



Toxoplasma gondii ile Enfekte Koyun Sürüsünde Bakır ve Çinko Düzeylerinin Cinsiyete Göre Değişimi

Neslihan ORMANCI^{1,*} Rifat PAK¹ Selma KAYA²

¹ Samsun Veteriner Kontrol Enstitüsü, Biyokimya Laboratuvarı, 55200, Samsun, Türkiye

² Samsun Veteriner Kontrol Enstitüsü, Parazitoloji Laboratuvarı, 55200, Samsun, Türkiye

Geliş Tarihi: 14.03.2025

Kabul Tarihi: 11.07.2025

ÖZ

Tokzoplazmozis, yaygın olarak görülen ve sinsi seyreden zoonoz bir hastalıktır. Çiftliklerde yetiştirilen koyun, keçi, sığır gibi hayvanlarda üreme kayıplarının ana nedenlerinden biri olarak görülür ve ciddi bir sorun teşkil eder. Bu çalışmada *Toxoplasma gondii* ile enfekte bir koyun sürüsünde bakır ve çinko düzeylerinin cinsiyete göre değişiminin incelenmesi amaçlandı. Çalışmada aynı sürüden 20 dişi 16 erkek olmak üzere toplam 36 (18 seropozitif +18 seronegatif) koyunun kan serumlarındaki bakır ve çinko düzeyleri ölçüldü. Referans değerlerle kıyaslandığında gerek bakır ortalaması (65.90 µg/dL) gerekse çinko ortalamasının (64.70 µg/dL) oldukça düşük kaldığı görüldü. Cinsiyete göre karşılaştırma yapıldığında, çinko için p değeri anlamlı (p<0.001), bakır için ise anlamlı bulunmadı (p=0.615). Pozitif ve negatifliğe göre karşılaştırılma yapıldığında bakır (p=0.859) ve çinko (p=0.681) için p değeri anlamlı bulunmadı. Elde edilen değerlere göre bakır ve çinko arasında korelasyon bulunmadı.

Anahtar Kelimeler: Bakır, Çinko, Koyun, *Toxoplasma gondii*, Zoonoz.

ABSTRACT

Variation of Copper and Zinc Levels in Sheep Flocks Infected with *Toxoplasma gondii* according to Sex

Toxoplasmosis is a common and insidious zoonotic disease. It is one of the main causes of reproductive losses in farmed animals such as sheep, goats and cattle and constitutes a serious problem. The aim of this study was to investigate the variation of copper and zinc levels according to sex in a sheep flock infected with *Toxoplasma gondii*. Copper and zinc levels in the blood sera of a total of 36 sheep (18 seropositive +18 seronegative), 20 females and 16 males from the same flock were measured. When compared with the reference values, both the average copper (65.90 µg/dL) and zinc (64.70 µg/dL) levels were found to be quite low. When the comparison was made according to gender, the p value for zinc was significant (p<0.001), but not for copper (p=0.615). The p values for copper (p=0.859) and zinc (p=0.681) were not significant when compared according to positivity and negativity. According to the values obtained, no correlation was found between copper and zinc.

Keywords: Copper, Sheep, *Toxoplasma gondii*, Zinc, Zoonosis.

GİRİŞ

Tokzoplazmozis, zorunlu hücre içi apikompleksan bir protozoan olan *Toxoplasma gondii*'nin neden olduğu, memeliler ve kuşlar dahil olmak üzere tüm sıcakkanlı hayvanları ve insanları enfekte edebilen zoonotik bir hastalıktır (Robert-Gangneux ve Dardé 2012; Mumtaz ve ark. 2022). Kedigiller son konakçı, diğer hayvanlar ise parazitin ara konaklarıdır. Tokzoplazmozis gebe koyunlarda; atıklara, embriyonik ölüm ve rezorpsiyona, mumyalaşmaya, ölü doğuma ve neonatal ölümlere neden olabilmektedir. Bağışıklığı baskılanmış koyunlarda ise ayrıca hastalığın sinirsel formu gelişebilmektedir (Giadinis ve ark. 2011). Tokzoplazmozis, üreme kayıplarının yanı sıra önemli ekonomik kayıplara da neden olmaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü, insan nüfusunun üçte birinin *Toxoplasma gondii* ile enfekte olduğunu tahmin etmektedir (Ferra ve ark. 2020).

