

KANATLI HAYVAN BESLEMEDE MİNERALLER

Kalbiye KONANÇ Ergin ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

KANATLI HAYVAN BESLEMEDE MİNERALLER	6
Mineral Gereksinimi ve Biyoyararlanım	8
Minerallerin Fonksiyonları	10
Minerallerin Emilmesi, Depolanması ve Metabolizması	10
Vücudun ve Organların Mineral Kapsamı	11
Rasyonların Mineraller Kaynakları	12
Hayvanların Minerallerden Yararlanmaları	13
Mineral Eksikliği Ve Dengesizliğinin Hayvanlardaki Etkileri Ve Bunlardan Korunma Yolları	14
Mineral Eksikliği ve Dengesizliğinden Korunma	15
Embriyonun Mineral Beslenmesi	16
MAKROMİNERALLER	16
KALSİYUM	16
Kemik yapısı	16
Emilim	16
Kabuk oluşumu	16
Kabuğun oluşumu için karbonat	18
Yumurta kabuğu oluşumu için kalsiyum	19
Kalsiyum kaynakları	20
Ek kalsiyum kaynağı olarak ıstiridye kabuğu, kalsit kum ve toz yumurta kabuğu karşılaştırılması	20
İstiridye kabuğunun optimum besleme düzeyi	20
Büyüme için gereksinimler	21
Embriyonun kalsiyum metabolizması	21
Gereklilik	21
Onarım	21
Yumurtacı tavukların kalsiyum gereksinimleri	23
Yem tüketimi ile kalsiyum gereksiniminin ilişkisi	24
Kalsiyum-fosfor oranı	24
Eksiklik belirtileri	25
Eksikliğinde	25
Toksisite	27
Rasyonda kalsiyum kaynakları	28

FOSFOR	30
Emilim	30
Gereklilik	31
D vitamini ve fosfor	31
Fosfor Durumu	31
Yumurtacı tavukların fosfor gereksinimleri	33
Eksiklik	35
Toksisite	35
Rasyondaki fosfor kaynakları	35
KALSİYUM VE FOSFOR METABOLİZMASI	35
Kalsiyum ve Fosforun Besleme Onarımından Önemi Vücutta Dağılımı	35
Kanda Kalsiyum ve Fosfor Düzeyi	36
Kemiklerde Kalsiyum ve Fosfor Metabolizması	36
Kalsiyum ve Fosfor Metabolizmasının Ayarlanması ve Homeostazi	37
Yumuşak Dokularda ve Vücut Sıvılarında Kalsiyum ve Fosfor	39
Kalsiyum ve Fosforun Sindirim Sisteminden Absorpsiyonu	39
Kalsiyum ve Fosfor Eksikliğinin Belirtileri	41
Aşırı Kalsiyum ve Fosforun Etkileri	42
Kalsiyum ve Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılan Yem Hammaddeleri	42
MAGNEZYUM	43
Gereksinim, yetersizlik ve toksisite	44
Gereklilik	45
Yeterlilik	46
Rasyon kaynakları	47
SODYUM, POTASYUM ve KLOR	47
Sodyum, potasyum ve klorun spesifik fonksiyonları	47
Rasyonun elektrolit dengesi	47
Gereklilik	49
Eksiklikleri	49
Rasyon kaynakları	51
Sodyum, Potasyum ve Klorun Vücuttaki Dağılımı ve Fonksiyonları	51
Emilim	52
Rasyonla Sağlanmaları ve Metabolik Regülasyonları	52
Sodyum Klor Noksanlığı	52

Aşırı Sodyum Klor	52
SODYUM	53
KLOR	54
POTASYUM	56
KÜKÜRT	57
MİKROMİNERALLER	58
DEMİR	58
Demirin Fonksiyonları ve Vücutta Dağılımı	58
Demirin Absorpsiyonu	60
Demir İhtiyacı, Demir Eksikliği ve Toksisite	62
Rasyon kaynakları	64
BAKIR	65
Hayvan Vücudunda Bakırın Fonksiyonları	65
Hayvanların Bakırdan Yararlanmaları	66
Hayvan Vücudunda Bakırın Dağılımı	67
Bakır İhtiyacı ve Bakırın Sağlanması	68
Rasyon kaynakları	69
ÇİNKO	71
Çinkonun Vücutta Dağılımı ve Fonksiyonları	71
Çinko İhtiyaçları ve Absorpsiyonu	71
Gereksinim, yetersizlik ve toksisite	73
Rasyon kaynakları	74
MANGANEZ	77
Vücutta Dağılımı	77
Manganezin Fonksiyonları	77
Manganez Absorpsiyonu	78
Gereksinim, yetersizlik ve toksisite	78
Rasyon kaynakları	81
SELENYUM	81
Selenyumun Biyokimyasal Fonksiyonu	82
Gereksinim, yetersizlik ve toksisite	83
Selenyum Eksiklik Hastalıkları	85
Rasyon kaynakları	87
MOLİBDEN	89

İYOT	90
İyot Metabolizması	90
Guatrojenik Bileşikler	93
Gereksinim, yetersizlik ve toksisite	93
İyot İhtiyacının Karşılanması	94
Rasyon kaynakları	95
KOBALT	98
Kobalt Metabolizması	98
Kobalt İhtiyacı ve Kobalt Gereksiniminin Karşılanması	98
FLUOR	100
DİĞER MİNERALLER	101
Silisyum	101
Krom	102
Vanadyum	102
AĞIR METALLER	102
Kurşun	102
Arsenik	102
Civa	103
Kadmiyum	103
Nitratlar	103
KAYNAKLAR	104

KANATLI HAYVAN BESLEMEDE MİNERALLER

Hayvansal doku değişik miktar ve konsantrasyonlarda olmak üzere 45 kadar mineral element ihtiva eder. Aşağıdaki 7 mineral element diğerlerine göre daha yüksek miktarlarda (70 mg/kg canlı ağırlığının üzerinde) bulunur ki bunlara "makromineraler" denir. Makromineraler:

Kalsiyum (Ca)

Fosfor(P)

Magnezyum (Mg)

Sodyum (Na)

Potasyum (K)

Klor (Cl)

Kükürt (S)

Vücut 40 kadar mineral elementi de çok küçük miktarlarda (70 mg/kg canlı ağırlığının altında) ihtiva eder ki bunlara da "mikromineraler" veya "iz mineraler", (iz elementler) adı verilir. Bugüne kadar bu elementlerden aşağıdaki 15'inin vücutta önemli fizyolojik fonksiyonlarda görev aldığı iyi bilinmektedir. Bunlara aynı zamanda "esansiyel iz elementler" adı da verilir.

Esansiyel iz elementler:

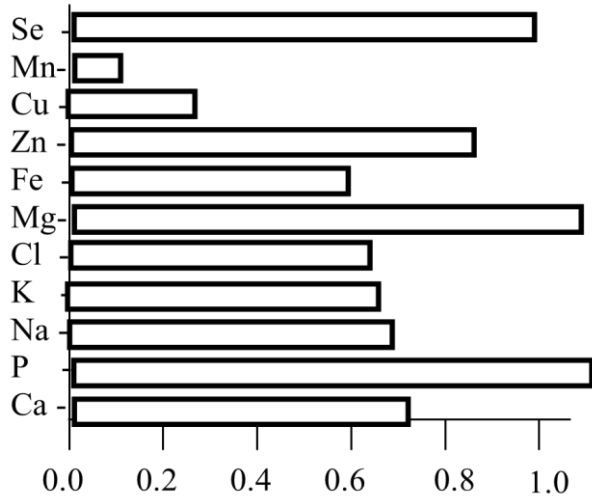
Demir (Fe)	Selenyum (Se)	Silisyum (Si)
Bakır (Cu)	Molibden (Mo)	Nikel (Ni)
Kobalt (Co)	Krom (Cr)	Arsenik (As)
Manganez (Mn)	Flor (F)	
Çinko (Zn)	Kalay (Sn)	
İyot (I)	Vanadyum (V)	

Belirli bir elementin esansiyel olup olmadığı hayvansal denemelere dayanır. Bunun için saflaştırılmış rasyonlar kullanılarak fonksiyonu araştırılan element dışında bütün ihtiyaç duyulan elementler bu rasyonlarda yer alır. Eksik element genç hayvanlarda büyüme geriliğine, ergin ve gençlerde ise belirli semptomların ortaya çıkmasına sebep olur.

Dokularda biyokimyasal değişmelere işaret eden bu semptomlar saflaştırılmış rasyonda yer almayan elementin deneme rasyonlarına ilavesiyle önlenabilir veya azaltılabilir. Bu 22 adet makro ve mikro elementlere ilaveten, bitkisel ve hayvansal dokular düşük miktarlarda olmak üzere diğer 23 adet daha mineral element ihtiva eder. Bunların hayatsal fonksiyonları olup olmadığı henüz bilinmemektedir. Yiyeceklerde bulunduğu için hayvan vücudunda yer aldıkları ileri sürülmekle beraber, gelecekte geliştirilmiş tekniklerle bunlardan bazılarının fonksiyonlarının ispatlanması her zaman ihtimal dahilindedir.

Mineraller, yapısal ve fonksiyonel amaçlar için çok çeşitli görevler almaktadır. Kemik ve yumurta kabukları sertliklerini kalsiyum tuzlarına borçludur. Sodyum, potasyum ve klor gibi elektrolitler, pH ve ozmotik basınç dengesini düzenlerler. Bazı mineraller hücresel uygulamaların primer düzenleyicileri olarak, bazı aktivatör veya enzimlerin katalizörleri olarak hizmet verir ve bazı deoksiribonükleik asit (DNA) ve ribonükleik asit (RNA) için gerekli bileşenleri oluştururlar.

En az 13 mineral, iyi sağlık koşulları ve verimlilik için kanatlılarda gereklidir. Beslenme gereksinimleri kanatlı vücudunda kendi konsantrasyonları (Şekil 1) ile benzer bir desen içindedir. Yapısal veya ozmotik fonksiyonlar için, rasyonda nispeten büyük miktarlarda mineral gereklidir ve makromineraller olarak adlandırılır. Makromineraller kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, klor, magnezyum'dur. Nispeten rasyonda düşük konsantrasyonlarda gerekli olan mineraller ise iz mineraller olarak adlandırılır. Bunlar, bakır, iyot, demir, manganez, selenyum ve çinko'dur. Kobalt ve sülfat, yarı esansiyel olmaları açısından rasyonda bulunur ancak normalde sırasıyla B12 vitamini ve esansiyel olan metiyoninden temin edilmektedir. Silikon, molibden, bor, krom, nikel, flor ve vanadyum mineraller bazı özelliklere sahiptir ve ultra iz mineraller olarak adlandırılır. Ancak, ultra iz minerallere gereksinim, son derece saf maddeler, ultra saf su ve tozsuz ortamlarda muhafaza edilen formüle deneysel rasyonlar ile beslenen kanatlılarda görülür (Nielson, 1986).



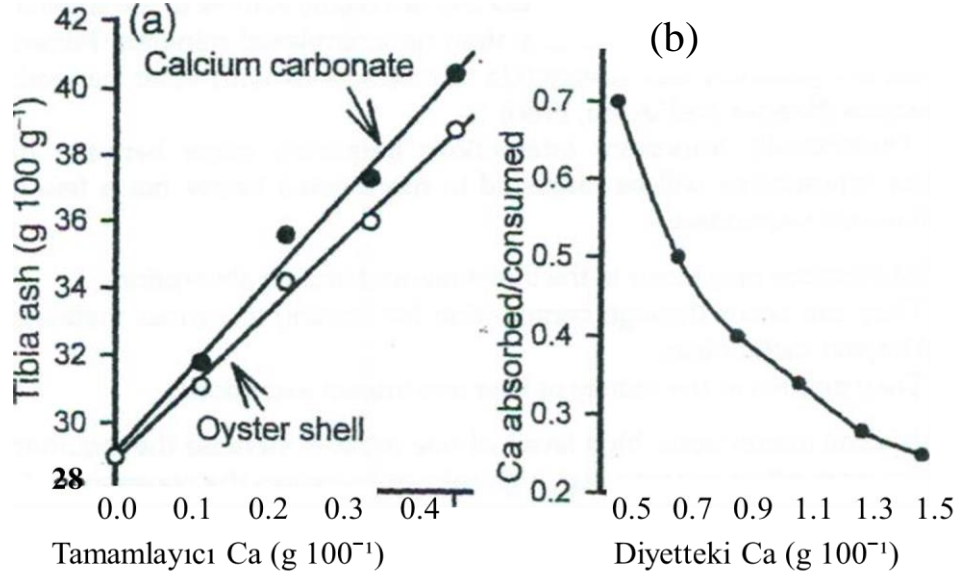
Vücudun ihtiyacına göre konsantrasyon oranları

Şekil 1. 4 haftalık Japon bıldırcını (g kg^{-1} vücut ağırlığı) vücudunda iz minerallerin yoğunlukları ve besin gereksinimi (g kg^{-1} kuru madde) arasındaki oran. Se, selenyum; Mn, mangan; Cu, bakır; Zn, çinko; Fe, demir; Mg, magnezyum; Cl, klor; K, potasyum; Na, sodyum; P, fosfor; Ca, kalsiyum.

Mineral Gereksinimi ve Biyoyararlanım. Gıdalarda mineral konsantrasyonları oldukça değişkendir. Örneğin, tek bir gıda maddesi selenyum içeriği topraktan selenyum düzeyine bağlı olarak, 100-kat değişebilir. Bundan başka, bir mineralin belirli bir metabolik işlem için kullanımı ve endojen atılımı, absorpsiyon ve hazım hızına ve rasyonda bulunan kimyasal formuna bağlıdır. Lifler, şelatlar, diğer mineraller ve pH seviyesi gibi diğer faktörler, bir gıdanın doğasında bulunan belirgin bir mineral sindirimini ve metabolizmasını etkileyebilir. Bu nedenle, bir mineral kaynağı olarak bir besin değeri mineral yoğunluğu ve kimyasal formuna, aynı zamanda çok çeşitli spesifik gıda faktörlerine bağlıdır. Bu belirsizlikler yüzünden, kanatlıların mineral gereksinimleri yüksek oranda sindirilebilir mineral kaynaklarından ve maksimum emilimi ve kullanımı beslenme koşulları kullanılarak tespit edilmiştir. Genellikle, gereksinim minerale bağlıdır, fizyolojik bir süreç ile rasyonda optimize düzeyde ayarlanabilir. Örneğin, genellikle yetersiz beslenme sonucu kalsiyum gereksinimi, kalsiyum karbonatın (CaCO_3) artan düzeylerde eklenerek ve kemik kül maksimize seviyesi tespit edilerek belirlenir.

Bununla birlikte, kanatlılarda kalsiyum absorpsiyonu takip edilmektedir. Süreli mineral biyolojik kullanılabilirliği sindirilme ve rasyon minerallerin besin değerini ifade etmek için kullanılır. Gereksinimlerini belirlemek için yüksek oranda sindirilebilir mineral biyolojik kullanılabilirliğine genellikle %100 bir değer verilir ve diğer minerallerin etkinliği bu standarda göre ayarlanır. Örneğin, gıda veya takviye kalsiyumun biyolojik kullanılabilirliği

genellikle CaCO_3 ile karşılaştırılmış ve cevap kriteri genellikle kemik külü olmuştur. Tipik olarak, kemik külündeki artış, biyolojik kullanılabilirliği (Şekil 2a) hesaplamak için kullanılan kalsiyumun artan yükselişine bağlıdır. Gereksinime bağlı olarak rasyondaki mineral, mineral biyolojik kullanılabilirliğini belirlemektedir, çünkü rasyondaki absorbe edilen mineral yüzdesi, genellikle rasyondaki miktar düzeylerine bağlı olarak azalır (Şekil 2b).



Şekil 2. (a) Mısır-soya küspesine dayalı bir rasyondaki kalsiyum miktarının ve büyümekte olan Japon Bildircını (K.C. Klasing, yayınlanmamış) tibiasındaki kül miktarının ilişkisi. Kalsiyum karbonat için bu ilişki eğimi 28.5 olup, %100 biyolojik kullanılabilirliğe eşittir. İstiridye kabuğu tanecikleri için bu ilişkinin eğimi 24.5 ve %86 ($24.5 \div 28.5$) bir biyolojik kullanılabilirlik olduğu bildirilmiştir. (b) ilişki rasyon kalsiyum seviyesi ve büyümekte olan Japon Bildircını tarafından absorbe edilen miktar. 1 g 100 g⁻¹ rasyon gereksinimini karşılayan rasyon seviyelerinde, absorpsiyon yüksek olup, gereksinimi yüksek seviyelerde olanlar için absorpsiyon çok düşüktür.

'Biyolojik kullanılabilirlik' terimi göreceli değil mutlak bir terim olarak anlaşılmalıdır. Tanım gereği CaCO_3 gibi bir mineral kaynağının sadece %50'si sindirim sisteminde emilir, aslında %100 biyolojik kullanılabilirliği vardır. Mineraller için, sindirim ya da gerçek durumu, her zaman biyolojik kullanılabilirlikten daha azdır.

Makromineraler ve iz mineraler tüm pratik kanatlı besleme için önemlidir. Ultra iz mineralerin çoğu biyokimyasal açıdan büyüleyici, ancak nadiren beslenme açısından önem kazanmaktadır. Tüm mineralerin içinde, kalsiyum en çok değişken olandır ve ihtiyaç düzeyi hayvanın fizyolojik durumuna bağlıdır. Bazı türlerde ortaya çıkan onarım ve yumurta üretimi arasında 20 kat kalsiyum gereksinim farkı meydana gelmektedir. Kalsiyum ihtiyacı aksine, iz-mineral gereksinimleri türler arasında veya fizyolojik durum nedeniyle bir tür içinde bir kaç kat daha fazla farklılık gösterebilmektedir. Böylece, kümes ve av hayvanlarının iz-mineral

gereksinimleri üzerine çok doğru veriler için yaygın bir önem payı ile de olsa, tüm kanatlı türlerine uygulanabilir. Ancak, vahşi hayvanların evcil hayvanlara göre daha düşük mineral gereksinimleri olduğu öne sürülmüştür. Bu hipoteze göre, hızlı ve verimli büyümelerine göre seçilmiş olan evcil hayvanların rasyonda aşırı mineral ile beslenmeleri, düzgün absorbasyona, hayvanların yaralanmalarına ve bu minerallerin depolanmalarına neden olabilir (Robbins, 1993).

Minerallerin Fonksiyonları. 1. Minerallerden kalsiyum ve fosfor, kemiklerin ve dişin yapısal unsurları olup onlara sertlik ve sağlamlık verirler. Kemik ve dişlerde bulunan magnezyum, flor ve silisyum keza vücudun mekanik stabilitesine katkıda bulunurlar.

