmasının broylerlerde büyüme parametreleri ve IGF-1 gen ekspresyonu üzerine etkilerini değerlendirmiştir. Uygulamalar embriyonik 18. günde 60 IU D$_3$ içeren 0,5 mL çözelti şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, vücut ağırlığı ve kas gelişimi açısından anlamlı bir fark oluşturmadığını göstermiştir. Ancak erkek civcivlerde tibia uzunluğu ve karaciğerde IGF-1 mRNA ekspresyonunun arttığı belirlenmiştir. Bu durum D$_3$ vitamininin kemik ve büyüme faktörü düzenlenmesinde dolaylı rol oynadığını göstermektedir. D$_3$ vitamini doğrudan canlı ağırlık artışı sağlamasa da büyümeyi hızlandırabilecek metabolik etkiler oluşturabileceği ifade edilmiştir.

Alizadeh ve ark. (2022), retinoik asit (RA, A vitamini), 25OHD$_3$ ve probiyotik laktobasillerin birlikte in ovo uygulanmasının bağışıklık sistemi üzerine etkilerini incelemiştir. ED18'de RA (90 µmol/yumurta), 25OHD$_3$ (0,6 mg/yumurta) ve laktobasil (10^7 CFU/yumurta) tek başına ve kombinasyon halinde uygulanmıştır. D vitamini tek başına uygulandığında sitokin gen ekspresyonu ve antikor yanıtları üzerinde sınırlı etki oluşturmuştur. Buna karşın RA ile uygulandığında bağışıklık parametrelerinde belirgin artışlar gözlenmiştir. D vitamininin düşük doz ve tek seferlik in ovo uygulamasının günlük rasyon takviyesi kadar güçlü bir immün yanıt oluşturamayabileceği yorumlanmıştır. Bu çalışma, D vitamininin daha çok düzenleyici ve dengeleyici rol üstlendiğini; güçlü bağışıklık uyarımının ise A vitamini ve probiyotiklerle birlikte ortaya çıktığını göstermektedir.

Xu ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada, 25-hidroksivitamin D_3'ün [25(OH)D_3] in ovo enjeksiyonunun broiler civcivlerde erken dönem büyüme, bağışıklık sistemi ve tibia gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada çatlak veya şekil bozukluğu bulunmayan toplam 410 adet Daheng broiler kuluçka yumurtası kullanılmıştır. Kuluçkanın 17,5. gününde benzer ağırlıktaki 400 döllü yumurta rastgele dört gruba ayrılmıştır. İlk grup enjeksiyon yapılmayan kontrol grubu, ikinci grup yalnızca steril su enjekte edilen kontrol grubu, üçüncü grup 8 µg/mL 25(OH)D_3 uygulanan grup ve dördüncü grup 16 µg/mL 25(OH)D_3 uygulanan grup olarak düzenlenmiştir. Enjeksiyonlar yumurtanın küt ucundan amniyotik boşluğa yapılmıştır. Enjeksiyon sonrası delik parafin mum ile kapatılmış ve yumurtalar kuluçkaya geri alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre düşük konsantrasyonda uygulanan 8 µg/mL 25(OH)D_3 dozu, erken dönem canlı ağırlığı, timus ve karaciğer ağırlığı, tibia dayanıklılığı, tibia uzunluğu ve tibia çapını anlamlı düzeyde artırmıştır ($p<0,05$). Yüksek konsantrasyonda uygulanan 16 µg/mL 25(OH)D_3 dozu ise tibia kül, kalsiyum ve fosfor içeriğinde belirgin artış sağlamıştır. Ayrıca bu grupta bursa fabrisius ağırlığı ve organ bağışıklık indeksi ile serumdaki IL-2 ve IFN-γ düzeyleri ile dalakta IFN-γ ve TLR15 gen ekspresyonlarının anlamlı düzeyde yükseldiği saptanmıştır. Çalışmanın genel değerlendirmesinde, erken kemik gelişimi ve broiler sağlığı açısından en uygun dozun 8 µg/mL 25(OH)D_3 olduğu ifade edilmiştir. 25(OH)D_3'ün yumurta içine verilmesinin erken büyüme, bağışıklık yanıtı ve iskelet sistemi gelişimi üzerinde olumlu etki oluşturduğu ancak bu uygulamanın moleküler mekanizmalarının daha ileri çalışmalarda ayrıntılı olarak ortaya konması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca in ovo 25(OH)D_3 uygulamasının güvenliği ve uzun dönem etkileri açısından yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır.

E Vitamini

E vitamini, kanatlı hayvanlarda başlıca yağda çözünen güçlü bir antioksidan olup, hücre zarlarını serbest radikallerin zararlı etkilerinden koruyarak oksidatif stresi sınırlandırır. Lipid peroksidasyon zincir reaksiyonunu kırarak başta sinir dokusu olmak üzere tüm dokuların bütünlüğünü korur. Özellikle genç civcivlerde E vitamini yetersizliği sonucu nutrisyonel ensefalomalasi (beyin dokusu dejenerasyonu ve nekrozu) gibi ciddi sinir sistemi bozuklukları şekillenebilmektedir. Embriyonun orta kuluçka döneminden itibaren artan oksijen tüketimi serbest radikal üretimini artırmakta, bu da hücre zarları üzerinde oksidatif hasara yol açabilmektedir. E vitamini, bu dönemde yumurta sarısından embriyo dokularına taşınarak embriyoyu oksidatif hasara karşı korumaktadır (El-Kady et al., 2024).

E vitamini sadece oksidatif denge açısından değil, aynı zamanda bağışıklık sistemi üzerinde de belirgin etkilere sahiptir. Timus ve dalakta T yardımcı hücrelerin sayısını ve aktivitesini artırarak hücresel ve humoral bağışıklığı güçlendirir. Makrofajların fagositik aktivitesini yükselttiği, E vitamini yetersizliğinde ise bu aktivitenin belirgin şekilde düştüğü bildirilmektedir (Konjufca et al., 2004). Leshchinsky ve Klasing (2001), kanatlılarda bağışıklığı destekleyen optimum vitamin E seviyesinin 25–50 IU/kg arasında olduğunu bildirmiştir. 300 mg/kg düzeyinde E vitamini takviyesiyle E. coli kaynaklı ölüm oranının 3–8 kat azaldığı belirlenmiştir (Sarıca et al., 2009)

E vitamini eksikliğinde vücut yağlarında oksidasyon artışı, ensefalomalasi, eksudatif diatez (deride kızarıklık, kabuklanma ve akıntıyla seyreden alerjik-inflamatuar deri hassasiyeti), gelişim geriliği ve bağışıklık baskılanması ortaya çıkmaktadır. Damızlık hayvanlarda eksiklik durumunda döl verimi ciddi biçimde azalmakta, horozlarda sperm kalitesi düşmektedir. Yüksek doz alımlarda ise genellikle toksik etki oluşmamaktadır (Öztürk, 2020).

Kanatlı beslemede rasyona vitamin ilavesi yoluyla yapılan çalışmalar, E vitamininin broylerlerde büyüme performansı, besin madde kullanım etkinliği, et kalitesi ve bağışıklık sistemi üzerinde önemli düzenleyici etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Onaolapo ve ark. (2025), broyler rasyonlarına artan düzeylerde E vitamini ilavesinin canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanmayı iyileştirdiğini, özellikle ham protein sindirilebilirliğinin doza bağlı olarak arttığını bildirmiştir. Aynı çalışmada, vitamin E takviyesinin serum düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) düzeylerini azaltması, metabolik sağlık ve oksidatif denge açısından olumlu bir etki olarak değerlendirilmiştir. Sadiq ve ark. (2023) ise broyler rasyonlarına 300 mg/kg düzeyinde E vitamini eklenmesinin büyüme performansı üzerinde sınırlı etki oluşturmasına karşın, Bursa Fabricius ağırlığında artış ve bazı aşılara karşı antikor yanıtlarında yükselme eğilimi sağladığını rapor etmiştir. Bu bulgular, E vitamininin rasyona takviye yoluyla özellikle oksidatif stresin sınırlandırılması ve bağışıklık sisteminin desteklenmesi açısından önemli bir besinsel faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

Araujo ve ark. (2019), broyler embriyolarına in ovo E vitamini uygulamasının kuluçka randımanı, civciv kalitesi, oksidatif durum ve başlangıç performansı üzerine etkilerini değerlendirmiştir. Çalışmada 39 haftalık Cobb 500 damızlık sürüsünden elde edilen 780 döllü yumurta kullanılmış ve embriyonik 17,5. günde amniyotik boşluğa 27,5; 38,5; 49,5 ve 60,4 IU, E vitamini enjekte edilmiştir. Her gruptaki E vitamini 0,5 mL ayçiçeği yağı ile çözelti olarak kullanılmıştır. Sonuçlara göre 60,4 IU E vitamini uygulanan grupta çıkım oranı en yüksek bulunmuş ve çıkım süresi anlamlı şekilde kısalmıştır ($P<0,05$). Civcivlerde daha yüksek vücut ağırlığı, boy uzunluğu ve civciv kalite skoru elde edilmiştir. Civciv ağırlığı/yumurta ağırlığı oranı da E vitamini gruplarında anlamlı şekilde yükselmiştir. Bağışıklık parametreleri ise değişmemiştir. E vitamini uygulanan civcivlerde yemden yararlanma oranı

yükselmiştir. 60,4 IU grubunda karaciğerde ve göğüs kasında toplam protein konsantrasyonu ve katalaz aktivitesi en yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar, E vitamini'nin oksidatif dengeyi düzenleyerek civciv kalitesi ve başlangıç performansını iyileştirdiğini bildirmiştir.

Salary ve ark. (2014) in ovo E vitamini enjeksiyonunun çıkış sonrası immünolojik parametreleri ve büyüme performansı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada kuluçkanın 14. gününde broyler yumurtalarına 15 mg veya 30 mg E vitamini enjeksiyonu yapılmıştır. Konrol grubu 0,5 mL serum fizyolojik enjekte edilmiş ve enjeksiyon yapılmamış iki gruptan oluşmuştur. Çıkım oranı E vitamini uygulanan gruplarda her iki kontrol grubuna göre anlamlı şekilde artmıştır. Antikor yanıtı ve Ig seviyelerini ölçme amaçlı aşılanan hayvanlardan 21. ve 42. günde kan örnekleri alınmışıtır. 30 mg E vitamini uygulanan grupta 21. gün sonuçlarına göre kuş gribi, bulaşıcı bronşit antikor titresi ve IgM seviyesi anlamlı biçimde yükselmiştir. 42. günde Newcastle, kuş gribi ve infeksiyöz bronşitis antikorları ile IgG, IgA düzeyleri önemli ölçüde artmıştır. Performans parametreleri genel olarak etkilenmemiştir. E vitamininin güçlü antioksidan özelliği sayesinde, Ig üretimini yükselttiğini ve bağışıklık yanıtını kuvvetlendirdiğini bildirilmiştir.

Abdul-Majeed ve ark. (2022) Ross 308 damızlık yumurtalarına koryoallantoik yolla 5 mg E vitamini + 50 µg sodyum selenit uygulamıştır. Çıkış sonrası civcivlere de ayrı gruplar olarak normal su ve 12,5 mg vitamin E ve 500 µg sodyum selenit içeren su verilmiştir. İn ovo E vitamini ve selenyum uygulanan grupta kontrol grubuna göre hemoglobin, lenfosit yüzdesi ve serum globulini daha yüksek seviyede gözlenmiş; heterofil/lenfosit oranı, glukoz, kolesterol ve trigliserid düzeyleri düşmüştür. Stres indeksinde belirgin iyileşme saptanmıştır. Çalışmada E vitamini ve selenyumun birlikte uygulanmasının bağışıklığı güçlendirdiğini, oksidatif stresi azalttığını ve fizyolojik dengeyi desteklediğini bildirmiştir. Çıkım

sonrası takviyeye devam edildiğinde fizyolojik parametrelerin iyileşmesi devam etmiş, kesildiğinde ise değerler düşmeye başlamıştır.

Kadhim ve ark. (2021) yaptıkları bir çalışmada 750 broyler yumurtasına kuluçkanın 17,5. Gününde nano-selenyum ve E vitamini birlikte in ovo olarak 15, 30 ve 45 mg/mL dozlarında uygulamıştır. Civcivler çıkım sonrası 48 saat aç bırakılarak büyüme performansları karşılaştırılmıştır. E vitamini + nano-selenyum uygulanan tüm gruplarda çıkış ağırlığı ve 48 saatlik canlı ağırlıklar anlamlı biçimde yükselmiştir. Karaciğer, kalp ve kas glikojen düzeyleri özellikle yüksek doz grubunda belirgin şekilde artmıştır. Bu uygulamanın civcivlerin açlığa dayanıklılığını artırdığını, erken metabolik adaptasyonu güçlendirdiğini ve sonraki büyümeye olumlu yansıdığını bildirmiştir.

Dinçörür ve Çelik (2020) yaptıkları çalışmada 34 haftalık Ross 308 yumurtalarına inkübasyonun 16. gününde C vitamini (100 mg/yumurta) ve E vitamini (30 mg/yumurta) in ovo uygulanmıştır. Kuluçka randımanı, çıkış ağırlığı ve çıkış sonrası civcivlerin performansına etkisi incelenmiştir. Civcivler 5 hafta besiye alınmıştır. Sonuçlara göre kuluçka randımanı, çıkış ağırlığı, canlı ağırlık artışı, yemden yararlanma oranı, karkas ağırlığı ve iç organ ağırlıkları üzerinde anlamlı etki gözlenmemiştir. Araştırmacılar, mevcut genetik gelişim düzeyinde embriyonal dönemde eksojen antioksidan takviyesine her zaman ihtiyaç olmayabileceği sonucuna varmışlardır.