Ağırlığı 63.5 dalton (Doguer ve ark. 2018) olan bakır, metal iyonlarının fizyolojisinde, enzimlerin redoks kimyasında, mitokondriyal solunumda, demir emilimi ile taşınmasında, serbest radikallerin azaltılmasında ve elastinlerin çapraz bağlanmasında görev almaktadır. Bakır, demir ile birlikte eritropoez yoluyla kırmızı kan hücrelerinin oluşumunu sağlar (Takahashi 2022). Biyolojik sistemlerde bakır homeostazı moleküler düzeyde karakterizedir ve çok hassastır (Tapiero ve ark. 2003).

Akut bakır zehirlenmesi, büyük miktarlarda bakırın kazara uygulanmasından kaynaklanabilir (genellikle oral bakır



tuzları, parenteral bakır uygulaması veya gübre atılı otlaklar yoluyla). Kronik bakır zehirlenmesi, uzun bir süre boyunca alınan bakırın karaciğerde birikmesiyle ilişkilidir ve karaciğer intravasküler hemolize yol açan bir bakır salınımı yapar (Johnston ve ark. 2014).

Yaklaşık 65.38 dalton ağırlığa sahip olan çinko; enzimatik, yapısal ve düzenleyici işlevler için gerekli olan temel bir iz elementtir (Pereira ve ark. 2021; Hussain ve ark. 2022). Üreme fonksiyonları, üretkenlik indeksi, hücresel bağışıklık, büyüme, tüylerin, kemik doku ve iştahın korunması için elzemdir. Ayrıca antioksidan ve antimikrobiyal özelliğe sahiptir. İnsülin, glukagon, cinsiyet ve büyüme hormonları dahil olmak üzere hormon işlevleri için gereklidir. Protein, karbonhidrat, nükleik asit ve enerji metabolizmasında yer alan 300'den fazla enzim kofaktörüdür (Abd El-Hack ve ark. 2017; Lei ve ark. 2022). Çinko eksikliğinde deri lezyonları, anoreksi, büyüme geriliği, gecikmiş yara iyileşmesi, bozulmuş bağışıklık fonksiyonu, azalmış gece görüşü, tat ve koku keskinliğinde değişiklikler, öğrenme ve hafıza sorunları, üreme bozuklukları ve teratojenik etkiler gözlenmiştir (Hagmeyer ve ark. 2015). Yüksek dozda alındıktan sonra ise dehidratasyon, elektrolit dengesizliği, karın ağrısı, bulantı, uyuşukluk, baş dönmesi ve kas inkoordinasyonu, uyku hali, parezi, süt üretiminde belirgin azalma, buzağların büyümesinde azalma, kalp yetmezliği şeklinde gerçekleşmektedir (Reis ve ark. 2010; Hill ve Shannon 2019). Tokzoplazmozisin önemli bir zoonoz hastalık olması, oldukça yaygın görülmesi ülkemiz hayvan ve insan sağlığı açısından önemli bir konudur. Bakır ve çinko organizmada çok önemli görevler üstlenmektedir. Bu çalışmada aynı bakım ve beslenme şartlarına sahip tokzoplazmozis pozitif ve negatif koyunların bakır ile çinko düzeylerindeki değişimin incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Samsun Veteriner Kontrol Enstitüsü Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulunun 02.12.2022 tarih ve 2022-8 no'lu etik kurul kararına ihtiyaç olmadığı yazısı alınarak başlandı. Çalışmada aynı bakım ve beslenme koşullarına sahip (erkek ve dişileri ayrı tutulan) 36 Karayaka ırkı koyundan, hastalık teşhisi amaçlı alınan kan örnekleri kullanıldı. Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Çalışmada hayvanlarda atığa yol açan (Brucellozis, Q Humması, Sınır Hastalığı, Enzootik Abortus) hastalıklar açısından yapılan taramada negatif sonuç veren 1-3 yaşları arasındaki 36 koyunun (20 dişi, 16 erkek) kan serumu kullanıldı. Tokzoplazmozis analizleri ELISA ticari test kiti (IDEXX; Switzerland) ile çalışıldı (López-Ureña ve ark. 2023). Bakır (324.8 nm dalga boyunda) ve çinko (213.9 nm dalga boyunda) analizleri ise FL-AAS (Asetilen-Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi) (GBC Avanta Σ; Australia) ile yapıldı (Wysocka ve ark. 2025).