2. Kalsiyum, magnezyum ve fosforun sadece küçük bir fraksiyonu ile sodyum, potasyum ve klorun çoğu, vücut sıvılarında ve yumuşak dokularda elektrolit olarak yer alırlar. Kan ve serebröspinal sıvı gibi vücut sıvılarında yer alan elektrolitler asit-baz dengesi ve ozmatik basıncın sağlanmasında önemli görevler yaparlar. Membran geçirgenliğini ayarlarlar; kas ve sinirlerin uyarılmasında karakteristik etkiler yaparlar. Salya, mide, bağırsak özsuları ve rumen sıvısında bulunan tuzlar, sindirim kanalındaki enzimler ve mikroorganizmaların gelişmesi için uygun ortam sağlarlar.

3. Esansiyel iz elementler bazı enzim ve biyolojik olarak önemli bileşiklerin ayrılmaz bir parçasıdır. Örneğin, Fe Hemoglobinin, Co B12 vitamininin, I da tiroksin hormonunun böyle bir unsurudur.

4. İz elementler aynı zamanda enzimlerin aktivatörü olarak da fonksiyon gösterirler.

Minerallerin Emilmesi, Depolanması ve Metabolizması. Minerallerin emilim ve atılım metabolizmaları eksikliği ve toksisiteyi önlemek için düzenlenmiştir. Makromineraller ihtiyaçlara yakın seviyelerde rasyonda mevcuttur ve gerekli oranlarda, enerji gerektiren özel taşıma sistemleri ile emilirler. Birçok iz mineraller gereksinimin üzerinde seviyelerde rasyonda bulunur ve diğer besinlerle aynı oranda aktif olarak emilerek bu minerallerin bağırsak fonksiyonlarına katılmasını sağlar iz minerallerin biyokimyası gereği toksisiteden kaçınmak için çoğu iz-mineral emilimi bağırsakların baskın rolü ile özel emici yollardan gerçekleşir.

Kompleks haldeki basit bir karbonhidrat (örn., sitrat), amino asitler (örneğin, metiyonin, histidin, sistein), ve bazı şelatlar (örn., etilendiamintetraasetik asit (EDTA)) ile kompleks olmayan ve yüksek ölçüde ince bağırsakta çözünen rasyondaki mineraller genellikle biyolojik kullanılabilirliklidir. Mineral komplekslerin genellikle bağırsaklarda diğer mineraller ile etkileşimleri daha azdır (Kratzer ve Vohra, 1986).

Beslenme açısından mineraller arasında önemli etkileşimler meydana gelir. Bu

etkileşimler aşağıda daha ayrıntılı olarak ele alınmıştır:

1. Etkileşimleri bağırsak ve etki absorpsiyonu olarak oluşabilir.
2. Çeşitli metalloproteinler ve etki metabolizmalarına bağlanmak için rekabet yoluyla oluşabilir.

3. Böbrek veya karaciğer ve etki atılımı ile hareket edebilirler.

Bazı etkileşimler ile bir mineralin yüksek düzeyde artışı, bir ya da daha fazla diğer minerallerin ihtiyacını artırır (örneğin, yüksek kalsiyum, fosfor, demir ve manganezin gereksinimini artırır). Başka bir durumda ise, bir mineralin yüksek düzeyde olması başka bir mineralin gereksinimini azaltabilir veya başka bir mineral toksisitesini azaltabilir (örneğin, yüksek bakır, çinko toksisitesine karşı korur).

Beslenme yetersizliklerinde, tampon kalsiyum, fosfor, demir, ve çinko için özel depolama havuzları mevcuttur. Kemik, minerallerin çoğu için (örneğin, magnezyum, sodyum, klor, manganez, iyot, flor) genel beslenme yoksunluğu sırasında spesifik olmayan bir rezervuar görevi görür. Çoğu mineral için, bu depolama havuzları yetişkinlerde beslenme yetersizliğinde uzun süre kullanılabilir. Ancak, civcivlerin hızlı büyüme döneminde ve yumurta için uzun bir dizi üretim sırasında, makromineraler ve çinko depolama havuzları bir kaç gün kullanılmış ve tükenmiş olabilir.

Tablo 1. Tavuk yumurta minerallerin dağılımı (Richards ve Packard, 1996). *

Makromineral (mg)			İz mineral (µg)		
Element	Sarı	Albumin	Element	Sarı	Albumin
Fosfor	111.6	5.2	Demir	1017	53
Kalsiyum	26.8	2.4	Çinko	571	5
Potasyum	20.1	49.3	Bakır	37	10
Sodyum	12.1	57.1	İodin	32	2
Magnezyum	2.6	3.7	Manganez	10	0.05
			Selenyum	9	2

* Değerleri 1526 mg kalsiyum içeren, bir sarısı 58 g yumurta ile 19 g, albümin ile 34 g, ve 4.8 g kabuğu içindir.

Vücudun ve Organların Mineral Kapsamı. Tablo 2'de ergin memelilerin vücudundaki makromineralerin ortalama miktarları verilmektedir.

Vücudun yağsız kuru maddesinin her 100 gramında mevcut her bir mineralin oranı ergin memeli türler arasında benzerlik gösterir. Her organın fonksiyonuna uygun olarak karakteristik bir mineral bileşimi vardır. Keza bu da birçok memeli türünde benzerlik gösterir.

Tablo 2. Ergin bir hayvanın vücudu ve memelilerin kan serumunun mineral kapsamı

	Kalsiyum	Fosfor	Magnezyum	Sodyum	Potasyum	Klor
gr / Vücudun 100 gr	1-2	0.7-1	0.05	0.15		0.1-0.15
yağsız KM'si	10	4-7*	2-3	330	0.30	370

* İnorganik Fosfor

Bununla beraber yetersiz bir beslenme veya su kısıtlaması yahut ta susuzluk periyodundan sonra vücudun mineral kapsamında (vücudun yağsız kuru maddesi) oldukça önemli bir yükseliş meydana gelir. Vücudun sodyum, potasyum ve klor kapsamı embriyon döneminde gelişmenin bütün aşamaları boyunca sabit kalırken, embriyodaki kalsiyum, magnezyum ve fosfor kapsamı (yağsız kuru madde esasına göre) ergin hayvandakinin yarısı kadardır.

Makromineralerin kan serumundaki düzeyleri, özellikle kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyumun seviyeleri, yiyecekten etkilenmeksizin hormonal kontrol mekanizması ile oldukça dar sınırlar içerisinde tutulurlar. Dahili bir ortamda vücut öğelerinin yoğunluğunun korunma mekanizmasına "**homeostaz**" adı verilir. Bu mekanizma sadece inorganik değil, glukoz gibi organik bileşikler de kapsar. Minerallerin sindirim sisteminden absorpsiyonunu, onların depolanmalarını, kemiklerdeki rezervlerden tekrar serbest hale geçmesini, dışkı ve idrarla dışarı atılmasını ayarlayan kontrol sistemi bireysel minerallerin metabolizmaları ile ilgili olarak daha sonra açıklanacaktır.

Diğer taraftan esansiyel iz minerallerin yoğunlukları büyük çapta değişme gösterir. Çünkü vücuda giren bu elementleri kandaki yoğunluklarına göre ayarlayacak vücutta belirli bir kontrol mekanizması yoktur.

Rasyonların Mineraller Kaynakları. Çiftlik hayvanları, minerallerin çoğunu yedikleri kaba ve kesif yemlerden alırlar. Hayvansal kökenli mineral ek yemleri (kemik unu) jeolojik kökenli bazı bileşikler (kalsiyum fosfat, sodyum klor) ilave kaynaklardır. İçme suları minerallerin önemsiz kaynağı niteliğindedir. Otlayan hayvanlar için bitki vasıtasıyla toprak kontaminasyonu da keza belirli derecede kaynak vazifesi görür. Kaba yemlerdeki mineral yoğunluğu aşağıdaki faktörlere göre değişir:

- a- Bitki türleri,
- b- Bitkinin yetiştiği toprağın bileşimi,
- c- Bitkinin olgunluk derecesi,
- d- İklim şartları,
- e- Tarımsal yöntemler (sulama, gübreleme vb.).

Bitkinin gelişmesindeki çevresel şartlar onun vejetatif kısımlardaki mineral bileşime, tohum ve danelerdeki mineral bileşimden daha fazla etkilidir. Aynı yem materyalindeki iz elementler onarımından değişkenlik, makro elementlerdekinden daha fazladır. Bunun nedeni farklı jeografik bölge topraklarının kapsadığı iz minerallerinin farklı oluşundan ve bitkilerin mineralleri aldığı toprak şartlarının değişmesinden ileri gelmektedir.

Minerallerin Absorpsiyon Şekilleri ve Yerleri. Mineraller esas itibariyle iyonlar olarak absorbe edilirler. Kan dolaşımına ana absorpsiyon yerleri ise ince bağırsaklar ve kalın bağırsağın anterior kısmıdır. Sindirim sıvılarıyla sindirim kanalına büyük miktarlarda giren mineraller direkt olarak yiyeceklerle gelenlerle birlikte buradan reabsorbe olurlar.

Minerallerin ekskresyon yolu, yani idrarla mı yoksa dışkı ile mi atılacağı rasyonun bileşimine ve hayvanın türüne göre değişme gösterir. Ruminantlar kalsiyum ve fosforu daha ziyade dışkılarıyla dışarıya atarlarken, monogastrik hayvanlarda bu minerallerin başlıca atılım yolu idrardır.

Hayvanların Minerallerden Yararlanmaları. Yemlerde ve mineral ek yemlerinde bulunan çeşitli minerallerden yararlanma, sadece bu materyallerdeki mineral miktarlarına değil, aynı zamanda bu minerallerin absorpsiyonlarına ve hayvan tarafından kullanım derecelerine de bağlıdır. Minerallerin sindirim derecelerinin tayini çok şey göstermez. Çünkü fekal materyal hem absorbe edilmeyen minerali hem de endojen mineralleri ihtiva eder. Salya ve sindirim suları ile salgılanan mineraller rasyonsal kökenli minerallerle birlikte bağırsak lumeninde aynı etkinlikte işlem görürler, yani kan dolaşımına absorbe olurlar. Bununla beraber vücut tarafından salgılanan minerallerin bir kısmı absorbe edilmezler ve sürekli olarak fekal materyal ile atılırlar. Bunlara "endojen veya metabolik mineraller" adı verilir. Ruminantların dışkılarında mevcut endojen makromineralerin, özellikle kalsiyum ve fosforun oranı oldukça önemli miktarlarda olup hatta bu, absorbe olmayan makromineral miktarını bile geçebilmektedir. Halbuki monogastrik hayvanlarda endojen mineraller gübredeki toplam minerallerin çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Rasyonsal mineral kaynakların yararlılık derecesi, söz konusu minerallerin izotop denemeleriyle toplam mineral bilanço yöntemi uygulanarak tayin edilebilir. Örneğin, böyle bir yöntemde ergin hayvanlarda bilanço 0 ise, (yani vücuda giren mineral miktarı ile vücuttan atılan mineral madde miktarı birbirlerine eşit ise) veya büyüyen bir hayvanda bilanço pozitif ise (yani, alınan minerallerin çoğu vücutta kalıyorsa) yem kaynakları vücudun mineral ihtiyacını karşılıyor demektir. Eğer bilanço negatif ise bunun zıttı doğru demektir. Bu durumda yem kaynakları hayvanın ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bilanço denemeleri sonucu vücut depolarındaki değişmelerin etkisini ortadan kaldırmak için mukayeseli bilanço tekniğinin kullanılması, iki farklı düzeyde vücuda

mineral alınımla bilançonun tayin edilmesini ve vücutta kalan mineral miktarının mukayeseli olarak belirlenmesini gerektirir. Minerallerden yararlanma ise iki farklı düzeyde alınma durumunda ortaya çıkan bilanço farklılığını, vücuda alınan iki mineral düzey arasındaki farka bölmek suretiyle tahmin edilebilir. Bunu aşağıdaki eşitlikle ifade etmek mümkündür.

Bilançodaki fark

Yüzde Yararlanma = -----x 100

Yenen rasyonsal mineral farkı

İzotop yöntemleriyle absorbe edilmeyen dışkıdaki mineral fraksiyonu (direkt olarak yemle alınan mineral orijinli) ile vücuda, absorbe olup kullanıldıktan sonra tekrar sindirim kanalına salgılanan ve bu yolla dışkıya gelen endojen fraksiyon belirlenebilir. İzotop yönteminin prensipleri şöyle özetlenebilir: Test yemi yedirildiği sırada, üzerinde çalışılan radyoizotop kana şırınga edilir. Kana verilen radyoizotop, enjeksiyondan hemen sonra dışkıda tayin edilir. Burada, kandaki gibi stabil olan mineraller aynı oranda bulunur. Test yeminden daha fazla yenilmesi durumunda, fekal materyaldeki radyoizotop o elementin gübrede toplam miktarındaki eksojen fraksiyonuna oranla dilüye edilmiş olur (yoğunluğu düşer). Gübredeki endojen mineral miktarı ve minerallerden yüzde yararlanma aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

Dışkıdaki spesifik aktivite

Endojen fekal fosfor =----- x 100

Endojen fosforun spesifik aktivitesi (idrara veya plazmanın)

Alınan fosfor – Absorbe olmayan fekal fosfor

Fosfordan Yararlanma Yüzdesi = ----- x 100

Alınan fosfor

Böyle ölçümler göstermiştir ki ruminantlarda fekal materyalde bulunan fosforun %40-60'ı endojen kökenlidir.

Mineral Eksikliği Ve Dengesizliğinin Hayvanlardaki Etkileri Ve Bunlardan Korunma Yolları. Öncelikle, bir noktayı vurgulamak gerekir ki bakır ve kobaltın ruminantlara, selenyum ve demirin de bütün çiftlik hayvanlarına sağlanması zorunludur. Yani bu mineraller onlar için esansiyeldir. Yalnız, belirli bir seviyenin üzerinde toksik bir etki gösterdiği de unutulmamalıdır.

Bazı minerallerin eksik, dengesiz yahut ta aşırı düzeyde alınması, hayvansal dokularda uygun görülen sınırların altında veya üstünde olmak üzere bazı yoğunluk değişmelerine sebep olur. Böyle durumlarda fizyolojik fonksiyonlar bundan olumsuz yönde etkilenir. Harici semptomlardan ayrı olarak büyümede gerileme, yemden yararlanma ve verimlilikte azalma, üremede ve genel sağlıkta bozulma gibi beslenme ile ilgili anormallikler ortaya çıkar. Bu tip beslenme bozuklukları yüksek bir mortalite ile sonuçlanan mineral eksikliği ve zehirlenmelerden, sık sık karşılaşılan lokal mineral eksikliklerin yol açtığı daha hafif durumlara kadar değişmeler gösterir. Çok ciddi mineral eksikliği veya aşırı miktarda minerallerden dolayı ortaya çıkan bozukluklar çiftlik şartlarında çoğu zaman görülmez veya nadiren görülür. Esansiyel elementlerin çoğu ile ilgili minimum ihtiyaçlar veya maksimum tolerans sınırları yapılan çalışmalarla belirlenmiştir.

İnorganik veya organik bileşikler birlikte vücuda alındığı zaman, bazı minerallerin vücutta değerlendirilmelerini, uygun olmayan düzeylerde alınan organik besin maddelerinin (protein, yağ ve karbonhidratlar) karşılıklı interaksiyonundan daha fazla etkiler. Mineraller arasındaki ilişkiler veya minerallerle organik bileşikler arasındaki interaksiyonlar minerallerden vücutta yararlanmayı azaltabilir veya çoğaltabilir. Bazı iyonların bağırsakların bazik ortamında fazla bulunuşu, çözünmeyen tuzların çökmesine ve bununla ilgili minerallerden yararlanmanın düşmesine sebep olur. Örneğin, aşırı fosfat iyonu kalsiyum iyonunun çökmesine; aşırı molibdat iyonu da bakır iyonlarının çökmesine sebep olabilmektedir. Diğer taraftan amino asitler ve peptidler gibi bazı yiyecek unsurları bazı minerallerle çözünebilen şelatlar teşkil ederek minerallerin vücuda absorpsiyonlarını yükseltebilirler. Şelatlar genellikle suda çözünebilen bileşikler olup organik bileşiklerle metal iyonlar arasında oluşturulur. Çok kuvvetli metal ajanlarından birisi, bir sentetik bileşik olan EDTA (Etilen diamin tetraasetik asit)'dir. Kanatlıların rasyonlarına EDTA'nın katılması çinko ve manganezden yararlanmayı artırmaktadır.

Mineral Eksikliği ve Dengesizliğinden Korunma. Hayvanların mineral ihtiyaçları mevcut birkaç yemin birlikte verilmesiyle karşılanamadığı zaman rasyonların bir veya birden çok konsantre kaynakla yahut ta ticari mineral karmalarıyla desteklenmesi gerekir. İlave minerallerin, uygun oranlarda eksikliği çekilen mineralleri kapsayan yalama taşları veya bunların içme suyuna katılmaları yahut ta vücuda yavaş absorbe olan organik bileşiklerle birlikte verilmeleri mümkün olabilir. Hayvanların yediği kaba yemlerin mineral bileşimlerini iyileştirmek amacıyla toprağın uygun bir şekilde gübrelenmesi de keza pratikte uygulanan bir yoldur.

Embriyonun Mineral Beslenmesi. Gelişen embriyo için ihtiyaç duyduğu mineraller yumurtada oluşumu sırasında oluşmuş belirli depolama havuzları tarafından temin edilmektedir (Tablo 2). Embriyo ekstra embriyonik membranların koordineli çalışması yoluyla mineral ihtiyacını karşılar (Richards ve Packard, 1996; Grau ve ark, 1979). Minerallerin çoğu yumurta sarısı içinde depo edilmiştir, birkaçı örneğin sodyum ve potasyum gibi, albümin içinde depo edilmiştir ve kalsiyumun büyük kısmı yumurta kabuğu içindedir. Sarısında bulunan minerallerin çoğu yumurtlama esnasında karaciğerinden Vitellojenin ile birlikte gelişmekte olan folikül vasıtasıyla transfer edilir. Vitellojenin foliküler membranında fosfitin ve lipovitellin için parçalanır. Fosfitin demir, kalsiyum ve magnezyumu bağlar ve kovalent bağlı fosfor içerir. Lipovitellin fosfor, çinko, bakır ve demiri bağlar. Bir yumurtlama sırasında iz-mineral durumunu; iz-mineral depolarına aktarılan yumurta ve yavrunun iz mineral miktarı belirler. Yeterli düzeyde ise, bazı iz minerallerin depoları bir süre için genç yavrunun hızlı büyümesini desteklemektedir. Yumurta makromineral içeriği annenin beslenme durumuna göre çok az etkilenir ve yavru için uzun süreli depolar sağlamaz.