K Vitamini

K vitamininin vücuttaki temel fizyolojik görevi kanın pıhtılaşma mekanizması ile doğrudan ilişkilidir. K Vitamini, protrombin başta olmak üzere kandaki pıhtılaşma faktörlerinin yapısına katılarak normal hemostazın sağlıklı bir şekilde sürdürülmesini mümkün kılar. Bu nedenle K Vitamini, damar

bütünlüğünün korunması ve travmalara karşı hayvanın hayatta kalabilmesi açısından hayati öneme sahiptir (Öztürk, 2020).

Yetersizliği durumunda hayvanlarda pıhtılaşma faktörleri yeterli düzeyde sentezlenemez ve buna bağlı olarak yaralanmalara karşı kanama eğilimi belirgin şekilde artar. Kanamalı hayvanların kanı uzun süre durmaz, küçük darbeler dahi yaygın kanamalara yol açabilir. Hayvanların ibik ve sakalları anemik ve solgun bir görünüm alır. Çarpma sonucu deri altında yaygın kanamalar oluşur ve bu morluklar uzun süre iyileşmeden kalır (Öztürk, 2020)

Kanatlı hayvanlarda K Vitamininin rasyonla yeterli düzeyde alınmadığı durumlarda hemorajik sendromun şekillendiği bildirilmektedir. Hemorajik sendrom tablosunda plazma protrombin (pıhtılaşma faktörü II) ile diğer pıhtılaşma faktörlerinden olan VII, IX ve X'un düzeylerinde belirgin azalma meydana gelmektedir. Bu durum hem dışa açık hem de iç organlarda geniş çaplı kanamalarla seyreden ağır klinik tablolara yol açmaktadır (Aksoy & Daş, 2012; Eray et al., 2017).

Kanatlı beslemede rasyona vitamin ilavesi yoluyla yapılan çalışmalar, K vitamininin broylerlerde büyüme performansı ve özellikle kemik gelişimi üzerinde düzenleyici etkilerinin bulunduğunu göstermektedir. Duarte ve ark. (2014), broyler rasyonlarına farklı düzeylerde (1,6–81,6 mg/kg) vitamin K_3 ilavesinin büyüme performansı ve kemik kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, erken dönemde artan K_3 düzeylerinin yem tüketimi, canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışını olumlu etkilediği; ancak 21. ve 40. günlerde artan K_3 düzeylerinin kemik uzunluğu, kemik dayanıklılığı gibi parametrelerde olumsuz değişimlere yol açtığı bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, broyler rasyonlarında vitamin K_3 için önerilen düzeyin 1,6 mg/kg olduğunu ortaya koymuştur.

Benzer şekilde Zhang ve ark. (2003), kafes sisteminde yetiştirilen broylerlerde rasyona farklı düzeylerde (0,5–128 mg/kg) vitamin K (menadion) ilavesinin kemik kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Çalışma sonuçları, özellikle erken dönemde 8 mg/kg düzeyindeki vitamin K takviyesinin canlı ağırlık artışı ve kemik dayanıklılığını artırdığını; osteokalsinin karboksilasyonunu (vitamin K aracılı aktivasyonu ve kalsiyuma bağlanabilir hâle gelmesi) destekleyerek kemik mineral yoğunluğu, kemik kül ağırlığı ve kırılma direncini iyileştirdiğini göstermiştir. Araştırmacılar, başlangıç dönemin kemik kalitesinin geliştirilmesi açısından kritik olduğunu ve vitamin K'nın kemik metabolizmasındaki temel etkisinin osteokalsin aracılığıyla gerçekleştiğini vurgulamışlardır.

Zhang ve ark. (2018) tarafından yürütülen çalışmada, L-askorbik asidin (vitamin C) K vitamini ile in ovo enjeksiyon yoluyla uygulanmasının broiler tavuklarda çıkış sonrası performans ve fizyolojik parametreler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu çalışma, K vitamininin (menadion, K_3) kemik mineralizasyonu ve bağışıklık sistemi üzerindeki düzenleyici rolü dikkate alınarak, 25-hidroksikolekalsiferol (25-OH-D_3) ile in ovo enjeksiyon yoluyla uygulanmasının erkek Ross 308 broylerlerde çıkış sonrası büyüme performansı, kemik kalsifikasyonu ve immün yanıtlar üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Deneme grupları; damıtılmış su uygulanan kontrol grubu, 25-OH-D_3'ün 0,4; 0,6 ve 0,8 µg/yumurta dozları, yalnızca K_3 vitamininin 2 veya 6 µg/yumurta dozları ile bu dozların D_3 + K_3 kombinasyonlarını içerecek biçimde oluşturulmuştur. İn ovo enjeksiyonlar, kuluçkanın 18. gününde, yumurtaların çıkım sepetlerine transferi sırasında gerçekleştirilmiş; her bir yumurtaya 0,5 mL hacminde deneysel çözelti, amniyotik sıvıya ulaşacak şekilde uygulanmıştır. Çalışma bulguları, özellikle K_3 vitamini ve 25-OH-D_3 birlikte uygulandığında kemik gelişimi ve bağışıklık yanıtı üzerinde belirgin üstünlük sağladığını ortaya koymuştur. Tedaviler arasında 0,4 µg 25-OH-D_3 + 6 µg K_3 içeren

grup, canlı ağırlık artışı, büyütme ve bitirme dönemlerindeki yem alımı, kemik kalsiyum ve fosfor konsantrasyonları ile tibia kırılma kuvveti bakımından anlamlı derecede en yüksek değerlere ulaşmıştır. Aynı grupta SRBC'ye karşı antikor titrelerinin anlamlı şekilde yükselmesi ve PHA (Phytohemagglutinin) enjeksiyonuna verilen maksimum hücresel yanıt, K vitamininin bağışıklık sistemini destekleyici rolünü açık biçimde göstermiştir. Buna karşılık, yalnızca damıtılmış su uygulanan kontrol grubunda alkalin fosfataz düzeylerinin daha yüksek bulunması, kemik mineralizasyonunun sınırlı kaldığını düşündürmüştür. Yumurta kabuğu kalsiyum içeriği açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Genel olarak sonuçlar, K vitamininin D_3 ile in ovo uygulanmasının, broylerlerde çıkış sonrası büyüme performansını artırdığı, bağışıklık yanıtlarını güçlendirdiği ve kemik kalsifikasyonunu belirgin şekilde iyileştirdiğini göstermektedir.

C Vitamini

C vitamini; bağ dokusu, kemik doku ve kıkırdak dokuların oluşumuna katılan ve bu dokuların normal fizyolojik fonksiyonlarını sürdürebilmesinde hayati rol oynayan temel bir vitamindir. Aynı zamanda hayvanların savunma sisteminde de kritik görevler üstlenmektedir. Savunma hücreleri olan lökositlerin ve antikorların oluşumunda görev alarak bağışıklık sisteminin düzgün çalışmasına katkı sağlamaktadır. C vitamini; yumurta kabuk kalitesi, kuluçka randımanı, döl verimi ve erken dönem embriyo ölümlerinin önlenmesi açısından kanatlılar için büyük öneme sahiptir. Yumurtacı tavuk yemlerine 50 ppm dozda katıldığında hayvanlarda kalsiyum alımını artırdığı ve buna bağlı olarak yumurta kabuk kalitesinin yükseldiği saptanmıştır (Öztürk, 2020).

Kanatlılar C vitaminini sentezleme yeteneğine sahiptir (Sahin et al., 2003). Ancak yüksek ve düşük çevre sıcaklığı, nem, yüksek verim düzeyi ve parazit bulaşmaları gibi stres koşulları

altında askorbik asit sentezinin yetersiz kaldığı bildirilmektedir. C vitamini stres karşıtı özelliklere sahiptir. Kolajen sentezini destekleyerek bağ dokusu, kemik ve kıkırdak dokuyu olumlu yönde etkiler, bağışıklık sistemini güçlendirir ve hastalıklara karşı direnci artırır (Esser et al., 2018). C vitamini yeni yumurtada bulunmaz ve gelişmekte olan embriyo tarafından kuluçkanın 3.ve 4. günlerinde endojen biyosentez yoluyla sentezlenmeye başlar. Ancak kuluçkanın son dönemlerine doğru embriyo aşırı ısınmaya maruz kaldığında üretilen miktar yetersiz kalabilmektedir. Bu durum özellikle ördek ve kazlarda yaygın olmakla birlikte broyler kuluçkalarında da gözlenebilmektedir. Bu nedenle embriyogenez sırasında yumurtaya yapılan in ovo C vitamini uygulamasının termal stresin olumsuz etkilerini azaltarak kuluçka başarısını artırabildiği ifade edilmektedir. Embriyonun aşırı ısınmasının beklendiği durumlarda kuluçkanın orta ve son dönemlerinde yapılan C vitamini enjeksiyonlarının daha etkili sonuçlar doğurduğu bildirilmektedir (Nowaczewski et al., 2012; Yıldırım & Teber, 2020).

C vitamini, antioksidan özelliği sayesinde lökosit membranlarının yapısındaki bozulmaları önlemektedir. Ayrıca glukokortikoid sentezini azaltarak kanatlıların stresin olumsuz etkilerine ve E. coli, Newcastle, Gumboro ve Marek gibi birçok enfeksiyöz hastalığa karşı direnci arttırmaktadır (Sarıca et al., 2009).

Sıcak çevre koşullarında kanda ve dokularda C vitamini seviyesi belirgin şekilde azalmakta, dışarıdan yapılan C vitamini takviyesi ise kandaki C vitamini düzeyini yükselterek kuşların sıcak stresine bağlı vücut ısısı artışını azaltmaktadır. C vitamini takviyesine verilen olumlu yanıtın özellikle yüksek sıcaklık ve düşük protein düzeyi gibi olumsuz şartlarda daha da arttığı bildirilmektedir (Altan et al., 2017).

Kanatlı beslemede rasyona C vitamini takviyesinin özellikle çevresel stres koşullarında broylerlerde büyüme performansı, kan parametreleri ve antioksidan savunma sistemi üzerinde düzenleyici

etkilere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yang ve ark. (2014), düşük çevre sıcaklığı altında yetiştirilen broylerlerde rasyona 1.000 mg/kg C vitamini ilavesinin performans ve fizyolojik yanıtlar üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, düşük sıcaklığın oksidatif stresi artırarak asites görülme riskini yükselttiği; buna karşılık C vitamini takviyesinin malondialdehit (MDA) düzeylerini düşürdüğü ve süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesini artırdığı bildirilmiştir. Ayrıca C vitamini ilavesinin kan parametrelerini iyileştirerek oksidatif hasarı azalttığı ve düşük sıcaklık stresinin olumsuz etkilerini hafiflettiği ortaya konmuştur (Yang et al., 2014).

C vitamini ve E vitamininin birlikte ya da ayrı olarak rasyona eklenmesine yönelik çalışmalar, bu vitaminlerin broylerlerde performans ve bağışıklık sistemi üzerindeki tamamlayıcı etkilerini göstermektedir. Hesabi ve ark. (2007), broyler rasyonlarına farklı düzeylerde E vitamini (0–75 IU/kg) ve içme suyuna L-askorbik asit (C vitamini; 0–1.000 ppm) ilavesinin büyüme performansı, bağışıklık yanıtı ve bazı kan parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Araştırmada, E vitamini takviyesinin özellikle büyütme döneminde canlı ağırlık artışını desteklediği, lenfoid organ ağırlıkları ile SRBC'ye karşı antikor titrelerini artırdığı belirlenmiştir. C vitamini ilavesinin ise humoral bağışıklık yanıtını güçlendirdiği ve bazı bağışıklık parametrelerinde iyileşme sağladığı bildirilmiştir. Elde edilen bulgular, C vitamini ve E vitamininin rasyona takviye edilmesinin broylerlerde bağışıklık fonksiyonlarını desteklediğini ve stres koşullarında fizyolojik dengenin korunmasına katkı sağladığını göstermektedir (Hesabi et al., 2007).

Zhang ve ark. (2018), broiler tavuklarda L-askorbik asidin in ovo enjeksiyonunun büyüme performansı, karkas bileşimi, plazma antioksidan kapasitesi ve et kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada inkübasyonun 17. gününde canlı embriyoya sahip 2.220 adet Ross 708 yumurtası altı uygulama grubuna ayrılmıştır. Bu gruplar iki kontrol grubu ve 3, 6, 12 veya 36 mg

askorbik asit (AA) içeren solüsyon enjekte edilen gruplardır. Enjeksiyonlar Inovoject yarı otomatik sistem kullanılarak 100 µL hacminde yapılmıştır. 3 ve 6 mg AA uygulanan gruplarda civcivlerin günlük canlı ağırlık artışı ve yem tüketimi kontrol grubuna kıyasla daha yüksek bulunmuştur. 12 mg AA uygulanan grupta yemden yararlanma oranı daha iyi bulunurken, 36 mg AA grubunda göğüs kası yumuşaklığında artış saptanmıştır. Ayrıca plazma MDA düzeylerinin 12 mg AA uygulanan grupta daha düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, 3–12 mg/ yumurta dozlarının büyüme, kas gelişimi ve sistemik antioksidan kapasite üzerinde kalıcı olumlu etkiler oluşturduğunu, yüksek dozların ise et kalitesini artırabileceğini bildirmiştir.

Altan ve ark. (2017), in ovo C ve E vitamini enjeksiyonunun ısı stresine maruz kalan etlik piliçlerde gelişme performansı ve oksidatif stabilite üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmada 31 haftalık Ross-308 damızlıklardan elde edilen 465 yumurta kullanılmıştır. Yumurtalar dört gruba ayrılmış kuluçkanın 17. gününde döllü yumurtalara hava kesesine in ovo olarak vitamin C, vitamin E veya vitamin C+E enjeksiyonu uygulanmış; kontrol grubuna ise herhangi bir işlem yapılmamıştır. Gruplar 0,5 ml deiyonize su + 3 mg Vitamin C, 0,5 ml deiyonize su + 20 IU Vitamin E, 0,5 ml deiyonize su + 3 mg Vitamin C + 20 IU Vitamin E olarak belirtilmiştir. Erken yaşta uygulanan ısı stresinin ileri yaş performans üzerinde kalıcı olumsuz etkisi olmadığı belirlenmiş, ancak in ovo vitamin C ve E uygulamasının antioksidan savunma sistemini güçlendirdiği saptanmıştır. SOD aktivitesinin yükselmesi ve MDA düzeyinin düşmesi, lipid peroksidasyonunun azaldığını göstermektedir. Bu bulgular, in ovo antioksidan vitamin uygulamalarının erken dönemde ısı stresinin zararlı etkilerini sınırlandırabileceğini ortaya koymuştur.