Alınan venöz kan örnekleri 3000 devir/dak ile 10 dakika santrifüj (Nüve NF-1200R; Türkiye) edilip hemoliz kontrolü yapıldıktan sonra çalışmada kullanılacak serumlar elde edildi. Ultra saf su (Millipore Direct-Q 3 UV; France) ile serumlar üç katı sulandırıldı ve bekletilmeden alevli atomik absorbsiyon spektrofotometresi (GBC Avanta Σ; Australia) ile bakır ve çinko ölçümleri gerçekleştirildi (bakır için R² değerleri: 0.9991-1.0000 arası; çinko için R² değerleri: 0.9990-1.0000 arası).

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için Jamovi (Versiyon 2.3.28.0) programı kullanıldı. Çalışma sonucu 0.05'ten küçük olan p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Shapiro-

Wilk testi ile dağılımın normalliği belirlendi. Normal dağılım gösteren grupların karşılaştırılmasında T testi kullanıldı. Örneklem varyansı homojen ve normal dağılım gösterdi (p>0.05) Elde edilen değerler normal dağılım gösterdiğinden gruplar arasındaki korelasyonu belirlemek için Pearson korelasyon yöntemi kullanıldı.

BULGULAR

Bu çalışmada Tokzoplazmozis testi pozitif ve negatif belirlenen kan serumları arasında bakır ve çinko değerlerindeki anlamlı değişikliklerinin tespiti amaçlandı. Aynı işletmede yaşayan 1-3 yaş arası 36 (20 dişi ve 16 erkek) karayaka ırkı koyunun kan serumları önce tokzoplazmozis açısından analiz edildi. Testler sonucunda 10 koyun ve 8 koçun kan serumu tokzoplazmozis pozitif, 10 koyun ve 8 koçun kan serumu ise tokzoplazmozis negatif bulundu. Sonrasında mineral analizine geçildi. Bakır ve çinko değerlerinin çalışılması sırasında Asetilen-Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinin kalibrasyon R² değerleri 0.9990 ile 1.0000 arasında değişmekteydi.

Tablo 1: Bakır ve çinko analiz sonuçlarının cinsiyete, pozitiflik/negatiflik durumuna göre en düşük, en yüksek değerler, referans değerler ve standart sapma değerleri (µg/dL) *(Koyun kan serumunda bakır değeri 80-120 µg/dL olarak ifade edilirken (Yıldız Öz ve Ormanci, 2022), çinko değeri 80-117 µg/dL olarak bildirilmiştir (Altıntaş ve Fidancı 1993).

Table 1: Minimum and maximum values, reference values and standard deviation values (µg/dL) of copper and zinc analysis results according to gender, positivity/negativity status *(The copper level in sheep blood serum is reported to be 80–120 µg/dL (Yıldız Öz and Ormanci, 2022), while the zinc level is reported to be 80–117 µg/dL (Altıntaş and Fidancı, 1993).

	Cinsiyet	Pozitif/ Negatif	*Referans Değer	En düşük	En yüksek	Standart Sapma
Bakır	Dişi	Pozitif	80-120	33	99	21.50
		Negatif	80-120	51	81	8.63
	Erkek	Pozitif	80-120	15	87	22.45
		Negatif	80-120	51	97	17.91
				15	99	18.4
Çinko	Dişi	Pozitif	80-117	54	90	12.08
		Negatif	80-117	57	102	14.97
	Erkek	Pozitif	80-117	30	81	16.66
		Negatif	80-117	33	69	13.42
				30	102	16.7

Tablo 1 incelendiğinde en düşük ölçülen bakır ve çinko değeri erkeklerde, en yüksek bakır ve çinko değeri ise dişilerde gözlemlendi. Çinko değer ortalamasının erkeklerde daha düşük olduğu bulundu. Cinsiyete göre karşılaştırma yapıldığında bakır değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik olmadı (p=0.615), ancak çinko değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu (p<0.001).

Tablo 2'de de görüldüğü üzere gerek bakır değerleri ortalaması gerekse çinko değerleri ortalaması referans değerlere oranla bakıldığında oldukça düşük kaldığı görülmektedir.

Tablo 2: Bakır ve çinko analiz sonuçlarının cinsiyet ve pozitiflik/negatiflik durumuna göre ortalama değerleri ($\mu\text{g/dL}$).