MAKROMİNERALLER

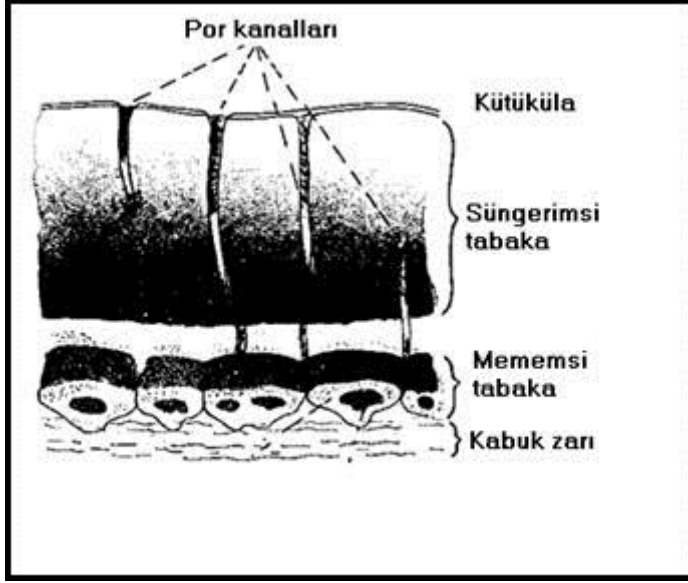
KALSİYUM

Kemik yapısı. Vücuttaki kalsiyumun büyük bir kısmı kemiklerde (vücut Ca'unun %90'ı üzerinde) mevcuttur. Kalsiyum yağsız kurutulmuş kemiğin ağırlıkça yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır. Kemik büyük ölçüde kalsiyum fosfattan oluşur, aynı zamanda yaklaşık %13 kalsiyum karbonat, %2 magnezyum fosfat, ve %5 diğer maddeler ile, %0.5-3 sitrat içerir. Florür birikimi metabolik aktivitesi yüksek olduğu için kemiklerde daha hızlıdır. Düşük seviyelerde florid kemik yapısı için önemli değilse de, temel bir bileşen olabilir. Aşırı flor osteoskleroz, omurgalılarda görülen ilk belirtileri oluşturur.

Emilim. Ca büyük oranda ince bağırsakların üst bölümünden emilir. Kalsiyumun emilimi; kalsiyum gereksinimine, yemin özelliğine ve alınan kalsiyum miktarına bağlıdır. Organizmadaki Ca düzeyi; paratiroid hormon, kalsitonin, aktif vitamin D₃ ile düzenlenir.

Kabuk oluşumu. Yumurta kabuğun sentezlenmesi olayı organik materyalden oluşan organik kalıplar (organik matriks) içinde kalsit (CaCO₃) kristallerinin depolanması şeklinde özetlenebilir. Yumurta kabuğu temel olarak üç tabakadan oluşmaktadır. 1) mamillar tabaka 2) pallisade (sünger) tabaka 3) kütikül tabakalarıdır. Mamillar tabaka yumurta daha istmusa iken oluşmaya başlar. Fibrinojen yapıda olup dış zar üzerinde 20000 civarında meme benzeri cisimcikten oluşur. Yumurta uterusu girdiği zaman bunlar agregatlaşarak sayıları 4500'e iner.

Glukoprotein yapısında olan organik matriks kartilaja benzer nitelikte olup yarım küresel mamilla içinde ince bir ağ oluşturur. Bu ağı oluşturan mamillanın merkezinde daha sık bir yapıda iken yüzeye doğru seyrekleşerek granüler bir yapıya dönüşür. Kalsit birikimi uterus mukozanın epitelyumla birlikte yumurtaya bitişmesi ve çok sayıda kılcal damarın yumurtaya açılmasıyla gerçekleşmektedir. Kabuk formasyonu sırasında buraya olan kan akımı inaktif dokulara olan akımın 3.6 katı kadardır.



Şekil 3. Yumurta kabuğu tabakaları

Kanla çok miktarda Ca taşınır ve HCO_3 iyonlarıyla birleştirilerek kabuğun süngerimsi tabakası meydana getirilir. CaCO_3 birikimi uterusu gelişten itibaren geçen ilk 5 saatte 300 mg/saat'e ulaşır ve ovipozisyonun iki saat öncesine kadar bu hızla devam eder. HCO_3 iyonlarının formasyonu kandaki CO_2 ve H_2O 'nun uterus hücrelerinde bulunan karbonik anhidraz enziminin aktivasyonu ile olur. Ca'nın önemli bir kısmı yemden az bir kısmı da medüller kemiklerden gelir. Yumurta böylece kabuk formasyonu oluşuncaya kadar uterusu yaklaşık 20 saat bekler. Kalsit kristalleri arada por adı verilen boşluklar kalacak şekilde birikirler. Sonradan gelişen embriyonun solunumu bu boşluklardan olan gaz alışverişi ile olur. Kahverengi yumurtalarda renk uterus hücrelerince sentezlenen porfirin adlı pigment ile sağlanır. Bu pigment bütün kabuğa homojen olarak yayılır.

Uterusta en son olarak, yumurta kütikül adı verilen glukoprotein yapısındaki bir tabak ile kaplanır. Kütikül tabakası ile kaplanması işlemi yumurtanın dışarı bırakılmasından yarım saat kadar önce olur. Kütikül tüm yumurta yüzeyini porlar da dahil olmak üzere bir sır tabakası ile kaplar. Böylece yumurtaya daha sonraları mikroorganizma girişi engellenmiş olur. Kütikül tabakasına rağmen yumurta kabuğundan gaz girişi çıkışı devam eder.

Yumurta kabuğu oluşumu için kalsiyum ihtiyacı üzerinde yapılan çalışmalar yumurta üretimi başlangıcı için kan kalsiyum seviyesinde artan östrojenin etkilerini göstermiştir; yumurta kabuğu oluşumu için kalsiyum karbonat etkisi karbonat bölümünü karşılamakta ve karbonik anhidrazdan etkilenmektedir.

Piliç cinsel olgunluk döneminde androjenler ile sinerjistik olarak olgunlaşan yumurtalıktan östrojen ulaştığında, özellikle iskeletin uzun kemiklerinde de, kemik iliği boşluğunda medüller kemik oluşumunu tetikler. Bu kemik oluşumu ilk yumurta kalsifiye olması nedeniyle femur iliği boşluğunun hemen hemen tümünü kaplar. Yumurta kabuğu oluşum süreci (Candlish, 1971) sırasında medüller kemikler kalsiyum rezervi olarak görev alır.

Pelanger ve Taylor (1967) medüller kemik reabsorbsiyonunun (kemik erimesi), yumurta kabuğu kalsifikasyonu sırasında genişlemiş osteositlerin etkisi altında olduğunu gözlemlemiştir. Bir tavuk yetersiz kalsiyum alma ve genel bir negatif kalsiyum dengesinde olduğu koşullar altında ise bu süre boyunca, paratiroid hormonunun salgılanmasının oranı önemli ölçüde artmıştır. Bunun sonucu olarak, kan kalsiyum seviyesini muhafaza yardımcı olan kortikal kemik kalsiyumun mobilizasyonunu sağlar. Akut kalsiyum eksikliği yumurta üretiminin durdurulmasına sebep olur ve medüller kemik yavaş yavaş kalsiyum gerektiren hayati fonksiyonlarını korumak için muhtemelen rezorbe eder. Yumurta kabuğu oluşumunda söz konusu faktörlerin mükemmel bir incelemesi Antillon (1976) tarafından sunulmuştur.

Kabuğun oluşumu için karbonat. Kandaki elektrolit dengesini oluşturan katyon ve anyonlar tüm hayvanlarda homeostazi için kesinlikle gereklidir. Kan plazması içindeki katyonlar, sodyum ve kalsiyum; potasyum, magnezyum esas olarak alyuvar içinde bulunurlar. Anyonlar klor, bikarbonat ve fosfattır. Amino asitler ve proteinler, amfoterik olmak için, protein ve amino asitlerde amino gruplarının karboksile oranına bağlı olarak katyon ya da anyon olarak da görev yapabilir. Bu temel elektrolitler, amino asitler ve proteinlerin tüm vücut hücrelerinin normal işleyişi için uygun kan ve asit-baz dengesini korur. Ayrıca, kabuk oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Kanda katyonları ve anyonların arasındaki ilişkiler herhangi bir faktör nedeni ile değişebilir, böylece bikarbonat seviyesi, kabuğunun kireçlenmesi için kabuk bezinde kullanılabilir karbonat iyonu miktarı ya azaltmakta ya da artırmaktadır.

Maksimum kabuk kalitesi için sodyum gereksiniminin en az %0.1 olduğu bulunmuştur. Mongin de rasyonda protein düzeyinin biraz gereksinimin üzerinde olduğunda böbrekler yoluyla atılımı için potasyum miktarının yükselip ürik asit üretimini artırabilir olduğunu öne sürmüştür. Bu potasyum kaybı asidoza ve buna bağlı olarak düşük yumurta kabuğu kalitesine neden olabilir, rasyonda potasyum miktarı artırılarak önlenabilir. Birçok

araştırmacı yumurtacı tavukların sodyum bikarbonat ile beslenerek kan bikarbonat içeriğini artırmak için çalışmışlardır. Rasyonda klor yüksek olduğu sürece, klor iyonu kandaki temel anyon olarak kullanılacaktır ve bikarbonat klor çok az miktarda artacaktır (Mongin). Minimum gereklilik ile rasyonda klorda bir azalma, bu nedenle böbreklerin bikarbonat emilimini artırarak kabuk niteliğini geliştirir ve kanda böylece daha yüksek bir seviyede bikarbonat gözlenir. Mongin %0.2 seviyesindeki sodyum klorün, yumurta üretimi için yeterli klor seviyesini sağlayacağını belirtmektedir. Bu koşullar altında %0.1 sodyum sülfat ilave edilebilir, aynı zamanda sülfür amino asit gereksinimi ayıracak olabilen, sülfatın temin kaynağı da olabilir. Ciper (1980), ¹⁴C yerleştirilmiş yumurta kabuğunun karbonat kısmına ¹⁴C-etiketli bikarbonat, glikoz veya asetat enjekte edilmiş tavuklar için benzer sonuçlar bulunmuştur. Bu, tavuk gövdesinin glikoz ve asetattan yeterli sayıda karbonat iyonu üretme yeteneğine sahip olduğunu; ilaveten bikarbonat iyonları temin etmeye gerek olmadığını desteklemektedir.

Yumurtacı tavukların rasyonuna askorbik asit ilavesi yumurta üretimini ve yumurta kalitesini artırdığı bildirilmiştir. Askorbik asidin olası yararlı etkileri dünyada sayısız laboratuvarlarda incelenmiştir. Bazı laboratuvarlar hiçbir gelişme bildirmemiştir. Thornton ve Deeb (1961) yumurtacı tavukların fizyolojik ihtiyaçlarını karşılamak için böbreklerde sentezlenen askorbik asit düzeyleri optimum çevre sıcaklığına ihtiyaç duyar, ancak çevre sıcaklığının 21°C ile 31°C'ye artmasıyla kandaki askorbik asit düzeyinin azaldığı bulunmuştur. Kan askorbik asitindeki azalma, endojen depolarının tükenmesine (adrenal askorbik asit, vd.) ve aynı zamanda böbreklerin vitamin C sentezini azaltmasına bağlı olduğu varsayılmıştır.

Rasyona askorbik asit ilavesiyle (44mg/kg) çevre sıcaklığı artıkça vücut sıcaklığındaki artış önlenmiştir (Lyle ve Moreng, 1968). Tavukların vücut ısısının normalin üzerine yükseldiğinde kabuk kalınlığının azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma, vücut ısısındaki artışın askorbik asit artışını önlemesiyle korunabilmektedir.

Yumurta kabuğu oluşumu için kalsiyum. Tüm yumurtlama dönemi rasyonlarında %3,5-4,0 kalsiyum alan tavuklar, alınan kalsiyumun sadece yaklaşık %50'sini korudukları bulunmuştur (Griminger, 1961). Günlük kalsiyumunu 3.6 gram olarak alan bir tavuk yaklaşık 18 saat boyunca kalsiyumun 1.8 gram ya da 1800 mg'ını korur. Böylece tavuk bir saatte kalsiyumun yaklaşık 100 mg'ını korumuş olur. Bu kalsiyum emilimi yumurtanın rahim içinde saatte 100 mg'dan fazla olduğunu gösteren çalışmalar tarafından desteklenmektedir, ancak yumurta kabuğu oluştuğunda bu değerler çok daha düşüktür (Hurwitz ve Bar, 1965, 1969).

Normal büyüklükte bir yumurta yaklaşık 2.0-2.2 gram kalsiyum içerdiğinden, bir

tavuk rasyondan toplam kalsiyumu alır, rasyonda kalsiyum olmasa bile kemiklerden yaklaşık 0.2-0.4 gram kalsiyumu gece boyunca yumurta hala kalsifiye edilirken temin edilebilir. 24 saat boyunca saatte 100 mg oranında kalsiyum absorpsiyonu, tavuk 2.4 gram kalsiyumu tutmak zorundadır, iyi bir yumurta kabuğu için gerekli olan miktar 2.0-2.2 gramdan biraz fazladır.

Kalsiyum kaynakları. Yonca unu dışında bitki kökenli yemlerin çoğu kalsiyum açısından düşüktür. Böylece balık unu, et ve kemik artıkları, kemik unu, kalsiyum fosfat takviyeleri, kireçtaşı ve istiridye kabukları tavuk beslemesinde kalsiyum ihtiyaçlarını karşılamak için ana yem materyalleridir. **Ross (1974)** ezilmiş mercanın yumurtlayan tavuklar için yeterli kalsiyum kaynağı olarak kullanılabildiğini bildirmiştir.

İstiridye kabuğu ile deneyler. Kalsiyum takviyesi olarak öğütülmüş kireçtaşı etkileri, öğütülmüş kireçtaşı ve ek kalsiyum kaynağı olarak istiridye kabuğu veya kalsit kum çeşitli kombinasyonlar ile karşılaştırılmıştır. Tüm deneylerde yüksek verimli tavuklar (Babcock) kullanılmış; toplam kalsiyum %3.5 arasında tutulmuştur. İstiridye kabuğu kalsiyum takviyesi olarak 2/3 veya 1/2 oranında katıldığında, istiridye kabuğu ile beslenen tavukların yumurtalarında kırılma mukavemeti sadece öğütülmüş kireçtaşı alanlara göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Kalsiyum karbonat parçaları gece boyunca taşlıkta kalabilmesi için yeterince büyük ve zor parçalanabilir olmalıdır. Mide asidinin onları çözündürmesi için yeterince yumuşak ve yeterince büyük yüzeyleri olmalıdır ki kan dolaşımına saatte yaklaşık 75 mg serbest kalsiyum iyonu bırakılabilsin. Kabuk kalitesi üzerine istiridye kabuğu ile beslemenin yararlı etkisi Roland ve ark (1971); Miller ve Sunde (1975), Mart ve Amin (1981) ve diğerleri tarafından da onaylanmıştır.

Ek kalsiyum kaynağı olarak istiridye kabuğu, kalsit kum ve toz yumurta kabuğu karşılaştırılması. Meyer, Scott ve Baker (1973) tarafından yapılan bir deneyde toplam kalsiyumu sağlayan %3.0 düzeyinde istiridye kabuğu kullanımının, tamamlayıcı kalsiyum kaynağı olarak kalsit zımpara veya toz yumurta kabuğu kullanımından daha iyi olduğu gösterilmiştir. Ancak, kalsit kum ve toz yumurta kabuğu kullanıldığında, yalnızca öğütülmüş kireçtaşı kullanımından daha güçlü kabuk üretimine sebep olmuştur.

İstiridye kabuğunun optimum besleme düzeyi. Ousterhout (1980) kalsiyum karbonatın tek kaynağı olarak toprak kireç taşı %2.75, 3.75 ve 4.75 oranlarında beslenme rasyonlarına katarak, yumurta üretiminde %3,75 Ca ilavesinin daha verimli olduğu, ancak yumurta ağırlığı için rasyondaki kalsiyumun her %1 artışı ile yaklaşık 0.4 g düşüş olduğu gözlenmiştir. Yem tüketimi üzerine rasyonda yüksek oranda toz haline getirilmiş kalsiyum karbonat kullanımının

yan etkileri açısından, yumurtlama döngüsü boyunca rasyonda istiridye kabuğu kullanılması önerilmiştir. Genç tavuklarda yeterli yumurta kabuğu kalitesi için gerekli olmasa bile, başlangıç yumurta ağırlıklarını üst düzeye çıkarmak için yardımcı olabilir.

%4 istiridye kabuğunun minimum seviyede otomatik besleme ekipmanı ile birlikte kullanımında, kabuk tam bir döngü yapar ve besleme hunisine geri döner. Böylece %3.5 istiridye kabuğu ile %4 toz haline getirilmiş kireçtaşı kullanımı (toplam kalsiyumun yaklaşık %3.5) günlük 24 saat boyunca maksimum kalsiyum emilimini garantilemiş olur.

Büyüme için gereksinimler. Büyüyen civcivlerde optimum vücut büyümesi ve kemiklerin kalsifikasyonu, yaklaşık 0.6 ile 1.2 (yaklaşık %0,5 alınabilir fosfor düzeyi) arasında değişen kalsiyum düzeyleri ile oluşur. Ulusal Araştırma Konseyi tarafından önerilen %1 kalsiyum seviyesi iyi bir seviyedir. Çünkü hayvan beslemede rasyonlarında kullanılan kemik içeriğinin varyasyonları ve homojen karıştırma ve öğütülmüş kireçtaşı ve diğer ince malzemelerin dağıtımındaki güçlükler nedeniyle, tavuklar için pratikte rasyonun kalsiyum içeriği \pm %20 gibi hesaplanan bir değer kadar değişebilir.

Embriyonun kalsiyum metabolizması. Embriyonun kalsiyum dengesini D vitamini sayesinde endokrin sistem tarafından düzenlenir. Erken embriyo kalsiyumunu yolk kesesi membranının endodermal hücreleri tarafından yolk granüllerindeki fosfitinden karşılar. İnkübasyon ilerledikçe, gelişmekte olan embriyo iskelet gelişimi için kalsiyuma daha fazla ihtiyaç duyar. Bu zamanda, korioallantoik membran kabuk zarına bağlanır ve kabuk zarındaki CaCO_3 harekete geçer. Kabuk kalsiyumu, korioallantoik membran villuslerinde bulunan karbonik anhidraz enzimi tarafından üretilen karbonik asit ile çözülür. Kabuk membranı yüzeyinden kalsiyum iyonize olur ve kana taşınması için korioallantoik membranın kılcal yüzeyinde kalsiyum bağlayıcı protein tarafından tutulur. Embriyogenezin sonuna doğru, acil ihtiyaçları aşan kalsiyum, kabuktan mobilize olur ve daha sonra takip eden kuluçkadan çıkmada kullanılmak üzere yumurta sarısına (yolk) geri aktarılır. Güvercinler ve Sarı başlı Karataavuk gibi altricial türler, gelişim sırasında precocial türlerine göre daha yavaş bir hızla kabuk kalsiyumunu harekete geçirmeye başlar. Kuluçkadan çıkışta, bu altricial türler precocial türlerden daha az mineralize edilmiş kemiğe sahip olurlar (Hart ve diğerleri, 1992; Packard, 1994; Richards ve Packard, 1996; Packard ve Packard, 1991).