Zhu ve ark. (2019), inkübasyonun 15. gününde yapılan in ovo C vitamini enjeksiyonunun broilerlerde büyüme performansı,

antioksidasyon ve bağışıklık fonksiyonu üzerine etkilerini incelemiştir. 240 yumurta kontrol ve 3 mg C vitamini grubu olarak ikiye ayrılmıştır. Elde edilen bulgular, in ovo C vitamini uygulamasının kuluçkada çıkış gücünü anlamlı düzeyde arttırdığını ortaya koymuştur. Ayrıca bu uygulamanın broyler civcivlerde 1. günde IgM, 21. günde IgG ve IgM düzeyleri ile 21. günde lizozim aktivitesini istatistiksel olarak anlamlı biçimde yükselttiği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, 42. günde toplam antioksidan kapasitenin önemli ölçüde arttığı saptanmıştır. Ayrıca dalakta DNA metilasyon süreçleri ile ilişkili genlerin ekspresyonunda değişiklikler saptanmış, proinflamatuar sitokinlerin baskılandığı görülmüştür. Bu durum, in ovo C vitamini uygulamasının bağışıklık sistemini yalnızca humoral düzeyde değil, epigenetik düzeyde de etkileyebileceğini göstermektedir.

Zhu ve ark. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise diğer çalışmadan farklı olarak in ovo C vitamini uygulaması embriyonik 11. günde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada yalnızca bağışıklık ve antioksidan yanıtlar değil, aynı zamanda yumurtadan çıkış sonrası büyüme performansı ve DNA metilasyonu ile ilişkili gen ekspresyonları da değerlendirilmiştir. C vitamini uygulamasının yem tüketimi, günlük canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranını iyileştirdiği; IgA, IgM ve lizozim aktivitesini artırdığı bildirilmiştir. Ayrıca dalak dokusunda DNA metilasyonuna bağlı gen ekspresyonlarında değişimler saptanmış ve bağışıklık fonksiyonlarının güçlendiği ortaya konmuştur. Bu çalışma, in ovo C vitamini uygulamasının broylerlerde uzun süreli bağışıklık avantajı sağlayabileceğini göstermektedir.

Tarhan (2023) tarafından yapılan çalışmada, damızlık etlik piliç yumurtalarına in ovo glukoz ve C vitamini enjeksiyonunun kuluçka performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada 600 adet Cobb 500 döllü yumurta kullanılmış ve enjeksiyonlar kuluçkanın 18. gününde hava kesesine uygulanmıştır. Farklı

dozlarda glukoz (10 ve 15 mg) ve C vitamini (3 ve 6 mg) uygulanan gruplarda, kuluçka çıkış gücü ve civciv ağırlığı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenirken, civciv uzunluğu üzerinde anlamlı bir etki saptanmamıştır. Genel değerlendirmede, 15 mg glukoz grubu hariç, 10 mg'a kadar glukoz ve 6 mg'a kadar C vitamini uygulamalarının civciv ağırlığı ve uzunluğunu olumsuz etkilemeden kuluçka çıkış performansını artırdığı belirtilmiştir.

Soltani ve ark. (2019), kuluçkanın 15. Gününde amniyotik boşluğa yapılan in ovo askorbik asit (AA) enjeksiyonunun 36 saat aç bırakılan civcivlerde bağırsak morfolojisi ve tibia dayanımı üzerine etkilerini incelemiştir. Birinci grup enjeksiyon yapılmayan kontrol grubu olarak düzenlenmiş, ikinci grup amniyotik boşluğa 0,7 mL taşıyıcı çözelti (damıtılmış su) enjekte edilen sahte kontrol grubu olarak oluşturulmuştur. Üçüncü ve dördüncü gruplara ise amniyotik boşluğa sırasıyla 0,7 mL taşıyıcı çözelti içinde 3 mg ve 6 mg askorbik asit in ovo olarak uygulanmıştır. 6 mg AA uygulamasının civciv çıkım oranını, villus yüksekliği ve tibia dayanımını anlamlı şekilde artırdığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, AA'nın embriyo tarafından yeterli düzeyde sentezlenemediğini ve dışarıdan sağlanmasının bağırsak ve iskelet sistemi gelişimini olumlu etkilediğini bildirmiştir.

B Vitamini

B vitaminleri; enerji metabolizması, nükleik asit sentezi, sinir sistemi fonksiyonları, bağışıklık yanıtı ve hücresel yenilenmede görev alan temel suda çözünen vitaminlerdir. Tiamin (B_1), riboflavin (B_2), piridoksin (B_6), kobalamin (B_{12}), biotin (B_7) ve folik asit (B_9) gibi B grubu vitaminleri kanatlılarda karbonhidrat, yağ ve protein metabolizmasında koenzim olarak görev yapar. B_1 vitamini eksikliğinde kalp-damar sistemi bozuklukları, baş ve deri dokusunda kanamalar, deri altı ödemler, genç horozlarda testislerde küçülme, tavuklarda ovaryum gelişim geriliği, penguen oturuşu ve başın

arkaya doğru bükülmesi gibi sinirsel belirtiler görülmektedir. B_2 vitamini eksikliğinde gelişme geriliği, ayak parmaklarında kıvrılma, bacak felçleri, bodur civciv çıkışı ve tüy yapısında bozulmalar oluşmaktadır. B_6 vitamini yetersizliğinde iştahsızlık, zayıflık, hareket bozuklukları, kaslarda koordinasyon kaybı, şiddetli kasılmalar ve yumurta veriminde azalma oluşmaktadır. B_{12} vitamini eksikliğinde ise nükleik asit metabolizması bozulmakta, şiddetli gelişme geriliği, tüy kabarıklığı, ayak parmaklarında çarpıklık ve kuluçkalık yumurta veriminde düşüş gözlenmektedir. B_2 eksikliğine bağlı olarak genç etlik piliçlerde "kıvrık ayak felci" olarak tanımlanan çevresel sinir bozukluğu meydana gelmekte, sinirlerde miyelin kaybı ve Schwann hücre hiperplazisi şekillenmektedir. B_7 yetmezliğinde ayak tabanı yangısı, perozis ve yağlı karaciğer-böbrek sendromu oluşmakta, ölümler %20–30'a kadar çıkabilmektedir. B_9 yetmezliğinde ise megaloblastik anemi, tüylerde zayıf çıkış, büyüme geriliği ve lökopeni görülmektedir (Sarıca et al., 2009; Eray et al., 2017).

B grubu vitaminlerinin rasyona takviye edilmesine yönelik çalışmalar, bu vitaminlerin broylerlerde bağırsak fonksiyonu, metabolik denge ve stres koşullarına uyum üzerinde belirleyici roller üstlendiğini ortaya koymaktadır. Biagi ve ark. (2020), Ross 308 broylerlerde rasyona farklı dozlarda B_2 vitamini (riboflavin) ilavesinin bağırsak mikrobiyotası ve metabolik profil üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, B_2 vitamini takviyesinin çekum mikrobiyotasını anlamlı şekilde modüle ettiği, Bifidobacterium gibi yararlı bakteri gruplarının bolluğunu artırdığı ve kısa zincirli yağ asitlerinden bütirat üretimini yükselttiği bildirilmiştir. Bu bulgular, B_2 vitamininin bağırsak sağlığı ve bağışıklık durumunu destekleyici etkisini ortaya koymaktadır.

Isı stresi gibi olumsuz çevresel koşullarda B grubu vitaminlerinin rolü daha da önem kazanmaktadır. Ouyang ve ark. (2024), ısı stresi altında yetiştirilen broylerlerde rasyona B_6 vitamini

ilavesinin performans ve bağırsak bariyer bütünlüğü üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Araştırmada, B_6 vitamini takviyesinin canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanmayı iyileştirdiği; villus yüksekliğini artırıp kript derinliğini azaltarak ve sıkı bağlantı proteinlerinin gen ekspresyonunu yükselterek bağırsak bariyer fonksiyonunu güçlendirdiği gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar, B_6 vitamininin stres koşullarında bağırsak sağlığını ve metabolik dengeyi koruyucu bir rol üstlendiğini göstermektedir.

B vitamini kompleksi embriyolara in ovo uygulandığında, çıkış ağırlığını, çıkış sonrası canlı ağırlık artışını, karkas verimini, bağırsak morfolojisini ve bağışıklık yanıtını iyileştirerek performansı artırabilmektedir. Tiamin (B_1), riboflavin (B_2), niasin (B_3), pantotenik asit (B_5), piridoksin (B_6), biotin (B_7), folik asit (B_9) ve kobalamin (B_{12}) üretiminde, metilasyon reaksiyonlarında, nörotransmitter sentezinde ve bağışıklık fonksiyonlarında koenzim olarak görev yapmaktadır. B_1, B_2 ve B_3 vitaminleri karbonhidrat, yağ ve amino asit metabolizmasında sitrik asit döngüsü ve elektron taşıma zincirinde ATP üretimini sağlar. Kuluçka süresince embriyonun ısı üretimi 9-16. günler arasında artmakta, 17–19. günler arasında plato evresine ulaşmaktadır (El-Kady et al., 2024).

El-Kady ve ark. (2024), farklı düzeylerde B vitamini kompleksinin in ovo uygulanmasının broiler performansı üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada 240 adet Cobb 500 yumurta kuluçkanın 14. gününde altı gruba ayrılmıştır. Kontrol grubu dışında diğer gruplara 100, 200 ve 300 µg B vitamini kompleksi enjekte edilmiştir. Enjekte edilen kompleks B_1, B_6 ve B_{12} vitaminlerinden oluşmuştur. Enjeksiyonlar yumurta sarısına uygulanmış, kuluçka koşulları standart tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek kas antioksidan kapasitesi ve serum albümin düzeyi 300 µg B vitamini kompleksi uygulanan grupta belirlenmiştir. Bursa fabricius ve dalak ağırlıkları da bu grupta anlamlı şekilde artmıştır. Buna karşılık kuluçka randımanı bazı gruplarda düşmüş, ancak çıkış

sonrası performans, antioksidan kapasite ve bağışıklık açısından olumlu etkiler elde edilmiştir. Araştırmacılar, B_1, B_6 ve B_{12} vitaminlerinin birlikte uygulanmasının broiler bağışıklığını ve et kalitesini artırabileceğini bildirmiştir.

Bhanja ve ark. (2012), yaptıkları bir çalışmada broiler tavuklarda yumurta içi vitamin enjeksiyonunun civciv ağırlığı ve büyüme performansına etkisini incelemiştir. Daha önce de bahsedildiği gibi, çalışmada 15. embriyonik günde yumurtalara A, E, C, B_1, B_6 vitaminleri ayrı ayrı uygulanmıştır. B_6 vitamini uygulanan grupta kuluçka çıkım oranı %81,5 ile en yüksek değer olarak bulunmuştur. E ve B_1 vitamini uygulamalarında ise çıkım öncesi embriyo ölümleri artmıştır. Civciv ağırlığı/yumurta ağırlığı oranı A ve C vitamini uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca 14. ve 28. gün canlı ağırlıklar E ve B_1 vitamini uygulanan gruplarda anlamlı derecede artmıştır. Ancak yemden yararlanma oranı yönünden gruplar arasında fark görülmemiştir.

Teymouri ve ark. (2020), broiler tavuklarda in ovo B_{12} vitamini beslemesinin kuluçka randımanı, performans ve kan değerleri üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada toplam 1000 döllü yumurta farklı günlerde 20 ve 40 µg dozlarda B_{12} vitamini ile enjekte edilmiştir. Kuluçkanın 13. gününde yapılan B_{12} vitamini enjeksiyonlarında bazı gruplarda kuluçka randımanı düşerken, 15. günde yapılan 20 µg doz uygulamasında kuluçka randımanında düşüş gözlenmemiştir. Yumurtadan çıkış sonrası 21. ve 42. günlerde yem tüketimi, canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranı B_{12} vitamini uygulanan gruplarda anlamlı şekilde artmıştır. Ayrıca glikoz, total protein ve albümin düzeylerinin doza bağlı olarak yükseldiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, in ovo B_{12} vitamininin broiler büyüme performansı üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

Tufarelli ve ark. (2022), B grubu vitaminlerinin in ovo enjeksiyonunun etlik piliç damızlıklarının ve yavrularının performansı üzerine etkisini incelemiştir. 100 µg tiamin ve riboflavin enjeksiyonlarının civcivlerin vücut ağırlığı, yem dönüşüm oranı ve günlük canlı ağırlık artışını iyileştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca IgM, IgG ve lizozim aktivitesi düzeylerinin arttığı bildirilmiştir. Piridoksin (B_6) ve kobalamin (B_{12}) uygulamalarının da performans parametrelerini iyileştirdiği, bağışıklık yanıtını güçlendirdiği ifade edilmiştir. Kolin enjeksiyonunun ise kuluçka oranı üzerinde etkili olmadığı, ancak performansı iyileştirdiği rapor edilmiştir.