Table 2: Mean values ($\mu\text{g/dL}$) of copper and zinc analysis results according to gender and positivity/negativity status.

Cinsiyet	Pozitif/Negatif	Bakır / Referans	Çinko / Referans
Dişi	Pozitif	72.9 / 80-120	72.0 / 80-117
Dişi	Negatif	61.8 / 80-120	74.1 / 80-117
Erkek	Pozitif	58.5 / 80-120	52.9 / 80-117
Erkek	Negatif	69.9 / 80-120	55.5 / 80-117
Toplam Ortalama		65.9 / 80-120	64.70 / 80-117

Elde edilen veriler cinsiyete göre karşılaştırıldığında bakır için p değeri 0.615, çinko için ise <0.001 olarak bulundu. Pozitif/negatifliğe göre karşılaştırılma yapıldığında bakır için p değeri 0.859, çinko için ise 0.681 olarak bulundu. Pearson korelasyon yöntemine göre bakır ve çinko arasında anlamlı bir korelasyon bulunmadı.

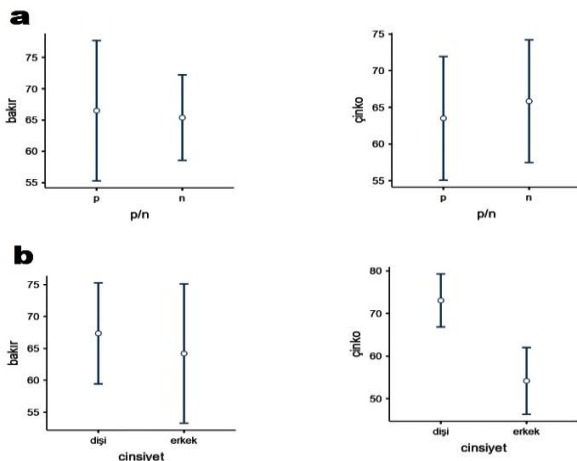
Tablo 3: Bakır ve çinko analiz sonuçları ile cinsiyetler arasındaki korelasyon tablosu.

Table 3: Correlation table between the results of copper and zinc analyses and gender.

		Çinko	Bakır	Cinsiyet
Çinko	Pearson's r	—		
	df	—		
	p-değeri	—		
Bakır	Pearson's r	0.114	—	
	df	34	—	
	p- değeri	0.508	—	
Cinsiyet	Pearson's r	-0.570***	-0.087	—
	df	34	34	—
	p- değeri	$<.001$	0.615	—

Not: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Cinsiyet ile çinko değeri arasında negatif korelasyon bulunmuştur ($p < 0.001$). Dişilerde çinko oranı erkeklerle oranla daha yüksek olarak belirlendi.



Şekil 1: Bakır ve çinko analiz sonuçlarının pozitiflik/negatiflik durumu (a) ve cinsiyet durumuna (b) göre dağılımı. ($\mu\text{g/dL}$).

Figure 1: Distribution of copper and zinc analysis results according to positivity/negativity status (a) and gender status (b). ($\mu\text{g/dL}$).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Tokzoplazmozis kanatlı hayvanlar da dahil olmak üzere bütün sıcakkanlı hayvanlarda ve insanlarda görülebilen ve oldukça yaygın olan zoonoz bir hastalıktır. Hücrel ve humoral düzeyde önemli rol oynayan bazı minerallerin diyet ile alınması, esas olarak vücut fonksiyonları ve bağışıklık sistemi için çok önemlidir. Çinko ve bakır akut ve kronik tokzoplazmozis gelişimini etkileyen önemli minerallerdir (Stelzer ve ark. 2019; Mitra ve ark. 2022; Tan ve ark. 2022).

İnsan nüfusunun yaklaşık üçte birinin *Toxoplasma gondii* ile kronik olarak enfekte olduğu bildirilmektedir; ancak parazitin konakçı organizmada uzun süreli varlığını nasıl sürdürebildiği hâlâ tam olarak aydınlatılamamıştır (Thaprawat ve ark. 2025). Koyunlarda toksoplazmozisin seroprevalansı, ülkelere ve coğrafi bölgelere göre değişmektedir. Farklı Avrupa ülkeleri incelendiğinde koyunlardaki anti-*Toxoplasma gondii* antikor IgG tiplerinin seroprevalansı oldukça değişkendir. Bu değerler: Fransa'da %89, Belçika'da %87.4, Büyük Britanya'da %74, İspanya'da %46.5, İtalya'da %28, Hollanda'da %27.8 ve Letonya'da %17.2'dir (Paştıu ve ark. 2023).