Gereklilik. Kemik ya da kabuğun mineralizasyonu ve dayanıklılığını maksimize etmek için gerekli kalsiyum miktarı, diğer fonksiyonlar için gerekli olan kalsiyumdan daha fazladır ve tipik olarak ihtiyaç ayarlanmasında kriter olarak kullanılır. İhtiyaç düzeyleri doğrultusunda, tüm kalsiyum tüketiminin CaCO_3 'ın biyolojik kullanılabilirliği ile benzer olduğu farz edilir.

Onarım. Kalsiyum ihtiyacının onarımı için, her gün endojen kaynaklardan küçük miktarlarda

kalsiyum kaybının yerine konması gereklidir. Endojen kaybının çoğunu fekes ve idrar oluşturur. Bu yollarla meydana gelen kayıplar, özellikle rasyonun fosfor düzeyine ve asitliğine bağlıdır. Kuşlar için kalsiyum ihtiyaçlarının onarımı, genel olarak bilinmemekle birlikte yetişkin tavuklarda rasyonda %0.2'den az ve eğer fosfor seviyeleri %0.02'den düşükse söz konusu olabilir. Rasyon kaynaklı kalsiyum eksiklikleri genellikle %0.1 kalsiyum içeren tohumları tüketen granivorlarda gözlenmez çünkü bu tohumların fosfor düzeyleri zaten düşüktür (Norris ve ark., 1972; Rowland ve ark., 1973; Wilson ve ark, 1969).

Gelişim. Büyüme için gerekli kalsiyum miktarı, minimum rasyon seviyesi için kemik külü ve kemik kırılma kuvveti gibi deneysel yöntemleri ile belirlenmiştir. Kısmi büyüme oranının en yüksek olduğu ve yetişkin vücut ağırlığı azaldığında gereksinim en yüksek olmaktadır (NRC, 1994). Örneğin, hindi palazlarında ilk ayda %1.2 kalsiyuma ihtiyaç duyarken, altıncı aylarında gereksinimleri %0.55'e düşer (Tablo 3). Altricial kuşların yavrularının iskelet büyüme oranı precocial kuşlarıkinden önemli ölçüde daha hızlı olduğu bilinir ancak gereksinimleri daha araştırılmamıştır. Muhtemelen, kuluçka döneminde iskeletin düşük kalsifikasyon ve hızlı büyüme oranı kombinasyonu nedeniyle, altricial türler precocial türlerden daha fazla gereksinime ihtiyaç duyarlar. Çoğu altricial granivorlar ve insectivorların doğal besinleri iskelet gelişimi için yetersiz kalsiyum içerir. Ebeveynler genellikle yumuşakça kabuğu, yumurta kabuğu ve kemik parçaları gibi yüksek kalsiyum kaynakları ile kendi yavrularını beslerler (Graveland ve Van Gijzen, 1994).

Tablo 3. Kanatlıların rasyondaki kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) gereksinimleri (Özellik belirtilmedikçe NRC, 1994).

Türler	Kalsiyum (%)	Fosfor* (%)	Oran (Ca/P)
<i>Halka-boyunlu sülün</i>			
0-4 haftalık	1.0	0.55	1.8
4-8 haftalık	0.85	0.5	1.7
9-17 haftalık	0.53	0.45	1.2
Yumurtlayan	2.5	0.40	6.3
<i>Japon bıldırcınları</i>			
Büyüyen	0.8	0.3	2.7
Yumurtlayan	2.5	0.35	7.1
<i>Moskova Ördeği^t</i>			
3-8 haftalık	0.84	0.4	2.1
8-12 haftalık	0.43	0.26	1.7
<i>Beyaz Pekin Ördeği</i>			
0-2 haftalık	0.65	0.4	1.6
2-7 haftalık	0.6	0.3	2.0
Yumurtlayan	2.75	-	
<i>Hindi</i>			
0-4 haftalık	1.2	0.6	2.0
4-8 haftalık	1.0	0.5	2.0
8-12 haftalık	0.85	0.42	2.0
12-16 haftalık	0.75	0.38	2.0
16-20 haftalık	0.65	0.32	2.0
20-24 haftalık	0.55	0.28	2.0
Yumurtlayan	2.25	0.4	5.6
<i>Tavuk</i>			
0-3 haftalık	1.0	0.45	2.2
3-6 haftalık	0.9	0.35	2.6
6-8 haftalık	0.8	0.3	2.7
Yumurtlayan, hergün	3.25	0.25	13.0
Yumurtlayan, güneşir [±]	1.88	0.25	7.5

*Fitat olmayan fosfor.

^t Leclercq ve ark. Gelen (1990) ve kemik özellikleri optimize etmek için gerekli seviyeleri dayalı.

[±]% 0,5 bir onarım kalsiyum gereksinimine göre hesaplanır.

Yumurtacı tavukların kalsiyum gereksinimleri. Bugünün yüksek verimli yumurtacı tavukları, mevcut pazarlama koşullarında güçlü yumurta kabuğu üretebilmeleri için yeterli miktarda kalsiyum tüketmeleri gerekir.

Tablo 4. Üretiminin farklı aşamalarında rasyonda gerekli kalsiyumun mutlak seviyeleri.

<i>Rasyondaki günlük kalsiyum ihtiyacı</i>		
<i>Üretim</i>	<i>22-40 haftalık</i>	<i>40 haftadan sonra</i>
<i>%</i>	<i>gr</i>	<i>gr</i>
100	3.3	3.7
90	3.0	3.3
80	2.7	3.0
70	2.3	2.6

Başlangıç yumurtası sadece 45 gram ağırlığında olup sadece yaklaşık 1,5 gram kalsiyum içerir ve yaklaşık 40 haftalık yaşta yaklaşık 56 grama ulaşması ve 2 gram kalsiyum içermesi beklenir. Yaklaşık 40 haftalık yaşta genç bir tavuğun yumurta kabuğu oluşumu için kalsiyum kullanımında %60 etkili olduğu düşünülürse, tavuğun %100 yumurta üretimi için günlük alınması gereken kalsiyumunun 3.3 gram olması gerekmektedir.

Tavukların yumurta yumurtlamadığı sürede sonraki yumurta üretimi için kullanmak üzere kemiklerinde kalsiyum biriktirirler. Kalsiyum gereksinimi yumurta üretimi ile orantılıdır, yumurta üretimi azaldıkça kalsiyum gereksinimi de azalmaktadır.

Yem tüketimi ile kalsiyum gereksiniminin ilişkisi. 22 ve 40 haftalık yaştaki piliçlerin %3.3 kalsiyum ihtiyacı, 40 haftalık yaştan sonra olgun tavuklar için önerilen %3.7 kalsiyum seviyesi ele alındığında, rasyonun enerji içeriği ve çevre koşullarına bağlı olarak tavukların günlük tavuk başına tüketimi yaklaşık 100 gramdır. Yemin enerji içeriği ve çevre koşullarının yem tüketiminde günlük tavuk başına 100 gram olarak kalsiyum gereksiniminin ayarlanması Tablo 5'te belirtilmiştir.

Tablo 5. Farklı yem tüketim oranlarında 22-40 haftalık yaş ve 40 haftalık yaştan sonra kalsiyum ihtiyaçları

<i>Günlük tavuk başına yemleme</i>	<i>Kalsiyum ihtiyacı</i>	
	<i>22-40 haftalık yaş</i>	<i>40 haftalık yaştan sonra</i>
<i>g</i>	<i>rasyonun %</i>	<i>rasyonun %</i>
80	4.1	4.6
90	3.7	4.1
100	3.3	3.7
110	3.0	3.4
120	2.8	3.1
130	2.6	2.9
140	2.4	2.7

Kalsiyum-fosfor oranı. Rasyonda kalsiyum ve fosfor emilimi, metabolizma ve boşaltım sırasında etkileşir. Kemikte kalsiyum-fosfor oranı 2:1 'den biraz daha fazladır ve kısa zaman içinde değişmektedir. Bu oran, kümes hayvanlarının rasyonları için optimal olarak kabul

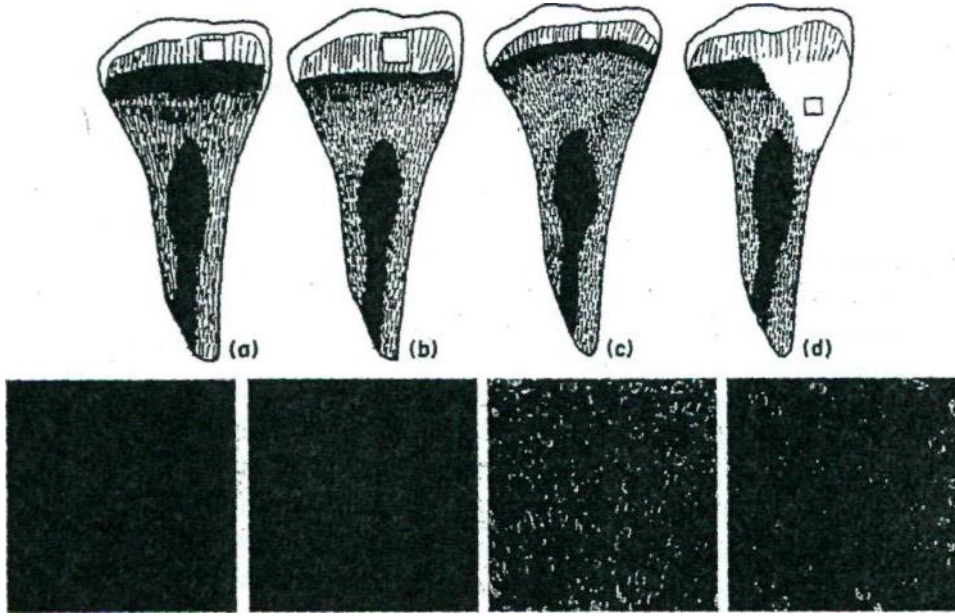
edilir, fakat 1.4:1 ve 4:1 arasındaki oranı (Shafey, 1993) vitamin D yeterli ise iyi tolere edilir. Etçil memeliler genellikle düşük oranlarda tolere edebilir ve otçul memeliler yüksek oranlarda tolere edebilir, fakat kanatlılar için benzer olarak karşılaştırmalı bir bilgi bilinmemektedir.

Eksiklik belirtileri. Kalsiyum eksikliği belirtileri büyüme (a) büyümede yavaşlama, (b) yem tüketiminde azalış, (c) yüksek bazal metabolizma hızı, (d) aktivite ve duyarlılıkta azalış (e) osteoporoz veya düşük kalsiyum raşitizm, (f) anormal duruş ve yürüme, (g) iç kanama (h) idrar hacminde artış (i) yaşam süresinde azalış (j) ince yumurta kabuğu ve azalmış yumurta üretimi ve (k) tetaniye yatkınlık. Kimyasal değişiklikler serum kalsiyum konsantrasyonunun hızlıca azalmasına ve tüm karkasın Ca ve Mg içeriğinin de azalmasına neden olur. Serum inorganik P, Mg, fosfataz, eritrosit Mg, kan şekeri, hemoglobin içeriği ve yumuşak doku Ca'u değişmez. Yetersiz beslenen hayvanların kemiklerinde belirgin demineralize vardır; kül ve Ca içerikleri normale göre yarıya indirgenir.

Eksikliğinde. Kalsiyum eksikliği kalsiyumca düşük bir rasyon düzeyine veya rasyondaki aşırı fosfor nedeniyle oluşabilir. Yetersiz D vitamini, kalsiyum emilimine zarar verir ve kemik oluşumu ile ikincil bir kalsiyum eksikliğine neden olabilir.

Kalsiyumca yetersiz rasyon tüketen yetişkin kuşlar kemiklerinde depo edilenden daha hızlı oranda depolarını tüketirler. Kemik, sonunda zayıf ve gözenekli bir hale gelir. Kemik külü ve kalsiyum içeriği normalin yarısından daha az hale gelir ve iştah baskılanır. Uzun kemikler kuşun ağırlığına göre deforme olabilir ya da kırılabilir, kaslar çekilebilir ya da hareketten dolayı strese girebilirler. Yumurtlayan dişilerde kalsiyumca eksik rasyon tüketimi nedeniyle kortikal kemik incilmesi, osteoporoz gibi durumlara rastlanır. Tavuklarda bu durum kafes yorgunluğu diye adlandırılır. Özellikle çok aktif olmayan bireylerde daha yaygındır (ör., kafes kuşlar) ve bacakların uzun kemiklerinde daha şiddetli olarak gözlenir. Dişilerde, azalmış yumurta kabuğu kalsifikasyonu temel kalsiyum eksikliği sonuçlarındandır ve daha şiddetli eksikliklerde bıraktıkları yumurta sayısında azalma olur. Yumurta üretimi sırasında kortikal kemikte tükenmiş olan kalsiyum, eğer yeterli düzeye gelirse bir ya da iki hafta yumurtlamanın kesilmesini takiben kısa bir süre içinde tekrar dolabilir.

Büyüyen civcivlerde, kalsiyum eksikliği raşitizm, diskondroplazi, topallık, genişlemiş ağırlı eklem ve yanlış şekillenmiş kemikler dahil iskelet anomalilerine neden olur. Uzun kemiklerin epifiz plakası genişlemiş ve kalsiyumca yetersiz olabilir (Şekil 4).



Şekil 4. 4 haftalık civcivlerde histolojik bölümden büyüme plağı ve tibiotarsus proksimal ucunun morfolojisi (265 x). (a) Normal kemik ve kondrosit. (b) Raşitizm; tipik bir kalsiyum veya D vitamini eksikliği, büyüme plağı ve düzensiz proliferen kondrosit genişliğinde artış. (c) manganez eksikliği tipik kondrodermal; dar büyüme plağı ve kondrositleri çevreleyen hücre dışı matriks eksikliğine dikkat. (d) Tibial Diskondroplazi, olduğunda büyüme plakası çok geniş ve kondrosit içeriği yoğunlaşmıştır. Bakır eksikliği veya elektrolit dengesizliği veya kalsiyum ve fosforun uygun olmayan bir eksikliği bu durumu tetikleyebilir ya da genetik nedenleri alevlendirebilir. (Leach ve Gay, 1987 izni ile kullanılmıştır.)

Kemiksiz organlar veya kaslardan oluşan bir rasyon tüketen etobur ve piscivorlarda genellikle kalsiyum eksikliği gelişir. Yumuşak dokularda yüksek konsantrasyonlarda fosfor bulunması nedeniyle düşük kalsiyumla (<%0.1) beslenmiş olan yetişkinlerde eksiklik gelişebilir.

Fosfor kalsiyum oranının aşırı düşük olması hızla kemik depolarının tükenmesine sebep olur. Insectivorlar veya granivorlar sırasıyla, böcek veya tohumlar ile kalsiyumun ek bir formu olmadan beslenirler ve aynı nedenle kalsiyum eksikliği onlarda da gelişir. Örneğin, 1:37 kalsiyum-fosfor oranı içeren ticari kuş yemi tüketen Muhabbet kuşları ek kalsiyum verilene kadar, hızla kalsiyum eksikliği belirtileri gösterirler (örneğin, kemik mürekkep balığı). Her durumda eksiklik sendromu beslenme sekonder hiperparatiroidi olarak adlandırılır, paratiroidin hipertrofisi ve paratiroid hormonunun dolaşımında yüksek seviyelerde olması beslenmeye bağlı hipokalsemiyi meydana getirir. Kalsiyum eksikliğinin daha gelişmiş aşamaları sonucu, büyük kas gruplarının krampları söz konusudur. Lokal kas spazmlarına tetanik grand mal nöbeti bazen de 'kriz' denir. Eksikliğin bu aşamasında, intravenöz kalsiyum iyileşme için gereklidir (Arnold ve ark., 1973; Randall, 1981; Goodman, 1996; Wallach ve Fleig, 1970).

Büyüyen civcivler ve özellikle yumurtlayan dişilerde kalsiyuma özel bir iştah vardır. Kalsiyum düzeyi hariç gereksinimce aynı olan iki besin arasında bir tercih hakkı olsa, kalsiyumca eksik besini değil kalsiyumun yeterli olduğu besini seçecektir. Kümes hayvanları ve vahşi kuşlar yumurtlamak için, yumuşakça kabukları veya kireçtaşı gibi yüksek kalsiyum kaynaklarını seçtikleri gözlenmiştir. Aslında, kalsiyumca zengin maddeler, özellikle yumurta kabuğu oluşturulduğu gün tercih edilmektedir. Örneğin, kafesli Zebra ispinozları yumurtalarını bıraktığı günlerde mürekkepbalığı kemiği tüketimini üç kat artırır. Tavuklarda yumurtlama ihtiyaçlarını karşılamak üzere besinde enerji tüketimini artırır (Houston ve ark, 1995; Gilbert, 1983).

Kalsiyum eksiklikleri vahşi kuş popülasyonlarında bazen üreme başarısına önemli sınırlamalar getirir. Örneğin, asit yağmurları topraktaki kalsiyum seviyesini ve yararlanabilirliği azaltmaktadır. Bu nedenle Avrupa'da bazı ormanlarda bitkilerdeki kalsiyum içeriği azalmış, eklembacaklılar ve salyangoz bolluğunda da bir düşüş görülmüştür. Büyük Baştankaralar gibi bu kalsiyum kaynaklarına ihtiyaç duyan türler, kalitesiz kabuklu yumurta bırakmak zorunda kalır ve aşırı buharlaşma nedeniyle de embriyolar kurumaktadır (Gravelan, 1996; Drent ve Woldendorp, 1989).

Kalsiyum eksikliğinin diğer bir örneği de Güney Afrika'da bulunan yabani kanatlılardır. Pelerinli kızıl akbaba popülasyonu ağırlıklı olarak hayvancılık yapılan arazilerde büyük yırtıcılardan yoksun alanlarda hayvan leşlerinin yumuşak dokularına kolayca erişebilmekte, ama kemikler yuvalarına taşımak için çok büyük olduğundan yavrularında hızla gelişen raşitizm ve diğer kemik problemleri gözlenmiştir. Yaban hayatta akbaba popülasyonu sırtlanların öldürdükleri küçük hayvanların kemik parçalarına ulaşabilmektedir. Küçük kemik parçalarını kursaklarında depolayarak yuvalarına ulaştırır ve onları geri kusarak yavrularını beslerler. Bu şekilde beslenme normal kemik büyümesi ile sonuçlanmıştır. Hayvancılık yapılan bölgelerde pelerinli akbabalara elle ezilmiş kemiklerden oluşan 'kemik restoranlar' sağlanması, sonunda eksikliğin giderilmesine ve nüfuslarının artmasına neden olmuştur (Richardson ve diğerleri, 1986).

Toksiste. Kalsiyum içeren besin seviyeleri aşırı olduğunda, emilimi azalır ve çoğu kalsiyum da dışkıyla atılır. Uzun süreli rasyondaki aşırılık, hiperkalsemi, raşitizm ve guta sebep olan iç organlarda kalsiyum üratlarının çökmesine yol açar ve böbreklerde çökme de nefroza neden olabilir. Kalsiyum alımının aşırı miktarda olması ikincil eksikliğe sebep olan, fosfor, magnezyum, manganez ve çinko gibi diğer minerallerin de sindirimini etkiler. Bu minerallerin rasyonda yüksek düzeylerde bulunması kalsiyum toksisitesini azaltır.