Momeneh ve Torki (2017), etil alkol stresine maruz bırakılmış yumurtalarda B_6 ve B_{12} vitaminlerinin in ovo enjeksiyonunun etkilerini araştırmıştır. Etanol uygulaması kuluçka randımanını düşürmüş, ancak B_6 ve B_{12} enjeksiyonu bu olumsuz etkiyi kısmen dengelemiştir. Vitamin B_6 ve B_{12}'nin etanol kaynaklı oksidatif stresi hafiflettiği, ancak soğuk stres koşullarındaki performans üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Bu sonuçlar B vitaminlerinin embriyonal dönemde oksidatif stresle mücadelede önemli rol oynadığını göstermektedir.

Kalaba ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada, broiler embriyolarına in ovo E, B_1 ve B_2 vitamini enjeksiyonunun çıkış oranı, civciv kalitesi ve kan biyokimyasal parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada 68 haftalık Cobb 500 damızlıklardan elde edilen toplam 1140 adet kuluçkalık yumurta kullanılmış ve yumurtalar kuluçkanın 17. gününde in ovo enjeksiyona tabi tutulmuştur. Yumurtalar beş deneme grubuna ayrılmıştır: negatif kontrol grubuna herhangi bir işlem uygulanmazken, pozitif kontrol grubuna 0,2 mL steril salin (0,9% NaCl) enjekte edilmiştir. Diğer gruplara ise sırasıyla vitamin E (1000 mg/100 µL yağ bazlı çözücü), B_1 vitamini (8,92 mg/100 µL steril salin) ve B_2 vitamini (4,30 mg/100 µL steril salin) embriyoya tek

aşamalı olarak enjekte edilmiştir. Enjeksiyonlar kuluçkanın 17. gününde, amniyotik keseye uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, in ovo vitamin uygulamaları çıkım oranı ve civciv kalitesi üzerinde anlamlı bir etki oluşturmazken, çıkmış civciv ağırlığı tüm vitamin uygulama gruplarında kontrol ve pozitif kontrol gruplarına kıyasla anlamlı düzeyde artmıştır. Özellikle vitamin B_2 uygulanan grupta en yüksek civciv ağırlığı elde edilmiştir. Ayrıca vitamin E ve B_2 uygulamalarının, geç kuluçka döneminde mortaliteyi azalttığı, T_3 düzeylerini artırdığı ve kortikosteron seviyelerini düşürdüğü, dolayısıyla embriyonik stresin azaltılmasında olumlu etki gösterdiği bildirilmiştir.

Sonuç

Etlik piliç üretiminde genetik ilerlemeler embriyonik gelişim hızını artırmıştır. Buna bağlı olarak kuluçka süreci ve çıkış sonrası erken dönem, civciv performansını belirleyen kritik bir aşama hâline gelmiştir. Embriyonal dönemde özellikle vitaminler gibi besin maddelerinin yetersizliği; çıkış gücünde azalma, bağışıklık sisteminin zayıflaması, büyüme ve kemik gelişiminde gerilik ile stres faktörlerine duyarlılığın artmasına neden olabilmektedir. Bu durum, embriyonik dönemde doğrudan müdahale imkânı sağlayan in ovo vitamin uygulamalarına olan ilgiyi artırmıştır.

İn ovo vitamin uygulamalarının kuluçka performansı, civciv kalitesi, erken dönem büyüme, bağışıklık sistemi gelişimi, bağırsak morfolojisi, oksidatif denge ve iskelet sağlığı üzerinde önemli etkiler oluşturabildiği görülmektedir. Vitaminlerin embriyonik dönemde uygulanması; kuluçka çıkış başarısını etkileyebileceği gibi çıkım sonrası hücresel farklılaşmanın desteklenmesi, kemik mineralizasyonunun iyileştirilmesi, bağışıklık hücrelerinin fonksiyonel olgunlaşması ve oksidatif stresin azaltılması açısından

kritik rol oynamaktadır. Bu sayede civcivlerin çıkış sonrası döneme metabolik ve fizyolojik olarak daha iyi hazırlandığı anlaşılmaktadır.

Bununla birlikte, uygulamanın zamanı, enjeksiyon bölgesi, vitaminin formu ve dozu sonuçlar üzerinde belirleyici olmaktadır. Uygun olmayan doz ve zamanlamaların embriyonik kayıplara veya performans düşüşlerine yol açabildiği bildirilmektedir. Bu nedenle in ovo vitamin uygulamalarının kontrollü, amaca yönelik ve fizyolojik gereksinimlere uygun şekilde planlanması gerekmektedir.

Sonuç olarak, in ovo vitamin uygulamaları etlik piliç yetiştiriciliğinde kuluçka ve erken dönem performansını iyileştirme potansiyeline sahip etkili bir biyoteknolojik yöntemdir. Ancak uygulama protokollerinin doğru belirlenmesi ve uzun dönem performans ile sağlık üzerindeki etkilerinin farklı koşullarda değerlendirilmesine yönelik ileri çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Kaynakça

Abdelaziz, K., Helmy, Y. A., Yitbarek, A., & Hodgins, D. C. (2024). Advances in poultry vaccines: Leveraging biotechnology for improving vaccine development, stability, and delivery. *Vaccines, 12*(2), 134. https://doi.org/10.3390/vaccines12020134

Abdul-Majeed, A. F., & Abdul-Rahman, S. Y. (2022). Impact of vitamin E and selenium treatment in ovo and after hatching of broiler. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 53*(4), 810–818.

Abdulqader, A. F. A., Olgun, O., & Yıldız, A. Ö. (2017). In ovo besleme. *Hayvansal Üretim, 58*(2), 58–65.

Açıkgöz, Z., & Kırkpınar, F. (2017). Etlik piliç üretiminde erken dönem besleme uygulamaları. *Hayvansal Üretim, 58*(1), 66–73.

Ahmadi, S., Nemoto, Y., & Ohkubo, T. (2024). Impact of in ovo leptin injection and dietary protein levels on ovarian growth markers and early folliculogenesis in post-hatch chicks (Gallus gallus domesticus). *Biology, 13*(2), 69.

Ainsworth, S. J., Stanley, R. L., & Evans, D. J. (2010). Developmental stages of the Japanese quail. *Journal of Anatomy, 216*(1), 3–15.

Aksoy, A., & Daş, Y. K. (2012). Vitaminlerin veteriner sağaltımda kullanımı. *Türkiye Klinikleri Journal of Veterinary Sciences, 3*(3), 65–76.

Alizadeh, M., Astill, J., Alqazlan, N., Shojadoost, B., Taha-Abdelaziz, K., Bavananthasivam, J., Shoja Doost, J., Sedeghiisfahani, N., & Sharif, S. (2022). In ovo co-administration of vitamins (A and D) and probiotic lactobacilli modulates immune responses in broiler chickens. *Poultry Science, 101*(4), 101717. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101717

Altan, Ö., Açıkgöz, Z., Bayraktar, Ö. H., Köse, F. A., Tuğalay, Ç. Ş., & Pourdolati, O. (2017). İn ovo vitamin C ve E enjeksiyonunun ısı stresine maruz kalan etlik piliçlerde gelişme performansı ve oksidatif stabilite üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 54*(3), 259–266.

Anton, M. (2007). Composition and structure of hen egg yolk. In R. Huopalahti, R. López-Fandiño, M. Anton, & R. Schade (Eds.), *Bioactive egg compounds* (pp. 1–6). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-37885-3_1

Araújo, I. C. S., Café, M. B., Noleto, R. A., Martins, J. M. S., Ulhoa, C. J., Guareshi, G. C., Reis, M. M., & Leandro, N. S. M. (2019). Effect of vitamin E in ovo feeding to broiler embryos on hatchability, chick quality, oxidative state, and performance. *Poultry Science, 98*(9), 3652–3661. https://doi.org/10.3382/ps/pey439

Aslam, S. M., Garlich, J. D., & Qureshi, M. A. (1998). Vitamin D deficiency alters the immune responses of broiler chicks. *Poultry Science, 77*, 842–849.

Atencio, A., Edwards, H. M., Jr., & Pesti, G. (2005). Effects of vitamin D3 dietary supplementation of broiler breeder hens on the performance and bone abnormalities of the progeny. *Poultry Science, 84*(7), 1058–1068.

Bauer, R., Plieschnig, J. A., Finkes, T., Riegler, B., Hermann, M., & Schneider, W. J. (2013). The developing chicken yolk sac acquires nutrient transport competence by an orchestrated differentiation process of its endodermal epithelial cells. *The Journal of Biological Chemistry, 288*(2), 1088–1098. https://doi.org/10.1074/jbc.M112.393090

Beiglou, E. R. (2010). Kanatlılarda in ovo besleme uygulamalarının bağırsak gelişimi ve performans üzerine etkileri. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 9*(1), 34–40.

Bhanja, S. K., Mandal, A. B., & Goswami, T. K. (2004). Effect of in ovo injection of amino acids on growth, immune response, development of digestive organs and carcass yields of broilers. *Indian Journal of Poultry Science, 39*, 212–218.

Biagi, E., Mengucci, C., Barone, M., Picone, G., Lucchi, A., Celi, P., Litta, G., Candela, M., Manfreda, G., Brigidi, P., Capozzi, F., & De Cesare, A. (2020). Effects of vitamin B2 supplementation in broilers microbiota and metabolome. *Microorganisms, 8*(8), 1134. https://doi.org/10.3390/microorganisms8081134

Bigot, K., Mignon-Grasteau, S., Picard, M., & Tesseraud, S. (2003). Effects of delayed feed intake on body, intestine, and muscle development in neonate broilers. *Poultry Science, 82*, 781–788.

Bozbay, C. K., Konanç, K., Ocak, N., & Öztürk, E. (2016). Yumurta içi (in ovo) propolis enjeksiyonunun ve enjeksiyon yerinin kuluçka randımanı, civciv çıkış ağırlığı ve yaşama gücüne etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 3*(1), 48–54.

Çelik, L., & Açıkgöz, Z. (2006). Kanatlı hayvanlarda sindirim sisteminin gelişimi ve besleme ile sindirim sisteminin gelişimi arasındaki ilişki. *Hayvansal Üretim, 47*(2), 38–47.

Duarte, C. R. A., Bratti, F. C., Murakami, A. E., Fernandes, J. I. M., Ospina-Rojas, I. C., & Furlan, A. C. (2014). Efecto de la suplementación de vitamina K3 sobre el comportamiento productivo y calidad ósea de pollos de engorde. *Archivos de Medicina Veterinaria, 46*(2), 305–313.

El-Kady, R., Sallam, M., Kamel, N., Samy, A., Elghamry, A. E. K., Abusinaa, G., & Khalifa, W. H. (2024). Effect of in ovo feeding of different level of vitamin B complex (B1, B2 and B12) on hatchability, production performance, carcass characteristic, blood biochemical and muscle antioxidant of broiler chickens. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences, 55*(2), 507–516.

Enting, H., Boersma, W. J. A., Cornelissen, F. B. W. J., Van Winden, S. C. L., Verstegen, M. W. A., & Van der Aar, P. J. (2007). The effect of low-density broiler breeders diets on performance and immune status of their offspring. *Poultry Science, 86*(2), 282–290.

Eray, O., Alsan, İ., Filik, A. G., & Filik, G. (2017). Antioksidanlara genel bir bakış ve kanatlı hayvanlarda kullanımı. *Science and Technique in the 21st Century, 2*(8), 25–36.

Esser, A. F. G., Taniguti, T. L., da Silva, A. M., Vanroo, E., Kaneko, I. N., dos Santos, T. C., & Fernandes, J. I. M. (2018). Effect of supplementation of guanidinoacetic acid and arginine in vegetable diets for broiler on performance, carcass yield and meat quality. *Semina: Ciências Agrárias, 39*(3), 1307–1318.

Fatemi, S. A., Elliott, K. E. C., Bello, A., Durojaye, O. A., Zhang, H., & Peebles, E. D. (2020). Effects of source and level of in ovo-injected vitamin D3 on the hatchability and serum 25-hydroxycholecalciferol concentrations of Ross 708 broilers. *Poultry Science, 99*(8), 3877–3884.

Fatemi, S. A., Elliott, K. E., Macklin, K. S., Bello, A., & Peebles, E. D. (2022). Effects of the in ovo injection of vitamin D3 and 25-hydroxyvitamin D3 in Ross 708 broilers subsequently challenged with coccidiosis: II immunological and inflammatory responses and small intestine histomorphology. *Animals, 12*(8), 1027.

Goel, A., Bhanja, S. K., Pande, V., Mehra, M., & Mandal, A. (2013). Effects of in ovo administration of vitamins on post hatch-growth, immunocompetence and blood biochemical profiles of broiler chickens. *Indian Journal of Animal Sciences, 83*(9), 916–921.

Gonzales, E., Cruz, C. P., Leandro, N. S. M., Stringhini, J. H., & Brito, A. B. (2013). In ovo supplementation of 25(OH)D3 to broiler embryos. *Brazilian Journal of Poultry Science, 15*, 199–202.

Gore, A. B., & Qureshi, M. A. (1997). Enhancement of humoral and cellular immunity by vitamin E after embryonic exposure. *Poultry Science, 76*, 984–991.

Guo, S., He, L., Zhang, Y., Niu, J., Li, C., Zhang, Z., Li, P., & Ding, B. (2023). Effects of vitamin A on immune responses and vitamin A metabolism in broiler chickens challenged with necrotic enteritis. *Life, 13*(5), 1122. https://doi.org/10.3390/life13051122

Hajihosaini, M., & Mottaghitalab, M. (2004). Effect of amino acid injection in broiler breeder eggs on hatchability and growth of hatched chicken. *Journal of Agricultural Science, 1*, 23–32.

Hargis, P. S., Pardue, S. L., Lee, A. M., & Sandel, G. W. (1989). In ovo growth hormone alters growth and adipose tissue development of chickens. *Growth, Development, and Aging, 53*, 93–99.

Hayakawa, T., Shiraishi, J. I., & Ohta, Y. (2019). Effects of in ovo vitamin D3 injection on subsequent growth of broilers. *The Journal of Poultry Science, 56*(3), 220–223.