Bakır ve çinko karbonik anhidraz, karboksipeptidaz, sitokrom c oksidaz, bakır/çinko süperoksit dismutaz, lisil oksidaz gibi enzimlerin çalışabilmesi için elzemdir. Tokzoplazma ile enfekte koyunlarda, serum bakır seviyelerinin yükseldiği ve dağılımının homojen olmadığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde, enfekte koyunlarda serum çinko seviyelerinde düşüş olduğu saptanmıştır. Birçok enzim sisteminde önemli görevleri bulunan bakır ve çinkonun seviyelerindeki bu değişiklikler olumsuz sonuçlara yol açabilir (Osredkar ve Sustar 2011).

2004 yılında yayınlanan bir makaleye göre; tokzoplazmozisin koyunlarda bakır, çinko ve magnezyum düzeyleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. 20 enfekte ve 17 sağlıklı koyunun serumlarındaki bakır, çinko ve magnezyum konsantrasyonları ile yünlerindeki bakır ve çinko düzeyleri ölçülmüştür. Sero-pozitif hayvanların serum çinko düzeylerinde kontrol grubu ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş ($p < 0.05$), serum bakır konsantrasyonlarında ise istatistiksel olarak önemli bir artış ($p < 0.001$) saptanmıştır. Ayrıca serum bakır düzeyleri erkeklerde negatiflere göre düşüş göstermiştir. Bu bulgular, bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlarla da paralellik göstermektedir (Seyrek ve ark. 2004).

Sudan'da yapılan bir çalışmada, *Toxoplasma gondii*'nin koyun ve keçilerde serum protein düzeyleri ile mineral içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, keçilerde *Toxoplasma gondii*'nin total protein ve globulin düzeylerini artırırken, albümin konsantrasyonunu önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Koyunlarda ise, total protein ve albümin düzeylerini artırmakta, buna karşılık globulin konsantrasyonunu belirgin şekilde düşürmektedir. Ayrıca *Toxoplasma gondii* ile enfekte koyun ve keçilerde, birçok enzim sisteminin etkileyen serum sodyum, potasyum ve magnezyum düzeylerinde de artış gözlemlenmiştir (Adem ve ark. 2024).

Toxoplasma gondii'nin takizoitleri üzerine vitamin ve minerallerin etkilerini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışmada; selenyum ve kalsiyum ile E ve C vitamini enjeksiyonlarının takizoit sayısını azaltmada oldukça etkili olduğu ve bu farkların kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında anlamlı olduğu ortaya konmuştur (Tabatabaie ve ark. 2018).

Deneyisel olarak oluşturulan *Toxoplasma gondii* enfeksiyonunda çinko takviyesinin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, toksoplazmozisli bireylerde çinko ilaveli diyetin hücresel bağışıklığı uyardığı ve CD8 ile toplam lenfosit sayısını artırdığı tespit edilmiştir (Tasci ve ark. 1995).

Düşük konsantrasyonlarda CdCl₂, HgCl₂ ve ZnCl₂ uygulanan bir çalışmada, *Toxoplasma gondii* organellerinin zarar gördüğü, konak hücrelerine toksik etki yapmaksızın canlılık kaybına, organel ölümüne ve parazitin eliminasyonuna neden olduğu değerlendirilmiştir (De Carvalho ve de Melo 2018).

Çalışmada çinko değerleri, erkek ve dişiler arasında karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0.001). İstatistiksel olarak anlamlı olan çinko değerlerinin bu şekilde çıkmasına yol açan etmenlerin; erkeklerin ve dişilerin tokzoplazmozise göre farklı duyarlılıkta olmaları, dişi ve erkeklerin ayrı tutularak farklı beslemeye tabi tutulması, erkeklerin meraya çıkarılmaması, yem katkıları vb. çeşitli destekleyici beslenmenin erkeklerde uygulanmaması gibi unsurlar düşünülebilir. *Toxoplasma gondii*'ye karşı hem doğuştan gelen hem de edinilmiş bağışıklık yanıtlarında cinsiyete bağlı farklılıklar gözlemlenmiştir. Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada, erkek farelerin enfeksiyonun erken evrelerinde dişi farelere kıyasla daha fazla TNF- α ürettiği; ayrıca, IFN- γ üretiminin dişi farelerde erkek farelere göre daha geç başladığı bildirilmiştir (Roberts ve ark. 2001).