Gruplandırılan tavuklarda, %1.5'dan fazla kalsiyum seviyesi, genellikle aşırı olarak kabul edilir. Fosfor için kalsiyum oranı optimal oranda muhafaza edildiğinde daha yüksek düzeylerde tolere edilebilir (Shafey, 1993). Kalsiyum toksisite kumes hayvanları, su kuşları ve av kuşları gibi tutsak kuşlar için meydana gelebilir, yetiştiricilikte dişilere formüle edilmiş (%2-4 kalsiyum,%0.3 fosfor) rasyonlar ile genç piliçler de beslenir. Damızlık ve civciv başlangıç rasyonlarının ayrı olması mutlak bir gerekliliktir. Ancak, yüksek kalsiyumlu damızlık rasyonlar genelde fosfor seviyesinin yeterli olduğundan, özellikle yetişkin erkekler tarafından iyi tolere edilir. Birçok kafes kuşları (örneğin, psittasinler, ispinoz) için bir rasyonda yeterli, ancak aşırı olmadan kalsiyum kolayca dişileri besleme ve yavru üretimi için de formüle edilebilir.

Rasyonları desteklemek için kullanılan bazı kalsiyum kaynakları diğer minerallerin toksik seviyelerini ortaya çıkarır. Örneğin, dolomitik kireçtaşı magnezyum için toksik etkiye sahiptir ve kalsiyum fosfat kaynakları, vanadyum ya da florid için toksisiteye sahip olabilir (Stillmak ve Sunde, 1971; Scott ve diğerleri, 1982).

Rasyonda kalsiyum kaynakları. Kalsiyum genellikle tahıllarda düşük (kuru madde %0,02-0,10) ve böceklerde (%0,01-0,4) ve bitkilerin vejetatif kısımlarında nispeten daha yüksektir (Tablo 6). Yonca ve yonca kuru madde %1,2-1,8 kalsiyum içerebilir. Tüm omurgalı yırtıcıların yüksek kalsiyum düzeyleri (%1,5-5,0) bulunur ancak kemikler olmadan çok düşük seviyede (%0.02-0.1) kalsiyum içerirler. Kalsiyum biyolojik kullanılabilirlikleri: kalsiyum karbonat, %100; yonca, %88, kemik unu, %100; kalsiyum sülfat %90; dolomitik kireçtaşı, %66, kireçtaşı, %89, yumurta kabuğu, %100; deflorinat fosfat, %94, istiridye kabuğu, %100 (Soares, 1995).

Tablo 6. Bazı kanatlı besinlerinin kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) içeriği. *

Gıdalar	Kalsiyum (%)	Fosfor (%)	Oran (Ca/P)
Alfalfa yaprakları	1.96	0.30	6.53
Badem	0.25	0.53	0.46
Hamsi	0.41	0.51	0.80
Elma	0.13	0.12	1.08
Arpa	0.05	0.40	0.13
Fasulye, barbunya	0.12	0.45	0.27
Sığır eti, böğür	0.05	0.71	0.06
Kemik unu	29.80	12.50	2.38
Kalsiyum karbonat	38.00	0.00	> 100.00
Kalsiyum fosfat, dibazik	22.00	18.70	1.18
Kalsiyum fosfat, monobazik	16.00	21.00	0.76
Havuç	0.28	0.27	1.03
Tavuk, 7 günlük, tüm	2.21	2.06	1.07
Tavuk, et	0.03	0.69	0.04
Deniz tarağı, et	0.03	0.75	0.05
Yonca yaprakları	1.71	0.35	4.89
Mısır	0.02	0.31	0.06
Kriket	0.34	0.86	0.40
Solucan	0.20	1.00	0.20
Karides	0.30	1.40	0.21
İncir	0.16	0.10	1.64
Üzüm	0.06	0.04	1.33
Pisi balığı, et	0.05	0.74	0.06
Ringa balığı, tüm	2.40	0.95	2.52
Et ve kemik unu	8.99	4.46	2.02
Un kurdu	0.27	0.44	0.60
Tatarcık larvaları	0.50	1.30	0.38
Akdarı, inci	0.06	0.35	0.17
Yulaf	0.07	0.30	0.23
Portakal	0.29-	0.14	2.05
İstiridye, et	0.61	0.93	0.66
Fıstık, kabuklu	0.05	0.28	0.18
Rat, süttten kesilmiş, tam	2.50	1.68	1.49
Pirinç	0.09	0.09	1.00
Çavdar	0.07	0.36	0.19
Somon, coho, et	0.79	0.94	0.85
Sardalya, kemikleri ile	1.14	1.31	0.88
İpek böceği kelebeği, larvaları	0.21	0.54	0.39
Salyangoz (kabuk hariç)	4.20	0.90	4.67
Sorgum	0.05	0.34	0.15
Soya küspesi	0.23	0.73	0.32
İspanak	1.00	0.55	1.82
Kalamar	0.11	1.21	0.09
Ayçiçeği tohumları, soyulmamış	0.12	0.84	0.14
Buğday, sert kırmızı kışlık	0.06	0.42	0.14

* Kuru madde % olarak ifade edilmiştir.

FOSFOR

Bir kanatlı fosforun yaklaşık %85'ini kemikte bulundurur. Fosforun geri kalanı da nükleik asitler, ve ara metabolizmada önemli moleküllerin büyük bir parçası olarak, fosfolipidlerde bulunur. Yüksek enerjili fosfat bağları adenozin trifosfat (ATP) olarak ve metabolizma sırasında enerji transferinde kısa süreli enerji depolama olarak katılmaktadır. İnorganik fosfat (PO_4^{2-}) hücreleri kanda bulunur ve önemli bir tampon sistemi olarak hizmet vermektedir.

Emilim. İnce bağırsaktan fosfat absorpsiyonu pasif difüzyon yoluyla veya sodyum kotransport yoluyla enerji bağımlı bir işlem tarafından meydana gelebilir. Sodyum taşıma oranı 1,25-dihidroksi vitamin D₃ oranını artırır. 2:1 kalsiyum:fosfor oranı ile bir rasyon tüketen tavuk gruplarında, absorbe fosforun yaklaşık %20'sinin endojen salgılarında kaybolduğu tespit edilmiştir.

Rasyondaki fosforun inorganik ya da organik formları bulunabilir (Soares, 1995; Ravin-Dran ve diğerleri, 1995). Besinlerde en yaygın biçimde bulunan inorganik fosfor kolayca rasyondan emilir. Fosfolipidler, fosfoproteinler şeklinde organik fosfor olarak kolaylıkla sindirilir ve tüm organik fosforlar kanatlılar tarafından kullanılmaktadır. Fitik asit bileşeni olduğundan, bitkilerin tohumlarındaki fosforun yarısından daha azı kullanılmaktadır. Besinsel olarak kullanılmak üzere, fitik asit, fosforik asit ve tuzları ortofosfat üretmek için fitaz enzimi ile enzimatik hidroliz olmalıdır. Fitaz enzimi tavuk ve Japon Bildircinlarında küçük bağırsakta bulunur, ancak bunların etkinliğinde fitik asit fosforun tam kullanımına izin vermez. Kalsiyum gibi mineral ile kompleks yapabilen fitik asit, hidrolize özellikle dayanıklıdır. Bu nedenle, fitik asit bitki fosforunda mevcut olarak kabul edilir ve genellikle fitat olmayan olarak ifade edilir. Fitik asit içinde toplam fosfor oranı bilinmemektedir. Tipik bir tohum için %60-70 arasında bir değer olarak kullanılır. Bitkilerin yumru ve vejetatif kısımları genellikle düşük oranda fitik asit (<%25) içerir. Bu tür fitik asit Ca^{2+} , magnezyum (Mg^{2+}), potasyum (K^+), manganez, demir, çinko gibi katyonlar ile kompleksler oluşturarak, formları ve bunların yanı sıra durumunu da azaltır.

Rasyonda kalsiyum düzeyi yüksek ise bağırsakta çökelti oluşturarak fosfor emilimini azaltır. Kaya ve toprakta bulunan inorganik fosfor nispeten kullanılamaz. Örneğin, kalsiyum pirofosfat ve kalsiyum metafosfatlar tamamen kullanılamaz. Bununla birlikte, ısıtma işlemi ve hidratasyon mono-, di-, trikalsiyum fosfat ve bu kaya fosfatları neredeyse tamamen kullanılabilir fosfor haline getirilir. Kalsiyum fosfatın hidrate formları, önmide ve taşıyıcı asit ortamında daha çözünür olan ve susuz biçimleri daha fazla kullanılabilir. Çözünmüş kalsiyum fosfatlar tüketilen aynı kimyasal formda atılır (Rucker ve arkadaşları, 1968; Rao ve

arkadaşları, 1995; Gillis ve diğerleri, 1962).

Gereklilik. Kemik külü veya kemik kırılması direnci aşırı fosfor gereksinimi belirlemek için çalışmalarda bir yanıt ölçütü olarak kullanılır. Fosfor gereksiniminin en yüksek olduğu dönem civciv dönemidir ve iskelet büyüme düzelmesiyle birlikte gereksinim yavaş yavaş azalır. Rasyonun fosfor seviyesi yaklaşık %0.1, kalsiyum seviyesi %0.2 olduğunda tavuklar için yeterlidir.

Fosfor gereksinimi yumurta fosfor içeriği ile açıklanabilir ve yumurtlama sırasında daha büyük ölçüde artar. Kalsiyum için yüksek ihtiyaç duyulması yumurta kabuğu oluşumunda ve kemik sentezinde rol almasıdır. Clunies ve diğerleri, 1992; kemik fosfat (2.5:1) ile kalsiyum oranına göre kabuğu (20:01) karşılaştırdığında daha düşük fosfat kurtarılmış olduğunu ve daha fazla böbrek (Wideman, 1987) atılımı olduğunu gözlemlemiştir. Fosfor gereksinimindeki artış endojen kaybına neden olur. Herhangi bir yaşta kanatlıların fosfor gereksinimi yüksek kalsiyum düzeyleri veya D vitamini eksikliği ile artar.

D vitamini ve fosfor. Mekanizması henüz tam olarak bilinmemekle beraber, artık genel olarak D vitamininin aynı zamanda ince bağırsaktan fosfor emilimini de etkilediği bilinmektedir. Fosfor ayrıca D vitamini metabolitlerinin düzenlenmesinde yer alır. Hughes ve ark. (1975) $1\alpha,25-(OH)_2D_3$ serum konsantrasyonundaki değişiklikler kalsiyum veya fosforca düşük rasyonlarla beslenen sıçanlarda çalışmışlardır. Kalsiyum veya fosfordaki eksiklikler dolaşımdaki $1\alpha,25-(OH)_2D_3$ konsantrasyonunda 5-kat artışı ile sonuçlanmıştır. Kalsiyum eksikliğunun etkisi ya paratiroid bezinin ya da tiroidin (veya her ikisi) varlığına bağlı olarak paratiroid hormonunun gerekliliğini düşündürmektedir. Ancak, fosfor yetersizliği ile yanıt tiroid ve paratiroid bezlerinin yokluğunda oluşmuş ve yalnızca düşük serum fosfat konsantrasyonu sonucu ortaya çıkmıştır. Bu fosfat tükenmesi $1\alpha,25-(OH)_2D_3$ 'nin böbrek sentezini indükleyebildiğini gösterir.

Fosfor Durumu. Kaya fosfat gibi α - veya β -trikalsiyum fosfat olarak kullanılabilir formları yerli kaya fosfat haline dönüştürmek için ısıtma işlemi tabii olmadığı sürece toprakta mevcut inorganik fosfatlar insanlar ve hayvanlar için nispeten kullanılamaz. Gillis, Norris ve Heuser çeşitli kaynaklardan elde ettikleri fosforun civciv tarafından kullanımı ile ilgili olağanüstü bir çalışma yürütmüşlerdir. Yaptıkları çalışma sonuçları Tablo 7'de sunulan fosfat değerlendirmesi için, başkalarının raporları ile birlikte kullanılmıştır.

Tablo 7. İnorganik fosfatların karşılaştırmalı biyolojik değerleri

	Biyolojik değer*
<i>Reaktif dereceli ortofoşfatlar</i>	
Beta-trikalsiyum fosfat (susuz)	100
Dikalsiyum fosfat (sulu)	110
Dikalsiyum fosfat (susuz)	90
Monokalsiyum fosfat (sulu)	113
Potasyum fosfat tek bazlı (susuz)	109
Sodyum fosfat tek bazlı (sulu)	103
<i>Yem düzeyinde foşfatlar</i>	
Dikalsiyum fosfat	97
Ayrıca bazı monokalsiyum fosfat içeren dikalsiyum fosfatlar	105-110
<i>Deflorinat foşfatlar</i>	
Kalsine	94
Erimiş	82
Çöktürülmüş	99
<i>Ham kaya foşfatları</i>	
Curaçao Adası fosfatı	50-87
Tennessee kahverengi kaya	* *
Kolloidal fosfat	* *
Buharda kemik unu	90-100
Yabancı kemik unu	87
Karbonlaştırılan kemik	84
Kemik külü	89
<i>Pirofoşfatlar</i>	
α , β and γ kalsiyum pirofoşfatlar	0
<i>Asit pirofoşfatlar</i>	
Kalsiyum asit pirofoşfat	60
<i>Metafoşfatlar</i>	
Vitreus kalsiyum metafoşfat	45
Sodyum metafoşfat	2
Potasyum metafoşfat	0
Kalsiyum fitat	0

*Civcivlerde kemik kireçlenmesine dayalı değerler fosfat ile beta-trikalsiyum fosfat olarak karşılaştırılmış, her bir kaynağın değeri 100 olarak tayin edilmiştir.

**Saflaştırılmış rasyon oranı çok düşük. Pratik tip besleme ile aşağıdaki değerler elde edilmiştir: Tennessee kahverengi kaya 25, kolloidal fosfat 25, sodyum metafoşfat 28 (Gillis, Morris and Heuser, 1954).

Bu sonuçlar, en uygun fosfatların α -kalsiyum pirofoşfat, β -kalsiyum pirofoşfat, γ -kalsiyum pirofoşfat, β -kalsiyum metafoşfat, γ -kalsiyum metafoşfat, ve kalsiyum fitat olduğunu göstermektedir. Potasyum metafoşfatlar civcivler için tamamen kullanılamaz haldedir. Floru uzaklaştırmak için bir şekilde ısıtılmış kalsine kaya fosfat ya da eritilmiş kaya fosfatları değişmiş bir kristal yapıya (α - ya da β -trikalsiyum fosfat) sahip olduğu bulunmuş böylece fosforun eşdeğer bir durumu haşlanmış kemik ununda bulunmuştur.

Bu çalışmaların sonuçları %0.4 HCl içinde çözünmez fosfatın hayvanlara da kullanılamadığını ortaya çıkarmış ve α -, β - ve γ -kalsiyum pirofosfatlar ve alkali metafosfatların %0.4 HCl içinde yüksek çözünürlüğü olmasına rağmen biyolojik açıdan kullanılamaz olduğunu göstermiştir.

Fitin fosfor tüm basit-mideli hayvanlarda gastrointestinal sistemlerinde fitaz enzimi bulunmadığından dolayı kullanılamaz. Ruminantlar içinse fitin fosfor rumende mikroflora tarafından fazla miktarda üretilen fitaz nedeniyle kullanılabilir. Bitkilerde yaklaşık 1/3 fosfor olmayan fitin yapısında fosfor mevcut olduğu için tavuklar için kullanılabilir. Bir yemin kullanılabilir fosfor içeriği hesaplanmasında, inorganik takviyelerin ve hayvan yemlerinin fosfor içeriğinin %100 olduğu kabul edilir ve bitkilerden gelenlerin ise %30'un kullanılabilir olduğu varsayılır.

Rojas ve Scott (1969), pamuk tohumu küspesinin birkaç farklı tipinde metabolik enerji değerlerinin *Aspergillus ficcum*'dan elde edilen fitaz uygulaması ile düzeldiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, yemlerdeki fitinin neredeyse tamamının hidrolizi sadece civciv tarafından fosforun kullanılması için serbest bırakılmasını değil, aynı zamanda protein-fitat kompleksinden bazı serbest proteinleri kurtarmış ve kurutulmuş pamuk tohumu küspesinden gossypol toksisitesinin azalmasını da sağlamıştır. Fitinin fitaz ile hidrolizi, civcivlerin çinko gereksiniminde belirgin bir azalma olduğunu, rasyondaki mevcut çinkonun fitat tarafından çinko şelasyonu oluşturarak zararlı etkilerini aza indirir ve rasyondaki çinkonun yararlanılabilirliğini artırmayı sağlar. Fitaz ile uygulama yapıldığında, yüksek gossypol içerikli pamuk tohumu küspeleri de ilave demir sülfat ile rasyonda alındığında, hayvanların metabolik enerjilerinde artan bir gelişme gözlenmiştir.

Scott ve arkadaşlarının susuz dikalsiyum fosfat (CaHPO_4)'ın fosfor yararlanılabilirliğinin genç hindi palazlarında çok düşük olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda, sulu dikalsiyum fosfat ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)'ın tamamen yararlanılabilir olduğu Gillis ve arkadaşları tarafından da doğrulanmıştır. Soya küspesi ve diğer doğal yemlerde CaHPO_4 'da bulunan fosforun yararlanılabilirliğini artıran bir faktör içerir. Griffith, Young ve Scott fosfor kullanımı ile ilgili bilinmeyen faktör üzerine çalışmışlar ve fibröz kısmıyla ilişkili olduğunu ve soya küspesi ve diğer yem maddelerinde bulunan bilinmeyen bir büyüme faktörüne bağlı olduğunu göstermişlerdir. Bu, soya lifinin sadece $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 'dan daha az kolaylıkla çözünen CaHPO_4 'ı eritmek için etkili hidroklorik asit üretmesi için proventrikulusu uyardığını ortaya çıkarmıştır.