Herfiana, I. M. (2007). *The effect of glutamine, dextrin and its combination through in ovo feeding on immune response, blood profiles and the carcass composition of male broiler chicken* [Master's thesis, Sekolah Pascasarjana, Institute Pertanian].

Holt, W. V. (2011). Mechanism of sperm storage in the female reproductive tract: An interspecies comparison. *Reproduction in Domestic Animals, 46*, 68–74.

Hossain, S. M., Barreto, S. L., Bertechini, A. G., Rios, A. M., & Silva, C. G. (1998). Influence of dietary vitamin E level on egg production of broiler breeders, and on the growth and immune response of progeny in comparison with the progeny from eggs injected with vitamin E. *Animal Feed Science and Technology, 73*(3), 307–317.

Jackson, C., Kolba, N., & Tako, E. (2023). Assessing the interactions between zinc and vitamin A on intestinal functionality, morphology, and the microbiome in vivo (Gallus gallus). *Nutrients, 15*(12), 2754.

Jochemsen, P., & Jeurissen, S. H. M. (2002). The localization and uptake of in ovo injected soluble and particulate substances in the chicken. *Poultry Science, 81*, 1811–1817.

Johnston, P. A., Liu, H., O'Connell, T., Phelps, P., Bland, M., Tyczkowski, J., Kemper, A., Harding, T., Avakian, A., Haddad, E., Whitfill, C., Gildersleeve, R., & Ricks, C. A. (1997). Applications in in ovo technology. *Poultry Science, 76*(1), 165–178. https://doi.org/10.1093/ps/76.1.165

Kadam, M. M., Barekatain, M. R., Bhanja, S. K., & Iji, P. A. (2013). Prospects of in ovo feeding and nutrient supplementation for poultry: The science and commercial applications—A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 93*(15), 3654–3661.

Kadhim, A. H., Al-Jebory, H. H., Ali, M. A., & Al-Khafaji, F. R. (2021). Effect of early feeding (in ovo) with nano-selenium and vitamin E on body weight and glycogen level in broiler chickens exposed to fasting condition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 910*(1), 012009. https://doi.org/10.1088/1755-1315/910/1/012009

Kalaba, Z. M., El-Hadad, E. S., Gomaa, M. H., & Farouk, Z. M. (2024). Influence of in ovo feeding vitamins E, B1, and B2 to broiler embryos on hatchability, chick quality, and blood biochemical parameters of hatched chicks. *Journal of Animal and Poultry Production, 15*(3), 57–65.

Karageçili, M. R., & Karadaş, F. (2017). Anaçların (maternal) ve/veya yumurta içi (in ovo) antioksidan beslemenin kanatlılarda gen ekspresyonu ve performans için önemi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 27*(2), 276–284.

Kidd, M. T. (2004). Nutritional modulation of immune function in broilers. *Poultry Science, 83*, 650–657.

Konjufca, V. K., Bottje, W. G., Bersi, T. K., & Erf, G. F. (2004). Influence of dietary vitamin E on phagocytic functions of macrophages in broilers. *Poultry Science, 83*, 1530–1534.

Leshchinsky, T. V., & Klasing, K. C. (2001). Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. *Poultry Science, 80*, 1590–1599.

Li, S., Bai, S., Qin, X., Zhang, J., Irwin, D. M., Zhang, S., & Wang, Z. (2019). Comparison of whole embryonic development in the duck (Anas platyrhynchos) and goose (Anser cygnoides) with the chicken (Gallus gallus). *Poultry Science, 98*(8), 3278–3291.

Momeneh, T., & Torki, M. (2018). Effects of in ovo injection of vitamins B6 and B12 in fertile eggs subjected to ethanol stress on hatching traits, performance and visceral organs of broiler chicks reared under cold stress condition. *Iranian Journal of Applied Animal Science, 8*(3), 491–498.

Moosanezhad, M., Salahi, A., & Mashayekhi, S. (2011, September 4–8). The best time for in ovo solution injection in old broiler breeder flock eggs [Conference abstract]. *XIV European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products*, Leipzig, Germany.

Moran, E. T., Jr. (2007). Nutrition of the developing embryo and hatchling. *Poultry Science, 86*(5), 1043–1049. https://doi.org/10.1093/ps/86.5.1043

Nameghi, A. H., Moghaddam, H. N., Afshari, J. T., & Kermanshahi, H. (2007). Effects of vitamin E and C supplementation on performance and immune response of broiler chicks. *Journal of Animal and Veterinary Advances, 6*(9), 1060–1069.

Nizam, M. Y., & Selçuk, M. (2019). Kanatlı hayvanlarda reprodüktif mekanizma ve fertilizasyon. *Journal of Poultry Research, 16*(2), 68–73.

Nowaczewski, S., Kontecka, H., & Krystianiak, S. (2012). Effect of in ovo injection of vitamin C during incubation on hatchability of chickens and ducks. *Folia Biologica (Kraków), 60*(1–2), 93–97.

Noy, Y., & Sklan, D. (1995). Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Science, 74*, 366–373.

Noy, Y., & Sklan, D. (1996). Uptake capacity in vitro for glucose and methionine and in situ for oleic acid in the proximal small intestine of posthatch chicks. *Poultry Science, 75*, 998–1002.

Noy, Y., & Sklan, D. (1998). Yolk utilization in the newly hatched poult. *British Poultry Science, 39*, 446–451.

Ohta, Y., & Kidd, M. T. (2001). Optimum site for in ovo amino acid injection in broiler breeder eggs. *Poultry Science, 80*, 1425–1429.

Ohta, Y., Kidd, M. T., & Ishibashi, T. (2001). Embryo growth and amino acid concentration profiles of broiler breeder eggs, embryos, and chicks after in ovo administration of amino acids. *Poultry Science, 80*(10), 1430–1436.

Ohta, Y., Tsushima, N., Koide, K., Kidd, M. T., & Ishibashi, T. (1999). Effect of amino acid injection in broiler breeder eggs on embryonic growth and hatchability of chicks. *Poultry Science, 78*, 1493–1498.

Oliveira, T. F. B., Bertechini, A. G., Bricka, R. M., Kim, E. J., Gerard, P. D., & Peebles, E. D. (2015). Effects of in ovo injection of organic zinc, manganese, and copper on the hatchability and bone parameters of broiler hatchlings. *Poultry Science, 94*(10), 2488–2494.

Onaolapo, A. A., Seidu, S., Bashir, S. A., & Olatunde, O. A. (2025). Vitamin E supplementation and its effects on broiler performance, nutrient absorption and health markers. *International Journal of Research and Scientific Innovation, 12*(10), 2179–2188.

Ouyang, J., Zhang, C., Deng, C., Wen, A., Zhou, H., You, J., & Li, G. (2024). Dietary vitamin B6 supplementation alleviates heat stress-induced intestinal barrier impairment by regulating the gut microbiota and metabolites in broilers. *Poultry Science, 103*(11), 104202.

Öztürk, E. (2020). *Kanatlı hayvan beslemede vitaminler* [Ders notu]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü.

Peebles, E. D., Doyle, S. M., Pansky, T., Gerard, P. D., Latour, M. A., Boyle, C. R., & Smith, T. W. (1999). Effects of breeder age and dietary fat on subsequent broiler performance: 2. Slaughter yield. *Poultry Science, 78*(4), 512–515.

Phutthaphol, R., Bunchasak, C., Loongyai, W., & Rakangthong, C. (2025). Effects of vitamin D3 and 25(OH)D3 supplementation on growth performance, bone parameters and gut microbiota of broiler chickens. *Animals, 15*(19), 2900.

Romanoff, A. L. (1960). *The avian embryo: Structural and functional development*. The Macmillan Co.

Sadiq, R. K., Abrahimkhil, M. A., Rahimi, N., Banuree, S. Z., & Banuree, S. A. H. (2023). Effects of dietary supplementation of vitamin E on growth performance and immune system of broiler chickens. *Journal of World's Poultry Research, 13*(1), 120–126.

Salary, J., Sahebi-Ala, F., Kalantar, M., & Matin, H. R. H. (2014). In ovo injection of vitamin E on post-hatch immunological parameters and broiler chicken performance. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 4*, S616–S619.

Salmanzadeh, M., Aghdam Shahryar, H., & Lotfi, A. (2015). Effect of in ovo feeding of butyric acid on hatchability, performance and small intestinal morphology of turkey poults. *Kafkas Univ Vet Fak Derg, 21*(1), 19–25. https://doi.org/10.9775/kvfd.2014.11393

Sarıca, Ş., Karataş, Ü., & Gözalan, R. (2009). Kanatlılarda bağışıklık sistemi ve bağışıklık sistemini etkileyen besinsel faktörler. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG), 2009*(2), 81–86.

Savaris, V. D. L., Broch, J., de Souza, C., Rohloff Junior, N., de Avila, A. S., Polese, C., Kaufmann, C., Carvalho, P. L. de O., Pozza, P. C., Vieites, F. M., & Nunes, R. V. (2021). Effects of vitamin A on carcass and meat quality of broilers. *Poultry Science, 100*(12), 101490. https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101490

Sharma, J. M., & Burmester, B. R. (1984). *Disease control in avian species by embryonal vaccination* (U.S. Patent No. 4,458,630). U.S. Patent and Trademark Office.

Shenstone, F. S. (1968). The gross composition, chemistry and physico-chemical basis of organization of the yolk and white. In C. Horton-Smith & E. C. Amoroso (Eds.), *Egg quality: A study of hen's egg* (pp. 26–58). Cornell University.

Shojadoost, B., Alizadeh, M., Taha-Abdelaziz, K., Shoja Doost, J., Astill, J., & Sharif, S. (2021). In ovo inoculation of vitamin A modulates chicken embryo immune functions. *Journal of Interferon and Cytokine Research, 41*(1), 20–28.

Soltani, T., Salarmoini, M., Afsharmanesh, M., & Tasharrofi, S. (2019). The effects of in ovo injection of ascorbic acid on hatchability, growth performance, intestinal morphology, and tibia breaking strength in 36 h post-hatch fasted broiler chickens. *Poultry Science Journal, 7*(1), 43–49. https://doi.org/10.22069/psj.2019.15929.1382

Sözcü, A. (2018). Yumurta içi (in ovo) glutamin enjeksiyonunun embriyo gelişimi, çıkış parametreleri, bağırsak gelişimi, kan parametreleri, civciv kalitesi, etlik piliç performansı ve karkas özelliklerine etkisi [Doktora tezi, Uludağ Üniversitesi]. https://acikerisim.uludag.edu.tr/entities/publication/d7b7396e-83d0-45ae-a54e-09c08978df7e

Sözcü, A., & Curabay, B. (2014). *Kuluçkada yumurta içi (in ovo) besleme uygulamaları. Hayvansal Üretim, 55(1), 46–50.*

Şamlı, H. E., & Ağma Okur, A. (2016). *Tüm yönleriyle yumurta* (Sektör Araştırmaları No. 2016/1; Yayın No. 208). İstanbul Ticaret Borsası.

Şentürk, E. T., & Yıldız, A. (2020). Effect of in ovo injection of organic zinc, manganese and copper on hatchability parameters and some tissues' properties in quail breeder. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 8*(1), 95–98.

Tako, E., Ferket, P. R., & Uni, Z. (2004). Effects of in ovo feeding of carbohydrates and beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on the development of chicken intestine. *Poultry Science, 83*, 2023–2028.

Tarhan, M., & Peşmen, G. (2023). Effects of in ovo injection of glucose and vitamin C on hatching performance in broiler fertile eggs. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 16*(4), 100690. https://doi.org/10.1016/j.jrras.2023.100690

Teague, K. D., Graham, L. E., Dunn, J. R., Cheng, H. H., Anthony, N., Latorre, J. D., Menconi, A., Wolfenden, R. E., Wolfenden, A. D., Mahaffey, B. D., Baxter, M., Hernandez-Velasco, X., Merino-Guzman, R., Bielke, L. R., Hargis, B. M., & Tellez, G. (2017). In ovo evaluation of FloraMax®-B11 on Marek's disease HVT vaccine protective efficacy, hatchability, microbiota composition, morphometric analysis, and Salmonella enteritidis

infection in broiler chickens. *Poultry Science, 96*(7), 2074–2082. https://doi.org/10.3382/ps/pew494

Teymouri, B., Ghiasi Ghalehkandi, J., Hassanpour, S., & Aghdam-Shahryar, H. (2020). Effect of in ovo feeding of the vitamin B12 on hatchability, performance and blood constitutes in broiler chicken. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics, 26*(1), 381–387.

Triyuwanta, L. C., & Nys, Y. (1992). Dietary phosphorus and food allowance of dwarf breeders affect reproductive performance of hens and bone development of their progeny. *British Poultry Science, 33*(2), 363–379.

Tufarelli, V., Ghane, F., Shahbazi, H. R., Slozhenkina, M., Gorlov, I., Viktoronova, F. M., Seidavi, A., & Laudadio, V. (2022). Effect of in ovo injection of some B-group vitamins on performance of broiler breeders and their progeny. *World's Poultry Science Journal, 78*(1), 125–138. https://doi.org/10.1080/00439339.2022.2003169

Uni, Z., Ferket, P. R., Tako, E., & Kedar, O. (2005). In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos. *Poultry Science, 84*, 764–770.

Uni, Z., & Ferket, P. R. (2003). *Enhancement of development of oviparous species by in ovo feeding* (U.S. Patent No. US 6,592,878 B2). U.S. Patent and Trademark Office.

Uni, Z., & Ferket, P. R. (2004). Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Science Journal, 60*, 101–111.

Ünbaş, E., Konyalı, C., & Savaş, T. (2023). Kanatlı hayvanlarda embriyo kayıpları. *Journal of Animal Production, 64*(1), 66–75.

Vieira, S. L., & Moran, E. T., Jr. (1999). Effects of egg of origin and chick post-hatch nutrition on broiler live performance and meat yields. *World's Poultry Science, 55*(2), 125–142.