Toxoplasma gondii enfeksiyonunun testosteron sentezini kolaylaştırmada rol oynayan genlerin ifadesini artırdığını ve bunun sonucunda erkek sıçanlarda daha fazla testis kökenli testosteron üretimine yol açtığı görülmüş (Lim ve ark., 2013), artan testosteron seviyesinin bağışıklık sisteminde baskılanmaya neden olduğu (Trigunaite ve ark., 2015), östrojen sentezinin artmasıyla da hastalık gelişiminin ve hücresel parazit hareketlerinin arttığı görülmüştür (Zhang ve ark. 2018).

Bakır (II) kompleksleri ile yapılan bir çalışmada, bakırın *Toxoplasma gondii*'nin hücre içi çoğalmasını önemli ölçüde yavaşlattığı; parazitlerde hücre çekirdeği büzüşmesi, DNA parçalanması gibi programlanmış hücre ölümü (apoptoz) belirtilerine neden olduğu ve bu etkinin konak hücrelere toksik olmadığı bildirilmiştir. Bu durum, bakırın tedavide seçici etki gösterebileceğini düşündürmektedir (Portes ve ark. 2017).

Irak'ta tekrarlayan düşük yaşayan kadınlarda yapılan bir çalışmada *Toxoplasma gondii* enfeksiyonunun serum çinko, D vitamini ve malondialdehit düzeylerine etkisini araştırılmıştır. Enfekte kadınlarda çinko ve D vitamini seviyelerinin anlamlı şekilde daha düşük, malondialdehit düzeylerinin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, çinko eksikliğinin bağışıklık sistemini zayıflatabileceğini ve toksoplazmozun patogeneğinde önemli rol oynayabileceğini göstermektedir (Al-Masoudi ve ark. 2020).

Koyun kan serumunda bakır değeri 80-120 $\mu\text{g/dl}$ olarak ifade edilirken (Yıldız Öz ve Ormanci, 2022), çinko değeri 80-117 $\mu\text{g/dl}$ olarak bildirilmiştir (Altıntaş ve Fidancı 1993). Bu çalışmada hem bakır (65.32 $\mu\text{g/dL}$) hem de çinko (64.65 $\mu\text{g/dL}$) değerlerinin ortalamasının referans değerlere göre oldukça düşük kaldığı görülmektedir.

Bakım ve barınma koşullarının yetersizliği ile kötü beslenme, serum mineral seviyelerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Cu eksikliği tüm memelilerde ortaya çıkabilmesine rağmen, geviş getiren hayvanlarda daha yaygındır. Bunun nedeni demirin rumende sülfitle reaksiyona girerek çözünmeyen CuS oluşturmak üzere

abomasumda ayrışabilen Fe-S kompleksleri oluşturmalarıdır ve böylece bakır emilimini azaltmaktadır. Ayrıca yüksek çinko düzeyleri hücrelerde metalotiyonin üretimini artırabilir. Yüksek çinko seviyelerinde artan metalotiyonin nedeniyle mukozal hücreler dökülmekte ve bakırı gastrointestinal sisteme geri döndürerek emilimini sınırlamaktadır (Jin ve ark. 2023).

Bu alanda yapılan çalışmaların azlığı, elde edilen sonuçların değerlendirilmesini ve karşılaştırılmasını güçleştirmektedir. Seropozitif hayvanların atık yapıp yapmaması, anne ile beraber atığın da birlikte incelenmesi, hastalığın akut, kronik veya nükseden oluşu gibi etmenler sınırlayıcı olmaktadır. Beslenmenin hastalık üzerine etkilerini, yem katkı maddeleri, vitaminler ve minerallerin tokzoplazmozis üzerindeki ilerletici ya da engelleyici etkilerini izleyebilmek için klinik olarak uygun biyobelirteçlerin tamamının belirlenmesine ihtiyaç vardır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

TEŞEKKÜR VE BİLGİLENDİRME

Bu çalışma 3. Uluslararası Veteriner Biyokimya ve Klinik Biyokimya Kongresi (23-25 Mayıs 2024) isimli kongrede poster sunu olarak sunulmuştur.