Yumurtacı tavukların fosfor gereksinimleri. Literatürde yumurtacı tavuklarda fosfor eksikliği olduğu ortaya çıkmıştır. Bu, yeterli yumurta üretimi ve kabuk gücünü korumak için

gerekli fosforun minimum seviyede tutulmasından kaynaklanmaktadır. Ulusal Araştırma Konseyi (1971) yumurta tavuğu için %0.6 fosfor düzeyi tavsiye etmesine ve bunun bir kısmının inorganik formda verilmesi gerektiğini belirtmesine rağmen, tavuk başlangıç yemi için inorganik fosfor gereksinimi için iyi tanımlanmış olmadığını öngörmüşlerdir. Hurwitz ve Griminger (1962) günlük 0.24 ve 0.36 gram fosfor alımı, üretim oranı %79 olan yumurta tavukları için fosfor dengesini korumak adına gerekli olduğu sonucuna varmışlardır. Edwards (1974) yumurtacı tavukların fosfor gereksinimi için mısır-soya fasulyesine dayalı rasyonlarda %0.45'i aşmamasını belirtmiştir. Garlich ve arkadaşları (1975) kısa bir süre için %0.39 ve %0.64 fosfor içeren rasyonla beslenen tavuklarda, yumurta üretiminde, kabuk mukavemeti ve yem tüketiminde bir fark bulamamışlardır. Yüksek verimli tavuklarda, Antillon (1976) kullanılabilir fosfor oranını %0.55'ten %0.26'ya düşürüldüğü zaman, yumurta üretimi kontrol rasyonu ile beslenen tavuklar kadar yüksek olduğunu ve tavukların yumurta kırılma mukavemeti %0.26 alınabilir fosfor alan grubun, %0.55 kullanılabilir fosforu almayanlarda bu ölçüde üstün olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan diğer çalışmaların sonuçları da %0.3 kullanılabilir fosfor ve %3.5 kalsiyum bir arada kullanıldığında, yumurta üretimi ve yumurta kabuğu kuvvetinde daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Ousterhout (1980) %0.35 alınabilir fosforu %0.45 ile karşılaştırdığında %0.35 alınabilir fosforun kullanımının üstün yumurta kabuk kalitesi verdiğini bulmuştur. Wilson ve arkadaşları (1980) %3.5 Ca ve %0.55 toplam fosfor ile kafeste yetiştirilen White Leghorn tavuklarında maksimum kuluçka randımanı verdiğini göstermiş; broiler damızlık tavukları için ise maksimum yumurta üretimi ve kuluçka randımanı için %2.25 Ca ile birlikte en fazla %0.41 toplam fosforun gerekli olduğunu bildirmişlerdir. %0.4 alınabilir fosfor ile beslenen kafeste yetiştirilen White Leghorn tavuklarında hiçbir hastalık belirtisi bildirilmemiştir. İklima, fosfor içeren maddelerin çeşitliliğine ve iskelet gelişim durumuna bağlı olarak gereksinimleri değişebilir, bir bakış açısına göre de tavsiye edilen fosfor gereksinimi ayarlamak için yaklaşık %30'un yeterli olduğu gösterilmiştir. Böylece %0.40 kullanılabilir fosfor gereksinimi kafeste yetiştirilen White Leghorn tavuklar için en uygun olarak görünmektedir. Alınabilir fosfor düzeyini sağlamak için, en pratik rasyonlar %0.5 ve %0.6 arasında toplam fosfor içermektedir. Yukarıda belirtildiği gibi, broiler yetiştiricileri kalsiyum ve fosfora daha düşük düzeyde gereksinim duyarlar.

Eksiklik. Genç büyüyen civcivlerde fosfor eksikliği ya da geniş bir kalsiyum-fosfor oranı; iştahsızlık, yavaş büyüme ve zayıf kemik mineralizasyon kaybına neden olur. Daha ciddi bir eksikliği raşitizm, halsizlik ve sonunda ölüme neden olabilir. Yumurtlayan dişilerde fosfor eksikliği, bazı türlerde yumurta üretimini bozabilir ve yem tüketimini azaltabilir. Kuzey

Bobwhite Bildircinında, fosforu eksik bir rasyonla beslendiğinde yumurta sayısının azaldığı gözlenmiştir. Fosfor eksikliği, düşük serum inorganik fosfor konsantrasyonu ile teşhis edilebilir.

Toksisite. Aşırı fosfor yüksek kalsiyum eksikliğine neden olabilir. Yumurtacı tavuklarda fazla fosfor, kalsiyum durumundan bağımsız yumurta kabuğunun incelmeye neden olur. İnorganik fosfatın fazlasının zararı gibi vanadyum, florit, demir ve kadmiyum gibi diğer minerallerin de potansiyel olarak toksik seviyeleri vardır (Sullivan ve Douglas, 1994; McDowell, 1992).

Rasyondaki fosfor kaynakları. Hayvansal kökenli tüm gıdalar yüksek oranda kullanılabilir fosfor için mükemmel kaynaklardır. Bitkinin vejetatif kısımları fosfor kaynağı olarak iyi olabilir ama tohum fosfor açısından eksiktir. Yüksek fosfor takviyesi ve bunların biyolojik kullanılabilirliği şöyledir: kemik unu, %94; çift bazlı kalsiyum fosfat (CaHPO_4), %85-100; monobazik kalsiyum fosfat ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), %90-100; deflorinat kaya fosfat, %70-96; fosforik asit, %128; balık unu, %100; et ve kemik unu, %100; kalsiyum metafosfat, %0; yonca unu, %77. Ticari kanatlı rasyonlarında, en pahalı mineral fosfordur. Ayrıca; yüksek düzeyde rasyonlara eklenmesi ile dereler, nehirler ve nehir ağızları fosfor atılımı ile kirlenmektedir. Bu sebeplerden dolayı, fosfor seviyeleri çoğunlukla en aza indirilir ve mikrobik kökenli fitaz enzimleri fitat sindirimini artırmak amacıyla rasyonlara eklenmektedir (Keshavarz, 1994; Soares, 1995; Mitchell ve Edwards, 1996).

KALSİYUM VE FOSFOR METABOLİZMASI

Kalsiyum ve Fosforun Besleme Onarımından Önemi Vücutta Dağılımı. Bu iki element birlikte ele alınarak incelenir. Bunun nedeni bu iki elementin yemlerde ve hayvan vücudunda birlikte bulunarak yakın bir ilişki içinde olmalarıdır. Yaklaşık olarak kalsiyumun %99'u ve fosforun %80'i kemik ve dişlerde; geri kalan kısmı ise yumuşak dokularda ve vücut sıvılarında bulunur. Tür, yaş ve beslenme durumuna göre değişmekle beraber normal ergin bir kemiğin yaklaşık bir bileşimi aşağıdaki gibidir:

% 45 su

% 25 kül (mineral maddeler)

% 20 protein

% 10 yağ

Külün yaklaşık bileşimi ise %36 kalsiyum, %17 fosfor, %0.8'i de magnezyumdur. Kemiklerde kalsiyum ve fosfor 2:1 oranı şeklindedir. Kemik, kristal fazında olmak üzere büyük çapta hidroksiapatit [$\text{Ca}_{10}(\text{CPO}_4)_6(\text{COH})_2$] ile $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaCO_3 , $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)$ ihtiva eden

amorf fazdan oluşmuş olup ve küçük miktarlarda da sitratlar, sodyum, potasyum, klor ve flor kapsar. Mineral tuzların depolandığı kemiğin organik matriksi başlıca kollajen olmak üzere çeşitli proteinlerin karışımından ibarettir.

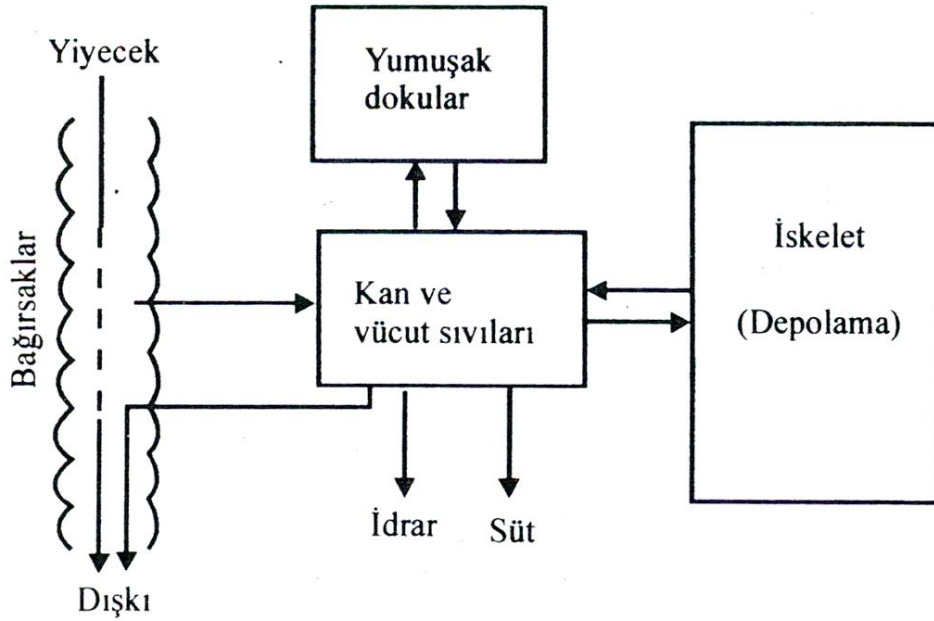
Dişlerin mineral bileşimi kemiklerinkine benzer. Vücutta en sert bir madde olan dişin mine tabakası sadece %5 su ve %3.5 organik madde kapsar. Apatitte yer alan küçük miktarda flor kemik ve dişlerin ayrılmaz bir parçasıdır.

Kanda Kalsiyum ve Fosfor Düzeyi. Kan hücreleri kalsiyumdan yoksundur. Birçok hayvanların kan plazması 100 ml de 9-11 mg Ca ihtiva eder. Sadece yumurtlayan tavuklarındaki bundan farklı olup 20-30 mg kalsiyum kapsar. Memelilerin plazmalarındaki kalsiyum üç formda bulunup %50'si serbest iyon, %45'i plazma proteinlerine bağlı, %5'i de sitrat ve fosfatlarla şelat şeklindedir.

Kanın tamamı, ortofosfat (HPO_4^{2-} ve H_2PO_4^-) olarak 35-45 mg/ml fosfor ihtiva eder ki bunun çoğu, hücrelerde yer alır. Plazmanın inorganik fosfor seviyesi 4-9 mg/100 ml'dir. Fosfatın çoğu iyonize formda; küçük bir miktarı ise protein, lipid ve karbonhidratlarla kompleks halindedir.

Kemiklerde Kalsiyum ve Fosfor Metabolizması. Kemikler sadece yapısal fonksiyonu olan minerallerin statik bir deposu değil, aynı zamanda dinamik durumda olan yapılardır. Kemikler yiyecekten alınan kalsiyum ve fosforun vücut ihtiyaçları karşılanamadığı zaman ileride kullanılmak üzere bu minerallerin depo edildiği yerlerdir. Bu nedenle kemiklerde mineral metabolizması büyüme sırasında sadece kalsiyum ve fosfor kazanılmasını değil, aynı zamanda kemikle kan arasında sürekli bir mineral değişimini de kapsar. Bu değişimin derecesi radyo-kalsiyumun (^{45}Ca) parenteral yolla (adele içi veya damardan) verilerek iskelette ölçüm yapmak suretiyle belirlenebilir. Değişim hızı, kemiklerin süngerimsi (trabekül) bölgelerinde en hızlı olup kompakt kemiktekinden (korteks) farklıdır. İzotopların kemikte göçme hızı ekstraselüler sıvıyla temas eden çok geniş kemik kristal yüzeyi ile ilişkilidir.

Kalsiyum ve Fosfor Metabolizmasının Ayarlanması ve Homeostazi.



Şekil 5. Kalsiyum, fosfor ve magnezyum metabolizma şeması.

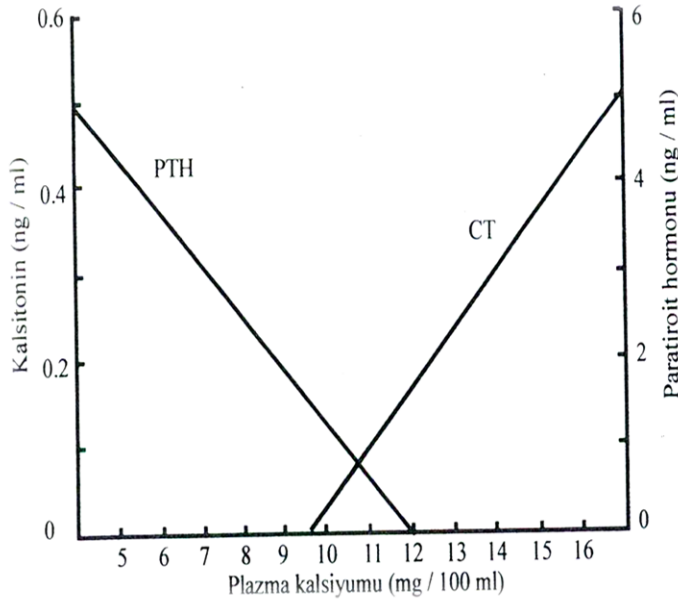
Absorbe olan rasyon kaynaklı makroelementler (kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum, potasyum) kana karışırlar. Kan ayrı zamanda kalsiyum, fosfor ve magnezyumun çeşitli organlar arasında değişimi için ortam vazifesi yapar. Kanda kalsiyum ve fosfat yoğunluğu üç hormonun ayarlayıcı etkisiyle aynı düzeyde kalır ki bu hormonlar paratiroid hormon (PTH), kalsitonin ve vitamin D₃, yani 1,25 dihidrokolekalsiferol (1,25 (OH)₂ D₃)'dür. Bu hormonlar sindirim sisteminden kalsiyum ve fosforun absorpsiyonunu kontrol ederek kemiklerde depolanmasını veya kemiklerden çekilmelerini, idrar ve dışkı ile atılmalarını etkilerler.

Yüksek miktarda süt veya yumurta verimi nedeniyle hayvanların artan kalsiyum ihtiyaçları yetersiz rasyon kaynakları tarafından karşılanamıyorsa, serum kalsiyum seviyesi düşer ve paratiroid hormon (PTH) salgılanmaya başlar. PTH, bir tek polipeptid zincirinde 84 amino asit kalıntısından (rezidü) oluşur ve molekül ağırlığı 8.500 civarındadır. Negatif feedback sistemi devreye girerek kan plazmasındaki düşük kalsiyum yoğunluğu ile PTH hormon aktivitesi stimüle edilir ve hormon salgılanır. Aşağıdaki yollarla bu hormon kan kalsiyum yoğunluğunu artırır.

- a- Kemiklerden kalsiyum ayrılmasını yükseltir,
- b- Kalsiyumun tübüler reabsorpsiyonunu yükseltir,
- c- Vitamin D'nin hormonal formu olan 1,25(OH)₂D₃ üretimini artırır.

PTH, vitamin D'nin, onun aktif bir metaboliti olan $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ 'ye dönüşmesinde önemli bir rol oynar. Bu aktif metabolit ise bağırsaklardan kalsiyum ve fosfor absorpsiyonunu stimüle eder ki bu da iki zıt olay, yani kemik oluşumu ve rezorpsiyonu üzerinde olumlu bir etki yaratır.

Kalsitonin hormonu, PTH'nın bir antagonisti ve vitamin D'nin ise hormon formudur. Kalsitonin 32 adet amino asit ihtiva eden ve memelilerin tiroid bezinin C-hücrelerinden, kanatlılarda da boynun altına yerleşmiş bezlerden salgılanır. Eğer kan kalsiyum seviyesi yüksek ise kalsitonin salgılanır ve kemiklerden kalsiyum çözünmesi önlenir ve böylece böbreklerde kalsiyumun reabsorpsiyonu engellenerek kan kalsiyum seviyesinde süratli bir düşüş gerçekleşmiş olur. Bundan başka bu hormon kemik oluşumunu da stimüle etmektedir. Kalsitoninin etkisi PTH'nın zıttı olup sanki kan şeker düzeyini kontrol eden insülin-glukagon hormon çiftinin fonksiyonlarına benzerlik gösterir. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi kalsitonin yoğunluğu plazma kalsitonin yoğunluğuyla doğru orantılıdır. Halbuki PTH'nınki ise zıt orantılıdır.



Şekil 6. Paratiroid ve kalsitonin hormonlarının kan kalsiyum düzeyine etkisi.

Plazma fosfat yoğunluğu geniş çapta kalsiyumunkinden bağımsız olarak ayarlanır. Fosfat noksanlığı keza, $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ sentezini artırır. Bu ise bağırsaklardan fosfat absorpsiyonunu yükseltir. Daha önemli bir nokta da PTH'nın ve aktif vitamin D metabolitlerinin böbreklerde fosfat reabsorpsiyonunu artırmak suretiyle fosfat yoğunluğunun kontrol edilmesidir. Bundan başka plazma fosfat yoğunluğundaki değişmeler, plazma kalsiyumunun regülasyonunda rol oynayabildiği gibi bunun zıttı da doğrudur. Yani, rasyonsal

kalsiyum yahut fosforun yetersizliği sırasıyla PTH ve 1,25(OH₂D₃) üretimini artırır ve sonuç olarak her iki mineralin absorpsiyonu artar.

Yumuşak Dokularda ve Vücut Sıvılarında Kalsiyum ve Fosfor. Yumuşak dokularda ve vücut sıvılarında küçük miktarlarda bulunan kalsiyum (%1) ve fosfatın (%5) önemli fonksiyonları vardır. Kemik oluşumu için kanın kalsiyum ve fosfat sağlamadaki önemi yukarıda kısmen vurgulanmıştı. Bu bölümün başlangıcında zikredildiği gibi kalsiyum ve fosfat iyonları vücudun ve dokuların asit-baz dengesi ve ozmatik basıncı sağlamada önemli katkılarda bulunurlar. Bununla beraber kalsiyum ve fosforun vücut doku ve sıvılarında kendilerine özgü fonksiyonları da vardır. Kalsiyum kas ve sinirlerin uyarılmasını kontrol eder. Keza, kan pıhtılaşmasındaki aşamalardan protrombinin trombine dönüşmesi için de kalsiyum zorunludur. Tripsin ve adenosin trifosfataz gibi enzimlerin aktivasyonu için de kalsiyum gereklidir.

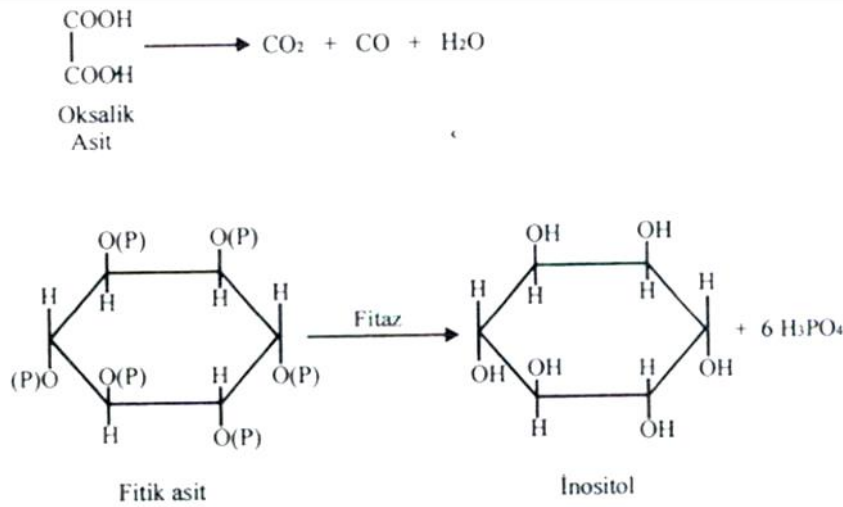
Fosforun vücuttaki her elementten daha fazla fonksiyonları vardır. Enerji metabolizmasında ADP, ATP ve kreatin fosfat gibi bileşiklerin yapı unsurudur. Karbonhidrat, protein ve lipidlerin metabolik reaksiyonları fosforlu ara bileşikler vasıtasıyla cereyan eder. Fosfor, lipidlerin naklinde ve metabolizmasında önemli olan ve aynı zamanda hücre zarlarının yapısına giren fosfolipidlerin de bir ögesidir. Fosfatlar protein sentezinde zorunlu olan DNA ve RNA gibi hayatsal bileşiklerin yapı unsurudur. Fosfatlar kokarboksilaz ve NAD gibi enzim sistemlerinin de yapısına girerler. Fosfor ihtiva eden proteinler sütte (kazein) ve yumurtada (vitellin) yer alır.