Wakenell, P. S., Bryan, T., Schaeffer, J., Avakian, A., Williams, C., & Whitfill, C. (2002). Effect of in ovo vaccine delivery route on herpesvirus of turkeys/SB-1 efficacy and viremia. *Avian Diseases, 46*(2), 274–280. https://doi.org/10.1637/0005-2086(2002)046[0274:EOIOVD]2.0.CO;2

Wei, J., Li, L., Peng, Y., Luo, J., Chen, T., Xi, Q., Zhang, Y., & Sun, J. (2024). The effects of optimal dietary vitamin D3 on growth and carcass performance, tibia traits, meat quality, and intestinal morphology of Chinese yellow-feathered broiler chickens. *Animals, 14*(6), 920. https://doi.org/10.3390/ani14060920

Xu, H., Hu, Z., Lu, Y., Jiang, Y., Li, D., Lei, B., Du, R., Yang, C., Zhang, Z., Qiu, M., & Wang, Y. (2023). Improvement in the early growth, immune system and tibia development of broilers in response to the in ovo injection of 25-hydroxyvitamin D3. *Journal of Applied Animal Research, 51*(1), 265–275. https://doi.org/10.1080/09712119.2023.2187396

Yair, R., Shahar, R., & Uni, Z. (2015). In ovo feeding with minerals and vitamin D3 improves bone properties in hatchlings and mature broilers. *Poultry Science, 94*(11), 2695–2707.

Yang, X., Luo, Y. H., Zeng, Q. F., Zhang, K. Y., Ding, X. M., Bai, S. P., & Wang, J. P. (2014). Effects of low ambient temperatures and dietary vitamin C supplement on growth performance, blood parameters, and antioxidant capacity of 21-day-old broilers. *Poultry Science, 93*(4), 898–905.

Yıldırım, İ., & Teber, H. (2020). *Broyler ebeveyn kuluçkalık yumurtalarına in ovo besleme yöntemi ile propolis ekstraktı enjeksiyonunun kuluçka sonuçlarına etkileri. Ziraat Mühendisliği, (369)*, 46–57.

Yılmaz, Ç. (2017). Yumurta içi (in ovo) vitamin C ve vitamin E uygulamasının kuluçka parametreleri ile civcivlerin performansına etkileri [Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi].

Yiğit, A. Ü. (2016). Broylerlerde in ovo teknik ve ticari uygulamaları. *Ziraat Fakültesi Dergisi, 11*(1), 157–168.

Zhang, C., Li, D., Wang, F., & Dong, T. (2003). Effects of dietary vitamin K levels on bone quality in broilers. *Archives of Animal Nutrition, 57*(3), 197–206.

Zhang, H., Elliott, K. E. C., Durojaye, O. A., Fatemi, S. A., & Peebles, E. D. (2018). Effects of in ovo administration of L-ascorbic acid on broiler hatchability and its influence on the effects of pre-placement holding time on broiler quality characteristics. *Poultry Science, 97*(6), 1941–1947.

Zhang, H., Elliott, K. E. C., Durojaye, O. A., Fatemi, S. A., Schilling, M. W., & Peebles, E. D. (2019). Effects of in ovo injection of L-ascorbic acid on growth performance, carcass composition, plasma antioxidant capacity, and meat quality in broiler chickens. *Poultry Science, 98*(9), 3617–3625.

Zhu, Y., Li, S., Duan, Y., Ren, Z., Yang, X., & Yang, X. (2020). Effects of in ovo feeding of vitamin C on post-hatch performance, immune status and DNA methylation-related gene expression in broiler chickens. *British Journal of Nutrition, 124*(9), 903–911.

BÖLÜM 2

SİKLOFOSFAMİDİN ZOOTEKNİ'DE "KİMYASAL KIRKIM" OLARAK TARİHSEL VE ELEŞTİREL DEĞERLENDİRMESİ

MEHMET YARDIMCI[1]

Giriş

Geleneksel koyunculuk ve keçicilikte yapağı, tiftik veya kaşmirin mekanik kırkımla veya elle taranarak toplanması yoğun iş gücü, zaman ve kalifiye eleman gerektiren en zahmetli süreçlerden biridir. Özellikle keçilerde liflerin vücut bölgelerine göre farklı tutunma kuvvetine sahip olması mekanik yöntemleri sınırlamış, iş gücü verimliliğinin düşüklüğü yetiştiricileri alternatif arayışlara itmiştir.

Bu ekonomik ve teknik darboğazı aşmak amacıyla 20. yüzyılın ikinci yarısında, hayvanlara sistemik kimyasal ajanlar verilerek kıl foliküllerinin zayıflatılması ve tüy örtüsünün elle kolayca soyulması esasına dayanan "kimyasal kırkım" konsepti ortaya atılmıştır. Bu süreçte en çok öne çıkarılan moleküllerden biri ise siklofosfamid olmuştur.

[1] Doç. Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0001-5650-437X

Ancak literatürün ve eğitim materyallerinin derinlemesine incelenmesi, büyük bir paradoksu açığa çıkarmaktadır: İnsan ve veteriner hekimliğinde hayatı tehdit eden kanserlerin tedavisinde kullanılan son derece ağır bir kemoterapötik ajan, tarımsal literatüre ve eski ders kitaplarına adeta pratik bir "kırkım aracı" gibi entegre edilmiştir. Bu makalenin temel amacı, siklofosfamidin farmakolojik gerçekliğini hatırlatmak, kimyasal kırkım adı altında yürütülen deneysel ve pedagojik serüveni özetlemek ve bu yaklaşımın neden bilimsel ve etik bir yanılgı olduğunu ortaya koymaktır.

Siklofosfamidin Farmasötik Niteliği ve Etki Mekanizması

Siklofosfamid, azot mustard türevleri sınıfından bifonksiyonel bir alkilleyici ajandır. Kendisi doğrudan aktif olmayıp organizmada bir pro-ilaç (ön-ilaç) olarak davranır; karaciğerde sitokrom P450 enzimleri aracılığıyla hidroksillenerek 4-hidroksisiklofosfamid ve aldofosfamid gibi sitotoksik aktif metabolitlerine ve nihayetinde fosforamid mustarda dönüşür. Bu aktif metabolitler, DNA bazları (özellikle guanin N-7 pozisyonu) arasında çapraz kovalent bağlar kurarak DNA replikasyonunu ve transkripsiyonunu bloke eder.

Bu mekanizmanın doğal sonucu, kontrolsüz bölünen kanser hücrelerinin apoptoza sürüklenmesidir. Ancak siklofosfamidin hedef özgüllüğü yoktur. Vücutta mitotik olarak aktif ve hızlı çoğalan tüm sağlıklı dokulara da ayrım gözetmeksizin hasar verir. Bu hücrelerin başında hematopoietik kök hücreler, gastrointestinal mukoza epiteli ve kıl folikülü matriks hücreleri gelir (Paus ve ark., 2013).

Siklofosfamid metabolize olurken sadece aktif alkilleyici olan fosforamid mustard değil, aynı zamanda idrar yolları için oldukça toksik olan akrolein (acrolein) açığa çıkar. Akrolein, insan ve hayvanlarda steril hemorajik sistit ve mesane epiteli nekrozuna yol açar.

Siklofosfamid, sentezlenen en başarılı antikanser ajanlarından biridir. Sentezlenmesinin üzerinden 50 yıl geçmesine rağmen, siklofosfamid hala yaygın olarak kemoterapi ajanı olarak ve kan ve kemik iliği nakli için mobilizasyon ve hazırlık rejimlerinde kullanılmaktadır (Emadi ve ark., 2009).

Tarihsel Süreç: Bir Yan Etkinin "Metot" Olarak Kurgulanması

İlk Çalışmalar ve 1970–1980 Dönemi

Onkoloji hastalarında kemoterapi seansları sonrası saç dökülmesinin (alopesi) kaçınılmaz bir yan etki olarak belirmesi, 1960'ların sonunda hayvan besleme ve zootekni araştırmacılarının dikkatini çekmiştir. Dolnick ve ark. (1969), koyunlarda 30 mg/kg dozda siklofosfamid uygulamasının yapağının dökülmesine yol açtığını ve bu dozun akut olarak öldürücü olmadığını ileri sürerek "kimyasal kırkım ajanı" kavramını literatüre sokmuştur. Araştırmalarında bu durumu "birçok bölgede deneyimli kırkımcı sıkıntısı yaşanması nedeniyle, koyun kırkımı giderek daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Yünün alınması için alternatif ve daha kolay bir yöntem ister küçük ister büyük ölçekli olsun, koyun yetiştiricisi için yararlı olacaktır" ifadeleriyle dile getirmişlerdir.

Bunu izleyen dönemde koyunlarda doz optimizasyonu, yapağının çekilme direnci ve lif zayıflaması üzerine yoğun çalışmalar yapılmıştır (Reynolds ve ark., 1972; Reis ve Chapman, 1974). Ancak aynı dönemin toksikoloji ve metabolizma araştırmaları ilacın vücuttaki kaderini net biçimde ortaya koymaktaydı:

• Bakke ve ark. (1972), koyunlara tek doz oral verilen siklofosfamidin hızla metabolize olduğunu, %70–90'ının ilk 24 saat içinde metabolitler (4-ketosiklofosfamid vb.) hâlinde idrarla atıldığını ve ciddi doku yükü oluşturduğunu göstermiştir.

• Hofírek ve Drábek (1980), 25 mg/kg i.v. siklofosfamid uygulanan Merinos koyunlarının kemik iliğinde sternal ponksiyonla

yaptıkları incelemelerde, ilacın eritropoez ve miyelopoez üzerinde doğrudan sitostatik depresyon yarattığını; normoblast serisinde ağır baskılanma ve periferik kanda belirgin anemi ile lökopeni meydana getirdiğini doğrulamıştır.

Buna rağmen, organizmanın yüksek rejenerasyon kabiliyeti nedeniyle kan parametrelerinin haftalar içinde toparlanması, dönemin bazı araştırıcıları tarafından "toksik değildir / güvenlidir" şeklinde yanıltıcı biçimde yorumlanmıştır.

Siklofosfamidin kabul edilemez toksisitesi ve kalıntı riskleri nedeniyle araştırmacılar sonraki yıllarda EGF gibi daha hedefe yönelik biyolojik alternatiflere yönelmiş olsa da maliyet ve pratik zorluklar nedeniyle kimyasal kırkım konsepti genel olarak terk edilmiştir.

Keçilerdeki Yansımaları ve Son Dönem Çalışmaları

Koyunların ardından benzer deneyler tiftik ve kaşmir keçilerine de taşınmıştır. Wansley ve ark. (1998), Ankara keçilerinde 30 mg/kg dozda siklofosfamidin 11. günden itibaren liflerde gevşemeye yol açtığını bildirmiştir. Yakın tarihli çalışmalarda dahi (Chen ve ark., 2018, 2019; Jurinskaya ve ark., 2023), lif verimini artırmak ve elle tarama işçiliğini azaltmak adına kaşmir keçilerine intravenöz veya intramüsküler 20–25 mg/kg siklofosfamid uygulanmaya devam edilmiştir. Bu çalışmalarda ilacın tüy foliküllerinde apoptoza ve nükleer aberasyonlara yol açtığı, serum melatonin düzeylerini baskıladığı, eritrosit ve hemoglobin değerlerini belirgin biçimde düşürdüğü ve hayvanlarda eritem (cilt kızarıklığı/dermatit) oluşturduğu açıkça rapor edilmiştir.

Zootekni Öğretiminde Bilgi Aktarım Zinciri ve Ders Kitabı Yanılgısı

Söz konusu tarihsel süreçte en çarpıcı kırılma noktası, bu deneysel verilerin zootekni eğitim materyallerine aktarılma biçimidir.

Özellikle 1970–1990 yılları arasında yayımlanmış bazı Türkçe zootekni ders kitaplarının baskılarında, "kimyasal kırkım" konusu birkaç yüzeysel cümleyle geçiştirilmiş, siklofosfamid sanki pratik, uygulanabilir ve rutin bir kırkım yöntemiymiş gibi lanse edilmiştir. Bu aktarımın temel eksiklikleri şunlardır:

1. Farmakolojik Bağlamdan Koparılma: Siklofosfamidin bir sitotoksik kemoterapi ilacı olduğu, DNA hasarı yaptığı ve immunosupresif profili tamamen göz ardı edilmiştir.

2. Kavramsal Hata: Tıpta engellenmeye ve hafifletilmeye çalışılan şiddetli bir yan etki olan alopesi, zooteknide "biyoteknolojik bir başarı / hasat kolaylığı" gibi sunulmuştur.

3. Eleştirel Süzgeç Eksikliği: İlacın kemik iliği baskılayıcı etkileri, karsinojenik/mutajenik riskleri ve etik boyutu tartışılmamış; yabancı literatürdeki ön denemeler dogma hâline getirilerek sonraki baskılara kaynak gösterilmeksizin kopyalanmıştır.

Siklofosfamidin Bir Kırkım Metodu Olarak Kabul Edilemezliği

Bir kimyasalın hayvan tüylerinin (yapağı, tiftik, kaşmir) hasadı amacıyla kullanılması farmakolojik güvenlik, hayvan refahı, gıda/tüketici güvenliği ve çevresel toksisite filtrelerinden geçmek zorundadır. Siklofosfamid bu kriterlerin tamamında sınıfta kalmaktadır:

1. Hayvan Refahı ve Sitotoksisite: İlaç, folikül hücrelerini öldürürken hayvanın bağışıklık sistemini ve hematopoietik merkezlerini (kemik iliği) baskılamaktadır. Uygulama sonrası ortaya çıkan anemi, lökopeni, kutanöz eritem modern hayvan refahı

ilkeleriyle (özellikle acı ve stresten ari olma hakkı) taban tabana zıttır.