YAZAR KATKILARI

Fikir/Kavram: NO
Denetleme/Danışmanlık: NO, SK
Veri Toplama ve/veya İşleme: NO, SK
Analiz ve/veya Yorum: NO, RP, SK
Makalenin Yazımı: NO, RP
Eleştirel İnceleme: SK

KAYNAKLAR

- Abd El-Hack ME, Alagawany M, Arif M et al. (2017). Organic or inorganic zinc in poultry nutrition: A review. *World's Poul Sci Jour*, 73 (4), 904–915.
- Adem IM, Alshafei NK, Saeed IH, Khaier MAM (2024). Impact of *Toxoplasma gondii* on Serum Protein Levels and Mineral Content in Sheep and Goats at a Small Dairy Farm in White Nile State, Sudan *Int J of Path Res*, 13 (5) 54-60.
- Al-Masoudi HK, Khadhm A, AL-Karaawy FH (2020). The Impact of *Toxoplasma gondii* Infection on The Serum Zinc, Vitamin D and Malondialdehyde Levels among Recurrent Miscarriage Women in Babylon Province-Iraq. *Sys Rev Pharm*. 11 (7), 443-449.
- Altıntaş A, Fidancı UR (1993). Evcil hayvanlarda ve insanda kanın biyokimyasal normal değerleri. *Ankara Univ Vet Fak Derg*, 40 (2), 173–186.
- De Carvalho LP, de Melo EJ (2018). Further aspects of *Toxoplasma gondii* elimination in the presence of metals. *Par research*, 117 (4), 1245–1256.
- Doguer C, Ha JH, Collins JF (2018). Intersection of iron and copper metabolism in the mammalian intestine and liver. *Compr Physiol*, 8 (4), 1433–1461.
- Ferra B, Holec-Gasior L, Grażewska W (2020). *Toxoplasma gondii* recombinant antigens in the serodiagnosis of toxoplasmosis in domestic and farm animals. *Animals*, 10 (8), 1245.
- Giadinis ND, Terpsidis K, Diakou et al. (2011). Massive *Toxoplasma* abortions in a dairy sheep flock and therapeutic approach with different doses of sulfadimidine. *Turk J Vet Anim Sci*, 35 (3), 207–211.
- Hagmeyer S, Haderspeck JC, Grabrucker AM (2015). Behavioral impairments in animal models for zinc deficiency. *Front. Behav Neurosci*, 8, 443.
- Hill GM, Shannon MC (2019). Copper and zinc nutritional issues for agricultural animal production. *Biol. Trace Elem Res*, 188 (1), 148–159.
- Hussain S, Khan M, Sheikh TMM et al. (2022). Zinc essentiality, toxicity, and its bacterial bioremediation: A comprehensive insight. *Front. Microbiol.*, 13, 900740.
- Jin X, Meng L, Zhang R, et al. (2023). Effects of essential mineral elements deficiency and supplementation on serum mineral elements