Kalsiyum ve Fosforun Sindirim Sisteminden Absorpsiyonu. Yeterli bir kalsiyum ve fosfor beslenmesi sadece yeterli bir rasyon kaynağına bağlı değil, aynı zamanda bu iki mineralin rasyondaki oranına ve rasyonda diğer bir kısım bileşiklerin bulunup bulunmamasına bağlıdır. Vitamin D, kalsiyum ve fosfordan yararlanmayı etkileyen en önemli bileşiktir.

Kalsiyum ve fosforun ana absorpsiyon yeri birçok hayvan türlerinde duodenumdur. Oldukça önemli miktarlarda endojen kalsiyum ve fosfor ince bağırsağın alt kısımlarına salgılanır.

Kalsiyum ve fosforun absorpsiyonunda, vitamin D'nin yanı sıra bu mineralleri absorbe eden membranlarla temas noktasında onların çözünmesini etkileyen birçok faktör rol oynar. Örneğın, kalsiyum yahut fosfordan birinin aşırı fazlalığı, kalsiyum fosfat ürününün çözünmesini azaltarak diğer mineralin absorpsiyonunu engeller. Tek mideli türlerde rasyonun kalsiyum/fosfor oranı 1:1 veya 2:1 optimum olarak kabul edilmektedir. Vitamin D'nin sağlanması kalsiyum/fosfor oranının olumsuz etkisini önemli ölçüde azaltmaktadır. Hayvanların güneş ışığına maruz bırakılmaları da onların ihtiyaç duydukları D vitaminini

sağlamakta yeterli olmaktadır. Büyüyen ruminantlar 7:1 gibi çok büyük Ca/P oranını bile tolere edebilmektedirler. Domuz ve kanatlıların ise ruminantlar kadar bu yüksek Ca/P oranını tolere etme kabiliyetleri yoktur. Bununla beraber sadece yumurtlayan tavuklar yumurta kabuğunun oluşumu için duydukları yüksek miktarda kalsiyum ihtiyaçlarından dolayı optimal Ca/P oranı oldukça yüksek olabilmektedir. Yiyeceklerle birlikte demir, alüminyum ve magnezyum tuzlarının büyük çapta vücuda alınması bu bileşiklerle çözünmesi zor fosfatların oluşması nedeniyle fosforun absorpsiyonunu engellemektedir. Keza, monogastrik hayvanlarda, yüksek düzeyde rasyonsal yağ da sabun oluşumu nedeniyle fekal kalsiyum kaybını artırmaktadır. Bu hayvanlarda kalsiyumdan yararlanma oksalik ve fitik asitlerin varlığı ile düşmektedir. Çünkü bu asitler kalsiyumu çökertmek suretiyle absorpsiyonunu engellemektedir. Oksalatlar şeker pancarı ve bunun yan ürünlerinde bulunurken, fitatlar özellikle kepek ve küspelerde olmak üzere tahıl danelerinde yer almaktadır. Fitatlarda bulunan fosfordan basit mideli hayvanlar çok az yararlanabilmektedirler. Örneğin, kanatlılar için yararlanılabilen fosforu hesaplamada inorganik ek yemlerle, hayvansal kökenli yemlerin fosforu %100 yararlanılabilen olarak kabul edilirken, bitkilerden gelen fosforun ancak %30'unun yararlanılabilen nitelikte olduğu göz önüne alınır. Oksalat ve fitatların mevcut rasyonunda kalsiyum ile fitatlarda yer alan fosfordan ruminantlar yararlanabilmektedirler. Çünkü oksalik asit, mikrobik enzimlere tamamen oksitlenerek karbondioksit ve suya; fitatlar da keza, rumendeki mikrobik fitazlarla aşağıda görüldüğü gibi inositol ve fosforik aside parçalanabilmektedirler.



Şekil 7. Fitik asidin Fitaz enzimi ile İnositola dönüşümü.

Kalsiyum ve Fosfor Eksikliğinin Belirtileri. Rasyona bağı kalsiyum ve fosfor eksikliği yahut vitamin D eksikliği dolayısıyla, absorpsiyonlarının bozulması, kemik ve dişlerde anormalliklere, büyüme ve verimin normalin altına düşmesine, iştahın ve yemden yararlanmanın azalmasına yol açar. Bu minerallerin eksikliğinin temel defekti, mineralizasyon olayının azalması veya ortadan kalkması, buna mukabil kemik matriksinin sentezinin sürmesidir. Bu durumdan etkilenen hayvanların kemikleri karakteristik olarak düşük kül kapsamına sahip olduğundan yumuşak olup normal şekillerini koruyamazlar. Mineral metabolizma bozukluğunun yol açtığı kemik anormallikleri her yaşta görülebilirse de daha ziyade genç hayvanlarda daha sık ortaya çıkar. Bütün hayvan türlerinde gençlerin kemiklerindeki defektif kalsifikasyonu ifade etmek amacı ile kullanılan terim "raşitizm"dir. Raşitizm, kötü bir şekilde teşekkül etmiş kemikler, anormal derecede genişlemiş eklemler, topallık, kemiklerde kısalma ve çatlamlar, yürümede sertlikle karakterize edilir. Ergin hayvanlarda bu hastalık "osteomalasi" olarak isimlendirilir ve bu duruma kemiklerden aşırı miktarda mineral kaybolması sebep olur. Osteoporoz, erginlerde diğer bir kemik metabolizma bozukluğu olup ana neden kalsiyum yetersizliğidir. Osteoporozda, osteomalasinin aksine kemiğin mineral kapsamı normal olup kemik kütlesi azalmıştır. Yani kemiğin kendisi küçülmüştür. Osteoporoz yaşlı insanlarda, özellikle kadınlarda çok yaygındır. Kol ve bacak kemiklerinin kolayca kırılmasına sebep olur ki bu durumdaki insanların iyileşmesi ancak çok uzun periyotlarda gerçekleşir. Kalsiyum eksikliği şüphesiz osteoporozun tek nedeni değildir. Bu hastalıkta kemik rezorpsiyonu, kemik oluşumundan daha fazla meydana gelir ve kemiğin matriksi ekseriya defektif bir durum gösterir.

Hayvanların fosfor eksikliğine olan duyarlılıkları, kalsiyum eksikliğine olandan daha fazladır. Çünkü serum fosfor seviyesini korumada kemiklerden mineral çözülmesi kalsiyumunkinden daha zordur. Bu nedenle düşük düzeyde bir serum inorganik fosfatı fosfor eksikliğine işaret edebilir. Bu gibi eksikliklere fosforca noksan topraklarda yetişen kaba yem bitkileri ile beslenen hayvanlarda rastlanır. Bu topraklarda yetişen bitkilerin fosfor düzeyi normal otlaklardakinden daha düşük (örneğin, %0.4 yerine sadece %0.04 gibi) bulunmuştur.

Fosfor eksikliğinin, belki ilk semptomu "anoreksia" (iştahsızlık) dir. Doğal olarak oluşan fosfor eksiklikleri nadiren komplike değildir. Bu durumdaki hayvanlar besleme değeri olmayan toprak, odun, kemik vs. gibi çeşitli maddeleri kemirerek, çiğneyip yutmak isterler. Böyle bir davranış tipine "pika" adı verilir. Unutulmamalıdır ki pika sadece fosfor eksikliğinin özel bir belirtisi olmayıp tuz, potasyum, ham selüloz gibi maddelerin rasyonda noksanlığı da bu duruma yol açabilmektedir.

Aşırı Kalsiyum ve Fosforun Etkileri. Kalsiyuma göre vücuda alınan aşırı rasyon kaynaklı fosfor, sekonder "hiperparatiroidizm" adı verilen bir hastalığa yol açabilmektedir. Aşırı fosfor kalsiyum absorpsiyonunu düşürür; bu da kan kalsiyum seviyesinin düşmesine sebep olur. Bu durum ise, PTH hormonunun salgılanmasına yol açarak kemiklerden kalsiyum çözünmesine neden olur ve neticede kan kalsiyum düzeyi tekrar yükselir. Demineralize olmuş iskeletin yerini fibröz bağ dokusu alır. Besleme ile ilgili sekonder hiperparatiroidizm kalsiyum ek yemini almayan, fazla miktarda dane yemle beslenen atlarda görülmektedir.

Aşırı rasyon kaynaklı fosforla beslenmenin sebep olduğu diğer bir hastalık idrar kesesi ve böbreklerde "taş oluşumu"dur. Bu organlarda oluşan taşlar idrarın dışarı atılmasını engeller, yani bir obstrüksiyon meydana getirirler.

Rasyonda aşırı kalsiyum, özellikle fosfor ve iz elementler başta olmak üzere minerallerin absorpsiyonlarını ve onlardan yararlanmayı azaltır. Bir çinko noksanlığı hastalığı olan "parakeratoz" domuzlarda marjinal miktarda çinko, aşırı miktarda rasyon kaynaklı kalsiyum alınması sonucu ortaya çıkar.

Kalsiyum ve Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılan Yem Hammaddeleri. Kalsiyum ve fosfor içeriği onarımından yemler arasında büyük farklılıklar vardır. Balık unu ve et unu gibi hayvansal yan ürünler, özellikle bunların fazla miktarda kemik ihtiva eden düşük kalitelileri her iki mineralin de nispeten zengin kaynaklardır. Bütün tahıl daneleri ve bunların yan ürünleri yağlı tohumlar ve küspeler kalsiyumca fakir, fakat fosforca zengindir. Kaba yemler, özellikle baklagiller kalsiyumca fosfordan daha zengindir. Kaba yemlerin kalsiyum ve fosfor içeriği vejetatif gelişme periyodunda düşüktür. Bu nedenle yeşil ve biçilip saklanan kaba yemlerin mineral içeriği, hasat edilen bitkilerin vejetatif aşamalarına bağlıdır. Otlayan hayvanlar yahut yüksek düzeyde kaba yemle beslenen hayvanlar kalsiyum eksikliğinden ziyade fosfor eksikliği çekerler. Buna mukabil yüksek düzeyde yoğun yemlerle beslenenlerde ise kalsiyum eksikliği görülür. Çünkü fosfor/kalsiyum oranı dane ve küspelerde daha yüksektir.

Pratikte kullanılan rasyonlar kalsiyum yahut fosforca fakir olabilirler. Bu nedenle ek mineral yemlerle takviye edilmeleri gerekir. En çok kullanılan, her iki minerali kapsayan ek yemlerin bileşimi Tablo 8’de verilmektedir.

Tablo 8. Kalsiyum ve Fosfor ek yemlerinin bileşimi

<i>Ek Yem</i>	<i>Kalsiyum (%)</i>	<i>Fosfor (%)</i>
Kemik Unu	24-48	12-14
Trikalsiyum fosfat	34	14
Florsuz Dikalsiyum fosfat	20-24	16.5
Monokalsiyum fosfat	20-21	14-21
Monosodyum fosfat	-	22
Diamonyum fosfat	-	20
Kalsiyum karbonat	34-38	-

Bu tabloda sunulan kaynaklarda mevcut kalsiyum ve fosfordan kanatlılar ve diğer bütün çiftlik hayvanları kolaylıkla yararlanabilmektedirler. Flor içeriğinden dolayı flordan arındırılmamış kaya fosfatı ve süperfosfat hayvanlar için zararlıdır. Kaya fosfatından floru arıtmak için teknik yöntemler geliştirilmiştir. Florsuz fosfatların çoğundaki fosfor ve kalsiyumdan hayvanlar tamamen yararlanabilmektedirler. Aşırı ısıtılmış bazı ürünler, oluşan piro ve metafosfatlar nedeniyle hayvanlar tarafından iyi bir şekilde değerlendirilememektedir. Kalsiyumca noksan rasyonlar hemen hemen saf kalsiyum karbonat içeren kireç taşı ve midye kabuğu gibi ürünlerle desteklenir.

MAGNEZYUM

Magnezyum vücutta kalsiyum ve fosforla yakından ilişkilidir. Vücuttaki magnezyumun %71'i iskelette bulunur. Bütün hayvanlarda kemik külünün %0.5-0.7'sini magnezyum oluşturur. Kemiklerde kalsiyum/magnezyum oranı 55:1'dir. Kemiklerdeki magnezyumun üçte biri fosfata bağlı olup geri kalanı mineral strüktürünün yüzeyine adsorbe olmuştur. Vücuttaki magnezyumun yaklaşık %30'u yumuşak doku ve sıvılara dağılmıştır. Potasyum gibi bu mineral de esas olarak hücre içinde bulunur. Kandaki magnezyumun %75 kadarı kırmızı kan hücrelerinde yer alır. Kan serumu küçük miktarlarda proteine bağlı magnezyumla birlikte 100 ml'de 2-4 mg iyonize magnezyum ihtiva eder. Kan serumunda bulunan bu iyonlar kemik yüzeyine adsorbe olmuş magnezyum ile sürekli bir değişim içerisinde.

Kemiklerin ve dişlerin esansiyel yapı unsuru olmasının yanı sıra, ATP sentezine yol açan oksidatif fosforilasyon için de magnezyum gereklidir. Dolayısıyla karbonhidrat, lipid ve protein metabolizmalarıyla da yakından ilişkilidir. Magnezyum tüm önemli metabolik yollarda ATP içeren reaksiyonlarda kofaktör veya aktivatör olarak görev yapar. Magnezyum aktif taşıma ile bağırsak boyunca emilir. Rasyonda magnezyumun %50'den fazlası tavuk duodenum ve jejunumun ilk bölümünde emilir. Böyle yüksek fosfat ya da yağ gibi beslenme

faktörleri, tuzlardan magnezyum iyonizasyonunu azaltır, organik komplekslerden biyoyararlanımına zarar verir. Kanda magnezyum iyonları tüm vücut hücreleri tarafından alınır ve potasyum gibi, yüksek bir hücre içinden hücre dışına konsantrasyon meyili söz konusudur. Minimum gerekliliği aşan magnezyum fazlalığı kemiklerde depo edilir. Magnezyum fazlası böbrek yoluyla atılır.

Çiftlik hayvanları için kullanılan rasyonların çoğu onların ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde magnezyum ihtiva eder. Ruminantlar rasyonlarının kuru maddesinde %0.20; monogastrik türler ise %0.05 magnezyuma ihtiyaç gösterirler. Bu mineral, monogastrik türlerde ince ve kalın bağırsaklardan absorbe edilirken, ruminantlarda esas olarak retikülumenden absorbe edilir. Monogastrik türlerde magnezyum absorpsiyonu yaklaşık olarak %50'dir. Magnezyumca çok eksik rasyonlar magnezyum oksit veya magnezyum karbonatla takviye edilirler. Bu mineral kaynaklarından magnezyumun absorpsiyonu %70 civarındadır.

Magnezyum eksikliği serebrospinal sıvı ve serumda magnezyum yoğunluğunun düşmesi ile karakterize edilir ve klinik belirti olarak hiperirritabilite, müsküler inkoordinasyon konvülsiyonlar gibi nöromüsküler hastalıklar ortaya çıkar.

Yumurtlayan tavukların rasyonlarındaki magnezyum eksikliği, yumurta veriminde çabuk bir azalma ve kemiklerden magnezyum çekilmesine sebep olur. Pratik şartlarda magnezyum eksikliğinden çok, kanatlıların rasyonlarında bu mineralin fazlalığı görülür. Böyle bir fazlalık, kanatlıların rasyonlarında kalsiyum kaynağı olarak magnezyum kapsayan dolomitik kireç taşı kullanıldığı zaman ortaya çıkar. %'den fazla rasyon kaynaklı magnezyum kanatlılarda büyümeyi azaltır, yumurta verimi ve yumurta kabuk kalınlığını düşürür.

Gereksinim, yetersizlik ve toksisite. Tavuk ve bıldırcınlar üzerinde yapılan magnezyum denemeleri (NRC, 1994; Tao ve ark., 1983) yaşam döngüsünün herhangi bir aşamasında rasyon kuru madde gereksiniminin %0.06'sını aşmadığını göstermektedir. Çoğu besinde magnezyum konsantrasyonları ihtiyacın üzerindedir dolayısıyla eksikliği nadir olarak görülür. Bir eksiklik saptandığında en muhtemel neden, rasyondaki yüksek kalsiyum ve fosfor düzeyleridir. Magnezyumca yoksun bir rasyonla uzun süreli besleme ile tetiklenen hastalıklar ATP metabolizmasının da bozulma göstergesidir, bu rahatsızlıklar: ataksi, nefes nefese kalma, uyuşukluk, düşük bazal metabolizma hızı, yavaş büyüme ve koma süreleridir. Japon Bıldırcın civcivleri rasyonda normal magnezyum düzeylerinin iki katına gereksinim duyarlar ve magnezyum için kemik depolarını artırır, magnezyum eksikliği durumunda semptomlar ortaya çıkmadan önce yaklaşık bir ay boyunca depolardan faydalanabilirler. Kuluçkalıktan itibaren magnezyumca eksik rasyonla beslenen yavru ördekler, 2 hafta içinde ölmeye başlar ve nöromüsküler hiperirritabilite belirtileri gösterir. Düşük serum magnezyum düzeyi eksiklik

için tanı koydurucudur. Yumurtlayan dişilerde eksiklik düşük yumurta sarısı magnezyum düzeyleri ile teşhis edilebilir. (Bird, 1949; Gardner ve ark., 1960; Edwards ve Nugara, 1968).

Büyümekte olan tavuklarda, magnezyum toksisitesi rasyondaki yaklaşık %1'lik magnezyum ile tespit edilebilir (McWard, 1967). Aşırı magnezyum kalsiyum emilimi ve metabolizması ile etkileşir ve kalsiyum eksikliği ile benzer belirtiler gözlenir: zayıf kemik mineralizasyonu, ince yumurta kabuğu gibi. Aşırı magnezyum aynı zamanda bir müshil olarak etki gösterir ve sulu dışkıya neden olur. Yüksek kalsiyum ve fosfor düzeyleri magnezyum toksisitesini azaltır.

Gereklilik. Doğal olarak yemlerde magnezyum kümes hayvanlarının ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli miktarlarda bulunur, pratik beslemede rasyonda magnezyum eksikliğinden ziyade magnezyum fazlalığı gerçek bir tehlike gibi görünmektedir. Bu tür bir tehlike %13-15 kadar magnezyum içeren dolomit kireçtaşı ek olarak kullanıldığı takdirde gözlenir.