2. Besin Zinciri ve İnsan Sağlığı Riskleri: Siklofosfamid, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından Grup 1 İnsan Kanserojeni olarak sınıflandırılmış mutajenik ve teratojenik bir bileşiktir. Et ve süt üretimine tabi tutulan ruminantlara bu denli yüksek dozlarda (20–30 mg/kg) verilmesi, dokularda kalıntı riski oluşturur. Ayrıca kırkım yapan işçilerin dökülen yapağıdaki toz/kalıntılarla temas etmesi veya soluması ciddi mesleki sağlık riskleri doğurur.

3. Çevresel Toksisite: Bakke ve ark. (1972) tarafından ortaya konduğu üzere, uygulanan ilacın %90'a yakını idrar ve dışkı yoluyla kısa sürede çevreye atılmaktadır. Bu durum, toprak ve su kaynaklarında sitotoksik/mutajenik kirlenmeye neden olabilecek bir ekotoksikolojik tehdittir.

Bu bilgilere rağmen en güncel çalışmalarda siklofosfamidin kimyasal kırkım aracı olarak kullanılmasının önerildiği çalışmalara rastlanmaktadır. Örneğin, Hu ve ark. (2026) konuyu şöyle dile getirmişlerdir: “Kimyasal tüy dökme, Çin Merinos koyunlarında geleneksel kırkım yöntemine umut vadeden bir alternatif sunarak düşük verimlilik ve hayvan stresi sorunlarının üstesinden gelmeyi amaçlamaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojiyle tedavi edilen koyunlardan elde edilen etin güvenliği kapsamlı bilimsel değerlendirme gerektirmektedir. Bu nedenle, bu çalışma, siklofosfamidin (CPA) koyunlarda yün kalitesi, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler, karkas özellikleri, et kalitesi, yağ asitleri ve amino asitler üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamıştır. Koyunlar 30 gün boyunca farklı konsantrasyonlarda CPA ile tedavi edilmiş ve uygulamadan 3, 15 ve 30 gün sonra kesim yapılmıştır. CPA tedavisi (25-30 mg/kg), lif uzunluğunu etkilemeden tam tüy dökülmesini sağlamış ve elyaf uzunluğunu ve uzama uzunluğunu önemli ölçüde artırmıştır. 25 mg/kg dozunda, ortalama eritrosit

hacmi, orta hücre sayısı ve lenfosit yüzdesi dahil olmak üzere bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler zamanla iyileşmiş ve sadece kısa süreli dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Ayrıca, 25 mg/kg CPA ile yapılan tedavi, karkas özelliklerini, kas amino asit bileşimini veya et kalitesi parametrelerini etkilememiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, et kalitesi etkilenmeden 25-30 mg/kg CPA ile tam yün dökülmesinin sağlanabileceğini doğrulamakta ve çift amaçlı koyun yetiştiriciliğinde kullanımına bilimsel bir temel sağlamaktadır.”

Bu çalışmanın metodolojik ve etik zaaflarına bakıldığında:

1. Kalıntı Analizinin Yetersizliği: Yazarlar et kalitesi ve karkas parametrelerinin değişmediğini savunsa da IARC Grup 1 kanserojen olan bir molekülün ve reaktif metabolitlerinin karkasta ve yağ dokusunda MRL (Maksimum Kalıntı Limiti) düzeyinde kromatografik kalıntı analizinin (LC-MS/MS vb.) yapılıp yapılmadığı sorgulanmalıdır.

2. "Kısa süreli toparlanma" Yanılsaması: Hematolojik parametrelerin toparlanmasının sitotoksisitenin, DNA mutasyonlarının ve bağışıklık çöküşünün yaşanmadığı anlamına gelmediği vurgulanmalıdır.

3. Besin Zincirine Giriş İzni: Hiçbir uluslararası gıda otoritesinin (EFSA, FDA, FAO/WHO) besin amaçlı yetiştirilen hayvanlarda karsinojenik bir sitotostatik ilacın sırf mekanik iş gücünü azaltmak amacıyla kullanımına MRL belirlemeyeceği veya onay vermeyeceği gerçeği açıkça belirtilmelidir.

Sonuç ve Öneriler

Zootekni tarihinde “kimyasal kırkım” başlığı altında siklofosfamidin adının geçmesi etki mekanizmasının, sistemik toksisitesinin ve etik boyutunun yeterince irdelenmediği tarihsel ve pedagojik bir yanılgının ürünüdür. Kanser tedavisinde kullanılan bir kemoterapötiğin neden olduğu patolojik kıl dökülmesini (alopesi)

zooteknik bir hasat yöntemi olarak tanımlamak, metodolojik ve kavramsal açıdan büyük bir hatadır.

Günümüz zootekni ve veteriner hekimlik disiplinleri yüksek refah standartlarını, gıda güvenliğini ve "Tek Sağlık" (One Health) yaklaşımını merkezine almak zorundadır. Bu bağlamda:

• Siklofosfamidin kırkım amacıyla kullanımı akademik ve sektörel düzlemde tamamen reddedilmeli,

• Zootekni müfredatındaki eski ders kitabı kalıntıları güncellenerek ilacın kimyasal kırkım ajanı değil, bir kemoterapi ilacı olduğu ve kullanımının kabul edilemezliği açıkça vurgulanmalı,

• Kırkım iş gücünü azaltmaya yönelik arayışlar farmakolojik zehirlerle değil; ileri mekanizasyon ve hayvan refahına uygun modern kırkım aparatları ile sürdürülmelidir.

Kaynakça

Bakke, J. E., Feil, V. J., Fjelstul, C. E., & Thacker, E. J. (1972). Metabolism of cyclophosphamide by sheep. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 20(2), 384–388.

https://doi.org/10.1021/jf60180a054

Chabner, B. A., & Longo, D. L. (2018). Cancer chemotherapy and biotherapy: Principles and practice (6th ed.). Wolters Kluwer.

Chen, Q., Cong, Y. Y., Li, X. J., & Zhang, R. Y. (2018). The induction of cashmere shedding via cyclophosphamide injection. Animal Science Journal, 89(3), 505–509.

https://doi.org/10.1111/asj.12917

Chen, Q., Li, X., & Cong, Y. (2019). The effects of the method and dose of cyclophosphamide administration on cashmere shedding. Revista Brasileira de Zootecnia, 48, e20190060.

https://doi.org/10.1590/rbz4820190060

Dolnick, E. H., Lindahl, I. L., Terrill, C. E., & Reynolds, P. J. (1969). Cyclophosphamide as a chemical "defleecing" agent for sheep. Nature, 221(5180), 467–468.

Emadi, A., Jones, R. J., & Brodsky, R. A. (2009). Cyclophosphamide and cancer: Golden anniversary. Nature Reviews Clinical Oncology, 6(11), 638–647.

https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2009.146

Hofírek, B., & Drábek, J. (1980). Cytostatic effect of cyclophosphamide on bone marrow in sheep. Acta Veterinaria Brno, 49(3-4), 217–222.

https://doi.org/10.2754/avb198049030217

Hu, Y., Wei, P., Gong, P., Lv, X., Wu, Y., Dong, W., Zhang, R., Hu, X., Zheng, W. (2026) Effects of Cyclophosphamide Administration on Wool Quality, Physiological and Biochemical Parameters, Carcass Traits and Meat Quality in Sheep. Animals, 16, 756.

https://doi.org/10.3390/ani16050756

Jurinskaya, I., Kenzhebaeva, T., Iskakov, K., & Niyazbekov, B. (2023). Reconnaissance experience in stimulating artificial shedding of down in 2 goat genotypes based on the chemical preparation cyclophosphamide. Advances in Animal and Veterinary Sciences, 11(6), 951–959.

https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2023/11.6.951.959

Paus, R., Haslam, I. S., Sharov, A. A., & Botchkarev, V. A. (2013). Pathobiology of chemotherapy-induced hair loss. The Lancet Oncology, 14(2), e50–e59.

https://doi.org/10.1016/S1470-2045(12)70553-3

Reynolds, P. J., Dolnick, E. H., Sidwell, G. M., & Terrill, C. E. (1972). Effects of cyclophosphamide dosage on the rate of wool loosening. Journal of Animal Science, 34(2), 246–249.

Reis, P. J., & Chapman, R. E. (1974). The inhibition of hair growth in sheep by cyclophosphamide. Australian Journal of Agricultural Research, 25(6), 945–957.

Wansley, R. G., Ericsson, S. A., Corn, C. D., Dart, M. G., & Crenshaw, C. (1998). Hair loosening in Angora goats using cyclophosphamide. Small Ruminant Research, 28(3), 289–291.

https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00088-6

BÖLÜM 3

HAYVANLARA YÖNELİK ŞİDDETİN PSİKOTARİHSEL ANATOMİSİ

MEHMET YARDIMCI[1]

Giriş

Savaşlar, sürgünler, tasfiyeler ve kitlesel imhalar geleneksel tarih yazımında çoğunlukla jeopolitik rekabet, ideoloji, ekonomik kaynaklar ve askerî gereklilikler üzerinden açıklanır. Bu yapısal açıklamalar vazgeçilmez olmakla birlikte şiddeti bizzat sevk ve idare eden aktörlerin başkalarının acısına nasıl kayıtsızlaşabildiğini ve şiddeti hangi içsel güdülerle bir yönetim tekniğine dönüştürdüğünü anlamak için faillerin gelişimsel ve duygusal geçmişlerine odaklanmak elzemdir.

Psikotarih, tarihsel aktörlerin duygu dünyaları, yetişme biçimleri ve kişilik gelişimi arasındaki ilişkileri anlamaya çalışan disiplinlerarası bir yaklaşımdır (deMause, 1982). Bu yaklaşım, geçmişin figürlerine geriye dönük tıbbi etiketler yapıştırmak yerine, biyografi ile tarihsel eylemler arasındaki psikolojik sürekliliği sorguladığı ölçüde analitik bir derinlik sunar. Bireyin yetişkinlikte sergilediği sınır tanımaz zalimlik ve tahakküm pratikleri tesadüfi

[1] Doç. Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0001-5650-437X

karakter özellikleri değildir. Çoğunlukla erken dönem travmalarının, sistematik aile içi istismarın ve sevgisiz büyüme ortamlarının bir tortusudur. Çocuklukta yaşanan derin çaresizlik ve şiddet, bireyde kontrol ihtiyacını ve başkasına acı çektirerek kendi acısını dindirme yanılsamasını besler. Bu sürecin en somut ve tehlikeli erken belirtilerinden biri, savunmasız hayvanlara yöneltilen sistematik eziyettir. Hayvana yönelen bu ilk şiddet davranışı, çocuğun kendi maruz kaldığı travmayı tersine çevirerek "kurban" konumundan "fail" konumuna geçme çabasıdır. Bu durum engellenmediğinde, empati erozyonuyla katılaştığında ve ilerleyen yıllarda siyasal-askerî iktidarla birleştiğinde kitlelere yönelen acımasız bir gaddarlığa dönüşme potansiyeli taşır.

Bu çalışma, erken dönemde hayvana yöneltilen şiddetin yetişkinlikteki zalimlik pratikleriyle kurduğu psikodinamik köprüyü incelemekte; Stalin, Cengiz Han ve Prenses Olga gibi tarihsel figürler üzerinden biyografik travmanın siyasal yıkıma dönüşümünü güncel klinik ve kriminolojik literatür eşliğinde tartışmaktadır.

Erken Dönem Travması, Nörobiyolojik Hasar ve "Şiddet Bağı" (The Link)

Gelişimsel psikoloji ve çağdaş travma çalışmaları, çocukluk çağı olumsuz yaşantılarının (ACEs) gelişmekte olan beynin empati, duygu regülasyonu ve stres yanıt sistemleri üzerinde kalıcı izler bıraktığını göstermektedir (CDC, 2024). Şiddet, ihmal ve ağır istismarın egemen olduğu aile ortamlarında yetişen çocuklar, güç ve tahakkümü kişilerarası ilişkilerin tek meşru zemini olarak kodlarlar.

Kriminoloji ve adli psikoloji literatüründe "The Link" (Şiddet Bağı) olarak adlandırılan kavramsal çerçeve aile içi şiddet, çocuk istismarı ve hayvanlara yönelik eziyet arasında çift yönlü ve güçlü bir geçişkenlik olduğunu kanıtlamaktadır (Cleary vd., 2021; Fitzgerald vd., 2022). Evde fiziksel veya psikolojik şiddet gören çocuk, maruz kaldığı bu yıkıcı dinamikleri doğrudan gözlemleyerek

modellemekte; bastırılmış dehşet ve öfkesini, evdeki ya da sokaktaki savunmasız canlılar üzerinde uygulamaktadır.

Saldırganla Özdeşleşme ve Yer Değiştirme

Psikanalitik açıdan çocuğun zalimleşme süreci iki temel savunma mekanizmasıyla şekillenir:

• Saldırganla Özdeşleşme (Identification with the Aggressor): İstismarcı bir ebeveyn karşısında tamamen çaresiz olan çocuk, yok olma kaygısını aşmak için kendisini ezen figürün rollerini, öfkesini ve cezalandırıcı niteliklerini içselleştirir (A. Freud, 1936). Böylece zihinsel olarak "incinen çocuk"tan "inciten güçlü figür"e dönüşür.

• Yer Değiştirme (Displacement): Doğrudan tehdit kaynağına (örneğin zalim babaya) yöneltilemeyen intikam dürtüsü, karşı koyma veya cezalandırma kapasitesi bulunmayan hedeflere yani kedi, köpek veya kuş gibi aciz hayvanlara yöneltilir. Hayvana uygulanan eziyet, çocuğun kendi çaresizliğini başkasına yaşatarak sahte bir güç ve kontrol hissi ürettiği ilk laboratuvardır (Gullone, 2020).