- concentration and biochemical parameters in grazing Mongolian sheep. *Front in vet sci*, 10, 1214346.
- Johnston H, Beasley L, MacPherson N (2014).** Copper toxicity in a New Zealand dairy herd. *Ir Vet J*, 67, 20.
- Lei XJ, Liu ZZ, Park JH, Kim IH (2022).** Novel zinc sources as antimicrobial growth promoters for monogastric animals: A review. *J Anim Sci Technol*, 64, 187–196.
- Lim A, Kumar V, Hari Dass SA, Vyas A (2013).** *Toxoplasma gondii* infection enhances testicular steroidogenesis in rats. *Mol ecology*, 22 (1), 102–110.
- López-Ureña NM, Calero-Bernal R, Vázquez-Calvo Á, et al. (2023).** A comparative study of serological tests used in the diagnosis of *Toxoplasma gondii* infection in small ruminants evidenced the importance of cross-reactions for harmonizing diagnostic performance. *Research in veterinary science*. 165, 105052.
- Mitra S, Paul S, Roy S et al. (2022).** Exploring the immune-boosting functions of vitamins and minerals as nutritional food bioactive compounds: A comprehensive review. *Molecules*, 27 (2), 555.
- Mumtaz T, Awan UA, Mushtaq A et al. (2022).** Prevalence of toxoplasmosis in sheep and goats in Pakistan: A systematic review and meta-analysis. *Pathogens*, 11 (11), 1331.
- Osredkar J, Sustar N (2011).** Copper and zinc, biological role and significance of copper/zinc imbalance. *J Clinic Toxicol*, S3.
- Paştiu AI, Mircean V, Mercier A et al. (2023).** *Toxoplasma gondii* infection in sheep from Romania. *Paras & Vect*, 16, 24.
- Pereira AM, Maia MRG, Fonseca AJM, Cabrita ARJ (2021).** Zinc in dog nutrition, health and disease: A review. *Animals*, 11 (4), 978.
- Portes JA, Motta CS, Azeredo NF et al. (2017).** In vitro treatment of *Toxoplasma gondii* with copper(II) complexes induces apoptosis-like and cellular division alterations. *Vet parasitol*, 245, 141–152.
- Reis LSL, Pardo PE, Camargos AS, Oba E (2010).** Mineral element and heavy metal poisoning in animals. *J Med Med Sci*, 1 (12), 560–579.
- Robert-Gangneux F, Dardé ML (2012).** Epidemiology of and diagnostic strategies for toxoplasmosis. *Clin Microbiol Rev*, 25 (2), 264–296.
- Roberts CW, Walker W, Alexander J (2001).** Sex-associated hormones and immunity to protozoan parasites. *Clinical microbiology reviews*, 14 (3), 476–488.
- Seyrek K, Paşa S, Kırıl F et al. (2004).** Levels of zinc, copper and magnesium in sheep with toxoplasmosis. *Uludağ Univ J Fac Vet Med*, 23 (1-3), 39–42.
- Stelzer S, Basso W, Benavides Silván J et al. (2019).** *Toxoplasma gondii* infection and toxoplasmosis in farm animals: Risk factors and economic impact. *Food Waterborne Parasitol*, 15, e00037.
- Tabatabaie F, Jalalizadegan B, Ghaffarifar F et al. (2018).** Evaluation the effects of vitamins (C and E) and minerals (selenium and calcium) on proliferation of *Toxoplasma gondii* tachyzoites. *Int Jour of Inf Dis*, 73, 325.
- Takahashi A (2022).** Role of Zinc and Copper in Erythropoiesis in Patients on Hemodialysis. *Jour of Ren Nutr*, 2022, 1-8.
- Tan S, Tong WH, Vyas A (2022).** Impact of Plant-Based Foods and Nutraceuticals on *Toxoplasma gondii* Cysts: Nutritional Therapy as a Viable Approach for Managing Chronic Brain Toxoplasmosis. *Front Nutr*, 9, 827286.
- Tapiero H, Townsend DM, Tew KD (2003).** Trace elements in human physiology and pathology. Copper. *Biomed Pharmacother*, 57 (9), 386–398.
- Tasci S, Sengil AZ, Altindis M, Arisoy K (1995).** The effect of zinc supplementation in experimentally induced *Toxoplasma gondii* infection. *Jour of the Egyptian Soc of Paras*, 25 (3), 745–751.
- Thaprawat P, Wang F, Chalasani S et al. (2025).** *Toxoplasma gondii* PROP1 is critical for autophagy and parasite viability during chronic infection. *mSphere*, 10 (3), e0082924.
- Trigunaite A, Dimo J, Jørgensen TN (2015).** Suppressive effects of androgens on the immune system. *Cell Immunol*, 294 (2) 294, 87–94.
- Wysocka K, Cacak-Pietrzak G, Sosulski T (2025).** Mineral Concentration in Spring Wheat Grain Under Organic, Integrated, and Conventional Farming Systems and Their Alterations During Processing. *Plants*, 14 (7), 1003.
- Yıldız Öz G, Ormancı N (2022).** Marmara Bölgesindeki Koyunlarda Serum Bakır (Cu) ve Çinko (Zn) Değerleri. *Türk Vet J*, 3 (2), 34–37.
- Zhang X, Zhang H, Fu Y et al. (2018).** Effects of Estradiol and Progesterone-Induced Intracellular Calcium Fluxes on *Toxoplasma gondii* Gliding, Microneme Secretion, and Egress. *Front in microbiol*, 9, 1266.