Empati Erozyonu ve Duygusuz-Kaygısız Özellikler (Callous-Unemotional Traits)

Son yıllarda yürütülen araştırmalar, hayvanlara yönelik kasıtlı eziyetin temelinde belirgin bir empati erozyonu ve gelişimsel "Duygusuz-Kaygısız" (Callous-Unemotional - CU) özelliklerin yattığını ortaya koymaktadır (Bègue, 2022; Hartman vd., 2019). CU özellikleri gösteren bireyler suçluluk hissetmeme, başkalarının acısına karşı duyarsızlık ve sığ duygulanım ile tanımlanır. Hartman ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında, çocuklukta hayvanlara zarar verme davranışı ile yetişkinlikteki kişilerarası şiddet ve antisosyal davranışlar arasındaki en güçlü medyatörün bu duygusuzluk özellikleri olduğu belirlenmiştir. Canlı bir varlığı acı çeken bir özne olarak değil, yalnızca yok edilebilecek bir nesne olarak kodlama

refleksi, bireyin ilerleyen yaşlarda insanlara yönelik acımasız politikalar uygularken ahlaki mesafe (moral disengagement) koyabilmesini kolaylaştırmaktadır (Bandura, 2016).

Macdonald Üçlemesi'nin Yeniden Değerlendirilmesi

Macdonald (1963), gelecekteki aşırı şiddet faillerini erken dönemde öngörebilmek amacıyla kundakçılık, hayvanlara eziyet ve ileri yaşta enürezisi (yatak ıslatma) bir triad olarak öne sürmüştü. Ancak çağdaş meta-analizler ve ampirik incelemeler, bu üçlünün homojen bir klinik sendrom olmadığını açıkça göstermektedir (Parfitt & Alleyne, 2020).

Güncel literatür, yatak ıslatmanın nörolojik ve ürolojik masum bir semptom olduğunu, kundakçılığın ise özgül dürtü kontrol sorunlarıyla ilişkili olduğunu belirtmektedir. Buna karşılık, üçleme içerisindeki hayvanlara yönelik kasıtlı ve planlı eziyet (zoosadizm), diğer iki unsurdan bağımsız olarak, yetişkinlikteki ağır şiddet suçlarının, empati yoksunluğunun ve psikopatik eğilimlerin en tutarlı gelişimsel öncülü olmaya devam etmektedir (Alleyne vd., 2020; Parfitt & Alleyne, 2020).

Josef Stalin: Yaralı Çocukluktan Paranoyak Tahakküme

Josef Stalin’in (Cugaşvili) Gori’deki çocukluğu, aşırı alkol bağımlısı olan babası Besarion’un hem anneye hem de küçük Josef’e uyguladığı acımasız ve sistematik dayaklarla geçmiştir (Montefiore, 2007). Çiçek hastalığının yüzünde bıraktığı izler, sol kolundaki kalıcı sakatlık ve akranları tarafından dışlanması, erken yaşta derin bir utanç, eksiklik ve aşağılanma duygusu yaratmıştır. Stalin'in çocukluğu, kurban konumunun en uç çaresizliğini barındırır. Bu derin incinmişlik, onda mutlak güç arayışını ve zayıflığa karşı duyulan patolojik nefreti körüklemiştir.

Biyografik tanıklıklar ve dönemsel kayıtlar, genç Stalin’in canlı hayvanlar üzerinde kurduğu kontrol fantezilerini aktarır.

Kuşların tüylerini canlı canlı yolarak salıvermesi veya çaresiz hayvanları boğması gibi rivayetler (Montefiore, 2007), klinik literatürdeki "yer değiştirme" ve "savunmasız ötekini ezerek güç devşirme" örüntüleriyle tam bir uyum sergiler. Canlı bir varlığın kaderi üzerinde mutlak yaşam-ölüm otoritesi kurma deneyimi, Stalin'in empati bariyerlerini erken yaşta parçalamıştır.

Yetişkin Stalin iktidara geldiğinde, çocukluğundaki o aşağılanmış ve dövülen çocuğun hıncı; tasfiyeler, Gulag kampları, zorunlu kolektifleştirme ve Holodomor kıyımı ile devasa bir siyasal intikam mekanizmasına dönüştü. Elbette Stalin Sovyet bürokrasisini ve gizli polisi (NKVD) bir enstrüman olarak kullandı fakat bürokratik aygıtı böylesine kanlı bir şevkle çalıştıran temel itici güç, Stalin'in iç dünyasındaki patolojik güvensizlik, intikam dürtüsü ve insani acıya karşı edindiği mutlak kayıtsızlıktı. Çocuklukta hayvanlar üzerinde sınanan nesneleştirme refleksi, yetişkinlikte milyonlarca insanın birer "kota ve istatistik" olarak imhasında somutlaşmıştır.

Temuçin'den Cengiz Han'a

Temuçin'in erken yaşamı, babasının zehirlenmesi ve ailesinin kendi kabilesi tarafından bozkırda açlığa ve ölüme terk edilmesiyle başlayan varoluşsal bir felakettir (Weatherford, 2004). Açlık sınırında geçen bu yıllar, zayıflığın ölüm anlamına geldiğini ona erken yaşta öğretmiştir. Moğolların Gizli Tarihi'nde aktarıldığı üzere, Temuçin ve kardeşi Hasar'ın, avladıkları kuşu/balığı kendilerinden saklayan üvey kardeşleri Bekter'i okla vurarak öldürmeleri kaynakların denetimi, intikam ve acımasız bir hiyerarşi kurma dürtüsünün erken bir göstergesidir.

Cengiz Han'ın 1207 Tangut seferinde Vulahay kalesini düşürmek için kent halkından barış bedeli olarak yüzlerce kırlangıç/kuş ve kedi talep ettiği ardından bu hayvanların kuyruklarına tutuşturulmuş pamuk ve meşaleler bağlayıp yuvalarına

dönmelerini sağlayarak şehri ateşe verdiği rivayet edilir (Weatherford, 2004). Kuşatma folklorunda sembolik bir anlatı kalıbı olma ihtimali bulunsa da bu motif stratejik aklın doğayı ve duyarlı canlıları tamamen ahlak dışı bir taktik malzemeye indirgeyebilme kapasitesini yansıtır. Hayvan, acı çeken bir canlı değil, düşmanı yok etmek için alev alan bir mühimmattır.

Cengiz Han'ın teslim olmayan kentlerde uyguladığı kitlesel katliamlar ve kafataslarından kuleler diktirmesi, düşmanın direncini peşinen kırmayı amaçlayan rasyonel bir psikolojik harp tekniğiydi. Ancak böylesi rasyonel bir dehşetin uygulanabilmesi, failin zihninde insani acıya yönelik empatik reflekslerin bütünüyle iptal edilmiş olmasını gerektirir. Bozkırın acımasız doğasında hayatta kalma mücadelesi veren o travmatize çocuk, iktidar sahibi olduğunda canlı yaşamını yalnızca fetih ve itaat denkleminde bir nesne olarak değerlendirmiştir.

Kiev Knezliği Prensesi Olga

Slav kroniklerinde (Povest' vremennykh let) aktarılan Prenses Olga anlatısı, savunmasız hayvanların intikam ve siyasal tahakküm için birer kundaklama aracına dönüştürülmesinin bir diğer çarpıcı tarihsel örneğidir (Cross & Sherbowitz-Wetzor, 1953). Eşi İgor'un Drevlyanlar tarafından vahşice öldürülmesinin ardından Olga, İskorosten kentini kuşatır. Uzun kuşatmanın sonunda kent halkından haraç olarak yalnızca her evden üç güvercin ve üç serçe ister. Gece çöktüğünde kuşların ayaklarına kükürtlü bezler bağlatılarak ateşe verilir. Kuşlar kente, yuvalarına döndüğünde ahşap şehir tamamen kül olur.

Koptev (2010), bu anlatının tarihsel gerçekliğinden ziyade ritüelistik ve mitolojik boyutuna dikkat çeker. Bununla birlikte vaka psikotarihsel açıdan değerlendirildiğinde ağır bir travma ve kayıp yaşayan bir liderin, intikamını almak adına hayvanların doğal güdülerini (yuvalarına dönme refleksi) sömürerek onları birer yıkım

aracına dönüştürmesi, duygusal travmanın canlıları duygusuzca araçsallaştırma kapasitesini somutlaştırmaktadır.

Bireysel Zoosadizmden Toplumsal Zalimliğe

Hayvanlara yönelik çocukluk dönemi eziyeti ile yetişkinlikteki toplumsal ve siyasal zalimlik arasındaki geçişkenlik üç temel aşamada kurumsallaşır:

1. Deneyimleme ve İçselleştirme: Çocuk kendi bedeninde ve ruhunda çaresizliği yaşar. Şiddet gören çocuk, güçlünün zayıfı ezdiği bir dünya modelini benimser.

2. Uygulama ve Duyarsızlaşma (Hayvan İstismarı): İlk kurbanlar itiraz edemeyen, şikâyette bulunamayan evcil veya yaban hayvanlarıdır. Bu aşamada canlıya acı çektirmek, faile sahte bir tanrısal kontrol hissi verir; vicdani bariyerler yıkılır (Gullone, 2020).

3. Kişilerarası Şiddete ve Siyasal Gaddarlığa Dönüşüm: Yetişkinlikte elde edilen otorite, bu bastırılmış sadist dürtülerin serbestçe dışa vurulabileceği yasal ve ideolojik kılıflar sunar. Düşmanlaştırılan topluluklar (sınıf düşmanları, boyun eğmeyen halklar, etnik ötekiler), tıpkı çocukluktaki o çaresiz hayvanlar gibi ezilmesi gereken birer nesneye indirgenir.

Sonuç

Tarihsel aktörlerin uyguladığı kitlesel şiddet ve kurumsal zulüm; yalnızca soyut jeopolitik çıkarların veya bürokratik çarkların bir ürünü değildir. Bu çarkları harekete geçiren, emirleri veren ve acımasızlığı bir yönetim biçimine dönüştüren faillerin erken gelişimsel biyografileri göz ardı edilemez.

Çocukluk çağında yaşanan ağır travmalar, sevgisizlik ve istismar bireyin empati mekanizmasını tahrip ederek onu kontrol, tahakküm ve intikam arayışına iter. Bu gelişimsel kırılmanın ilk somut adımı, kurban rolünü reddedip fail rolüne bürünmek adına

savunmasız hayvanlara uygulanan eziyettir. Güncel adli psikoloji ve kriminoloji verileri, zoosadizmin rastlantısal bir yaramazlık değil; empati yoksunluğu, duygusuz-kaygısız kişilik özellikleri ve ileride insanlara yönelecek şiddet potansiyelinin en belirgin erken uyarı işareti olduğunu doğrulamaktadır.

Tarihsel figürlerin biyografileri, erken dönemde canlılar üzerinde denenen bu acımasız kontrol pratiklerinin, denetimsiz bir siyasal güçle birleştiğinde nasıl devasa bir toplumsal felakete dönüşebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla şiddeti önlemenin yolu, yalnızca kurumsal denetim mekanizmalarını kurmaktan değil; erken çocukluk dönemindeki travmaları tanımaktan, hayvanlara yönelik şiddeti tavizsiz biçimde durdurmaktan ve empatik gelişim zeminini güvence altına almaktan geçmektedir.

Kaynakça

Alleyne, E., Tilston, C., Parfitt, C., & Butcher, F. (2020). Adult attitudes toward animal abuse: A review of the literature and future directions. Journal of Interpersonal Violence, 35(15–16), 2850–2874.

https://doi.org/10.1177/0886260517707309

Bandura, A. (2016). Moral disengagement: How people do harm and live with themselves. Worth Publishers / Macmillan Learning.

Bègue, L. (2022). A reason to care: The relationship between empathy and animal cruelty among adolescents. Criminal Behaviour and Mental Health, 32(3), 209–218.

https://doi.org/10.1002/cbm.2235

Centers for Disease Control and Prevention. (2024). Preventing adverse childhood experiences (ACEs): Leveraging the best available evidence. U.S. Department of Health and Human Services.

https://www.cdc.gov/violenceprevention/aces/index.html

Cleary, M., West, S., Thapa, D. K., & Kornhaber, R. (2021). The link between domestic violence and animal abuse: An integrative review. Journal of Family Violence, 36(6), 723–736.

https://doi.org/10.1007/s10896-020-00219-5

Cross, S. H., & Sherbowitz-Wetzor, O. P. (Çev. ve Ed.). (1953). The Russian Primary Chronicle: Laurentian Text. The Medieval Academy of America.

deMause, L. (1982). Foundations of psychohistory. Creative Roots.

Fitzgerald, A. J., Barrett, B. J., Stevenson, R., & Cheung, C. H. (2022). Animal maltreatment in the context of intimate partner violence: A systematic review. Trauma, Violence, & Abuse, 23(4), 1230–1247.

https://doi.org/10.1177/1524838021991295

Freud, A. (1936). The ego and the mechanisms of defence. Hogarth Press.

Gullone, E. (2020). Animal cruelty and interpersonal violence: A human-animal connection. Palgrave Macmillan.

https://doi.org/10.1057/978-1-137-43465-4

Hartman, C. A., Hageman, D., Antoniou, E., & Buitelaar, J. K. (2019). Callous-unemotional traits predict animal cruelty in clinic-referred children: The mediating role of empathy deficits. Journal of Abnormal Child Psychology, 47(8), 1319–1330.

https://doi.org/10.1007/s10802-019-00523-9

Koptev, A. (2010). Ritual and history: Pagan rites in the story of the princess' revenge (The Russian Primary Chronicle, under 945–946). Mirator, 11(1), 1–55.

Macdonald, J. M. (1963). The threat to kill. American Journal of Psychiatry, 120(2), 125–130.

https://doi.org/10.1176/ajp.120.2.125

Montefiore, S. S. (2007). Young Stalin. Weidenfeld & Nicolson.

Parfitt, C. H., & Alleyne, E. (2020). Not the sum of its parts: A critical review of the MacDonald triad. Trauma, Violence, & Abuse, 21(2), 300–310.

https://doi.org/10.1177/1524838018764164

Weatherford, J. (2004). Genghis Khan and the making of the modern world. Crown Publishers.


BİDGE