Civcivlerin normal büyüme ve gelişmeleri için yemlerin 3000-4000mg Mg/kg konsantrasyonlarda olması idealdir (Nugarave Edwards, 1963), ancak kuru maddenin 6000-10000 mg/kg'ı gibi yüksek konsantrasyonda ise, kemiklerin büyümesinde engel olur ve kemiğin kül içeriğini azaltır (Mcward, 1967).

Yemin kuru maddesinde 3200mg Mg/kg magnezyum konsantrasyonu kullanılan deneylerde, broilerlerin kemik magnezyum konsantrasyonlarında artış ve iskelet mineralizasyonun bozulması kaydedilmiştir (Georgievskii ve ark., 1973). Yumurtacı tavukların 49 ve 118 mg Mg/kg dozlarında sentetik rasyonlar ile besleme deneyinde, bu beslemenin hipomagnezemiye yol açtığını göstermiştir (Stafford ve Edwards, 1974).

Bu durumdan, kanatlıların magnezyum için yeterince yüksek toleransa sahip olduğu anlaşılmaktadır, ama (1000mg/kg'dan fazla) yüksek dozlar ile besleme yapılarak bu elementi aşırı kullanmaya gerek yoktur. Magnezyum iskelette, plazmada ve yumurtada konsantre hale gelir, kabuğu; bunun sonucu olarak da yumurta kabuğu kalınlığı ve mukavemetinde azalma görülür. (Tablo 9).

Tablo 9. Yumurta kalitesine magnezyum seviyelerinin etkisi (Stafford ve Edwards, 1974).

<i>Rasyondaki magnezyum içeriği</i> (mg/kg)	<i>Yumurta ağırlıkları</i> (kg)	<i>Kabuk yoğunluğu</i>	<i>Magnezyum içeriği</i> (mEq/g)		
			<i>Kabuk</i>	<i>Beyaz</i>	<i>Sarı</i>
2176	59.8	51.3	591	105	49
1242	56.6	56.3	397	88	28
655	56.8	52.7	391	87	22
118	51.6	42.4	170	65	7

Yetişkin kanatlıların magnezyum dengesi, rasyondaki magnezyum düzeyi 1900 mg/kg olduğu zaman dengelenmiş olur (yumurtlama süresinde yüzde +16 ve yumurtlamadığı zaman yüzde -16 arasında korunur) (Brown, 1965). 40-50 mg magnezyum yumurta ile elimine edilirken, endojen kayıpları idrar ile yaklaşık 2.5mg/100ml'dir. Bir kuş yumurtlama döneminde 110-120 gr yem tüketirken 200-220mg magnezyuma ihtiyaç duyar. Değişik ırkların yumurtacı tavukları tarafından magnezyum asimilasyonunda farklılıklar vardır ve doğal rasyonlardan gelen magnezyum sentetik rasyonlardan gelen magnezyum konsantrasyonundan daha düşüktür (Petukhova, 1972).

Civcivlerin magnezyum gereksinimleri iskeletin yoğun büyüme hızı ve mineralizasyon açısından muhtemelen daha yüksektir (Tablo 10).

Tablo 10. Kanatlılar için magnezyum gereksinimleri (Keene ve Combs, 1962).

<i>Kanatlı tipi</i>	<i>Yaş (hafta)</i>	<i>Magnezyum (mg/kg) kombine yem</i>	<i>Kaynak</i>
Yumurtacı damızlık ve broiler civcivleri	0-8	600	US Bureau of Standards, 1977
Yumurtacı damızlık civcivleri	8-16	400	“
“	0-18	400	UK norms, 1975
Yumurtacı tavuklar	—	500	US Bureau of Standards, 1977
“	—	300-350	Petukhova, USSR, 1972
“	—	400	UK norms, 1975
Hindi palazları ve yetişkinleri	Tüm yaşlar	500	US Bureau of Standards, 1977
Hindi palazları	0-20	450	UK norms, 1975
Ördek ve	Tüm yaşlar	500	UK norms, 1975
Ördek yavruları	“	500	US Bureau of tandards, 1977
Büyümekte olan bıldırcın	—	150	“
Yetişkin damızlık bıldırcın	—	500	“
Büyümekte olan keklik ve bıldırcın	—	600	“
Yetişkin keklik ve bıldırcın	—	400	“

Yeterlilik. Magnezyum yeterlilik kriteri kanatlılar için hem besleme yönü ile hem de rasyonda olası fazlalığı açısından göz önüne alınmalıdır. Civcivlerin ağırlık artışında; kül, yağsız kuru kemiklerin veya kemik külünün magnezyum ve kalsiyum içeriği (tibia, coracoideus kemik) ve kan plazması ve yumurtada magnezyum içeriği önemlidir. Tüm bu parametrelerde, hem rasyonda magnezyum eksikliğinde hem de fazla olduğu zaman değişiklikler gözlenir.

Diğer araştırmacılara göre, başka bir kriter ise kanda Ca:Mg oranıdır; civcivlerin 3 aylık yaşa kadar ortalama Ca:Mg oranı 2.5:1, daha yaşlı tavuklarda ise bu oranın 3.5:1 ve 4:1

arasında olması gereklidir (Pleshanov, 1966).

Rasyon kaynakları. Magnezyum bitki hücrelerinin içerisinde klorofil parçası olan porfirin ile şelat oluşturur ve hayvan hücrelerinde çok sayıda enzim ile ilişkilidir. Bu nedenle, çoğu işlenmemiş gıdalar, yaşam döngüsünün her döneminde bilinen gereksinimlerini karşılamak için yeterli magnezyum içerirler. Özellikle zengin besin kaynakları; kireçtaşı (özellikle dolomitik kireçtaşı), kemik ve baklagillerin vejetatif kısımlarıdır. Tohumlar magnezyum açısından nispeten düşüktür, fakat yine de yeterlidir.

SODYUM, POTASYUM ve KLOR

Kanatlıların hücre içi ve hücre dışı sıvı elektrolit dengesi ve konsantrasyonları yaşamları için kritiktir ve bu nedenle sıkı bir şekilde düzenlenmelidir. Rasyon kaynaklı mineraller arasında sodyum (Na^+) ve K^+ ana katyonik elektrolit ve klor (Cl^-) ana anyonik elektrolittir. Bir kanatlının beslenme gereksinimi iki şekilde ele alınmalıdır: her bir spesifik hücre fonksiyonları için minimum tutar ve önemli ozmotik ve asit-baz ilişkilerini optimize etmek için gerekli farklı elektrolitlerin dengesi.

Sodyum, potasyum ve klorun spesifik fonksiyonları. Rasyon kaynaklı sodyum, potasyum ve klor kolaylıkla bağırsaklarda emilir. Bu elektrolitler gastrointestinal sistemin aktif üst bölgelerinde salgılanır ve net emilim rektum ve sekumda gerçekleşir. Nihai vücut düzeyi, aldosteron, anjiyotensin ve antidiüretik hormonları tarafından düzenlenir ve emilim ve atılım arasındaki koordinasyon ile belirlenir. Bu üç mineral vücut sıvılarında iyon dengesinin korunmasında önemlidir. Sodyum plazma hacmi ve osmolaritesini korumak için baskın ekstraselüler katyon işlevine sahiptir. Potasyum hücre içi sıvı hacmi ve osmolaritesini korumak için baskın intraselüler katyon işlevine sahiptir. Hücre zarından bu iki katyonun ayrılmasından kaynaklanan potansiyel enerji sinir uyarılarının ve hücresel iletişimin diğer formlarını da etkiler. Klor birincil ekstraselüler anyondur ve aynı zamanda plazma osmolarite, sıvı hacmi ve sinir uyarılarının bakımına dahildir. mide bezlerinde aktif taşıma sonucu Cl^- konsantrasyonu proventrikulusta asit üretimine sebep olur. Bu hidroklorik asit (HCl), mide sindiriminin önemli bir bileşenidir. Bu üç mineral, çeşitli enzimler ile birlikte düzenleyici ve kofaktör rol oynarlar. Ayrıca hücre zarı boyunca birçok besin ve atık ürünlerin aktif kotransport işlevini ve su hareketi için osmotik gidişi sağlarlar.

Rasyonun elektrolit dengesi. Sürekli olarak iç pH'nın korunması tüm fizyolojik süreçlerin fonksiyonu ve makromoleküllerin yapısal bütünlüğü için çok önemlidir. Organik asitlerin mineral tuzları (örn., potasyum sitrat, sodyum bikarbonat) tüketildiğinde, organik asitlerin metabolizması için karbon dioksit (CO_2) ve su (H_2O) H^+ tüketir ve metabolik alkalozun

oluşmasına katkıda bulunur. Benzer şekilde, organik bazların mineral tuz metabolizması ve sülfür içeren amino asitler hidroksil iyonlarını tüketir ve bu da asidoza neden olur. Çoğu gıda organik bazlar üzerinde organik asit fazlalığına sahiptir, bu yüzden oluşan denge farkı mineral anyon (Cl^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-}) üzerinden mineral katyonların (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) fazlalığı ile dengelenir. Organik asitler (örneğin, oksalik sitrik, asonitik, karbonik ve malik asit) çok çeşitlidir ve ölçülmesi zordur. Çoğu zaman belirsiz anyonlar olarak adlandırılırlar çünkü, aslında analitik olarak ölçülemezler, böylece bunların varlığında mineral anyonlara karşılık mineral katyonların miktarında uyumsuzluk gözlenebilir. Rasyon kaynaklı organik asitlerin çoğu ve Na^+ , K^+ ve Cl^- ilişkili bazlar, rasyonun asit-baz dengesi için uygun bir analitik göstergedir. Rasyonda miliekivalen (meq) elektrolit dengesi genel olarak şöyle ifade edilir: $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$. Bununla birlikte, Ca^{2+} , Mg^{2+} , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} ve SO_4^{2-} 'nin denklemin içine dahil edilmesi genellikle uygun olabilir. Daha fazla katyon, daha alkali rasyon, ve tersi, düşük katyon fazlalığı, daha asidik rasyon demektir (Teeter ve arkadaşları, 1985; Austic ve Patience, 1988; Mongin, 1989).

Uygun elektrolit dengesi kanatlıların türüne ve fizyolojik durumuna bağlıdır. fizyolojik durumu önemlidir çünkü kemik oluşumu, yumurta kabuğu birikimi, ketozis, laktik asidoz ve solunum hızı gibi süreçler kanatlıların asit-baz dengesini etkiler. Tavuklar incelenmiş ve 200-300meq kg^{-1} aralığında bir denge büyüme için optimum olarak kabul edilmiştir. Zayıf kemik mineralizasyonu ve bacak kemikleri ve eklemlerinde (örneğin, tibia Diskondroplazi) çeşitli yapısal anomalilerin düşük denge sonuçları olduğu belirtilmiştir. Yumurta kabuğu oluşumunda CO_3^{2-} tüketir ve büyüme için optimum bir rasyon gerekli olandan daha yüksek elektrolit dengesine ihtiyaç duyduğu için sonucunda metabolik asidoza neden olabilir. Düşük rasyon kaynaklı denge sonuçları ($<200\text{meq kg}^{-1}$) yumurta kabuğunu inceltir.

Sıcak havalarda, kanatlılar hızlı nefes alarak kendilerini serin tutabilirler. Bu uygulama sürecinde, solunum yolu için ürettiklerinden daha fazla CO_2 tüketirler. Düşük rasyon elektrolit dengesi, solunum yolu alkalozunun bazı olumsuz etkilerini düzeltir. Asitlendirilmiş rasyonların veya suyun tüketimi bir kanatlıların ısı stresine karşı direncini artırır.

Bugüne kadar rasyon elektrolit dengesi üzerindeki çalışmaların tümü yaygın olarak kafeste tutulan tahıl ile beslenen ve hem etçil hem otçul kuşlar (kümes hayvanları, av kuşları, güvercinler gibi) üzerinde yapılmış ve diğer rasyon grubundakiler bu çalışmalara dahil edilmemiştir. Asit-baz dengesi üzerinde sınırlı sayıda kuş türleri ile yapılan çalışmalar, otçul kuşların genellikle çok alkali rasyonlar (yüksek elektrolit dengesi) tükettiğini ve alkali idrar salgıladığını göstermektedir (Long, 1982). Etçiller genellikle çok asidik rasyon (düşük elektrolit dengesi) tüketir ve asitli idrar salgırlar. Muhtemelen optimal elektrolit dengesi

otçullara daha etçiller için daha düşüktür.

Gereklilik. Kümes hayvanları, bıldırcın, sülün ve ördekler için sodyum ve klor gereksinimi büyüme ve yumurta üretimi sırasında kuru maddenin %0.1 ve 0.2'si kadardır. Bakım için gereksinimleri %0.05'tir. Çil tavuk, evcil kümes hayvanlarına göre rasyonda daha düşük sodyum düzeyine ihtiyaç duymaktadır. Deniz kuşları tuz bezleri vasıtasıyla yüksek miktarda zorunlu tuz atılımı yaparlar ve muhtemelen bu kanatlılardan daha yüksek sodyum ve klor gereksinimleri vardır (NRC, 1994; Jakubas ve ark., 1995).

Potasyumun genel elektrolit dengesine etki eden ideal oranı değiştirmesine rağmen, sodyumun klora molar oranı 1.5:1 olarak tavsiye edilir. Rasyon sodyum ya da potasyumca yüksek seviyelerde ise klor gereksinimi artar. Tersine, rasyon klorca yüksek seviyelerde ise sodyum ve potasyum gereksinimleri de yine artar.

Eksiklikleri. Sodyum, potasyum ve klor bir havuz gibi oldukça büyük miktarda kemiklerde bulunur. Bu havuz, kronik gıda yoksunluğu sırasında kemik mobilize olduğu zaman kullanılabilir, ancak normal miktarlarda elektrolit-eksik bir rasyon tüketildiğinde kolayca mobilize olamazlar. Klorca düşük bir rasyonun kronik tüketimi sonucu; hipokloremi, hemokonsantrasyon, dehidrasyon ve düşük büyüme ya da düşük yumurta üretimi gözlenir. Klor eksikliği görülen, gürültü veya taşıma ile stres altında olan tavuklarda veya hindilerde; bacaklar arkaya doğru uzar ve tetani ile sonuçlanabilir. Rasyonda yetersiz potasyum bulunduğunda birincil belirtiler; iştahın azalması, hipokalemi, kas zayıflığı, solunum sıkıntısı ve kalp zayıflığıdır. Sodyum eksikliğinde ise; plazma sıvı hacminin azalması, düşük tansiyon, kemik gücünde azalma, yetersiz büyüme ve üreme kapasitesinde azalmadır (Scott ve ark, 1982; Leach ve Nesheim, 1963).

Kanatlıların sodyum ve klora karşı belirli bir iştahları bulunmaktadır (Cade, 1964). Eksikliğinde, bunlara arzu duyarak ve aktif tuz kaynakları ararlar. İncelenmiş olan tüm türlerde, kendi gereksinimlerini karşılamak ve aşırılıkları önlemek için kolayca özdeş rasyonlar arasında seçim yapabilirler. Bir seçenek verilmediği zaman, kuşlar genellikle kendi elektrolit gereksinimi elde etmek için düşük tuzlu gıdaların tüketimini artırır. Diğer bir deyişle, sodyum ya da klor için ihtiyacı karşılamak üzere metabolik enerjilerinde aşırı tüketim olmayacaktır.

Otçul kuşlar etçil kuşlar ile karşılaştırıldığında, otçul kuşların sodyum eksikliği riski daha fazladır. Bunun sebebi de, genç bitkilerin vejetatif kısımlarının genellikle sodyumca düşük ve potasyumca nispeten daha yüksek olmasıdır. Hayvansal kökenli gıdalar için bu üç elektrolit genellikle yeterli orandadır. Ancak, kafeste tutulan deniz kuşları (albatros, penguenler) tatlı su balıkları veya tatlı su deniz omurgasızları ile beslendiğinde sodyum

eksikliği gelişebilir. Bu olgu, deniz kuşlarının tuz bezleri yoluyla yüksek oranda sodyum klor atılımı gerçekleştirdiği içindir. Balık ve omurgasızlar kafeste tutulan hayvanlar ile beslendiğinden sık donma-çözülme ve yıkama nedeniyle elektrolit bazlarını kaybederler. Ayrıca, anneler besinleri kusarak yavrularına verdiği için elektrolit kaybederler ve bu rasyonun marjinal düzeyini şiddetlendirir (Frings ve Frings, 1959; Gailey-Phipps, 1982).

İshal ve diğer gastrointestinal bozukluklar atılımı artırır ve elektrolit emilimini azaltır, bu da belirgin şekilde gereksinimi artırır. Elektrolit yerine koyma tedavisi bağırsak enfeksiyonlarınca muzdarip kanatlılara veteriner hekim tarafından verilen yaygın bir bileşendir.

Toksisite. Kanatlılar sodyum ve klor toksisitelerine çok dayanıklı tuz bezlerine sahiptirler. Temiz su mevcut ise tuz bezleri olmadan kuşlar rasyondan sodyum, potasyum ya da kloru yüksek düzeyde tolere edebilirler. Yüksek miktarda su tüketimi böbreklerden yüksek düzeyde elektrolit atılımına izin verir. Örneğin, halka-boyunlu sülünler ve Kuzey Bobwhite Bildircinleri su tüketimi ve idrar üretimlerini artırarak %5 tuz içeren bir rasyonu tolere edebilirler. Tuz zehirlenmeleri genellikle; dehidrasyon, ishal, ataksi, sinirlilik ve ödeme neden olur. Bir kanatlının herhangi üç elektrolitten biri için toleransı yakından diğer ikisinin rasyondaki konsantrasyonu ile ilgilidir. potasyum ve klor rasyon içinde marjinal olarak yeterli ise, sodyum çok daha düşük seviyede bile toksik hale gelebilir. Benzer şekilde, sodyum fazlalığı olduğu zamandan daha düşük seviyelerde mevcut olduğunda, potasyum daha fazla toksik etkiye sahiptir. Bu elektrolitlerin herhangi birinin yüksek seviyelerde olması sonucu seyreltik idrar ve sulu dışkı atılımı gözlenir (Austic ve Patience, 1988; Wages ve ark., 1995; Scott ve ark., 1960,1982).

Genç tavuklar ve ördekler yaşlı olanlara göre tuz zehirlenmelerine daha duyarlıdır. Bu yaşla ilgili duyarlılık Yeşilbaş ve Amerikan Siyah Ördeklerinde bile tuz bezlerinin varlığından dolayı gözlenir, çünkü bu organ genç civcivlerde nispeten inaktif durumdadır. Altricial civcivler genellikle precocial civcivlere göre tuz zehirlenmelerine daha duyarlıdır. Altricial civcivlerin anne babalarının özellikle kurak veya yüksek tuzlu ortamlarda kendi civcivlerinin tuz alımını en aza indirmek ve sıkça su alımını artırmak gibi davranışları vardır. Bu davranışlar, düşük tuz ve yüksek nem içerikli yiyecekleri seçmek, bu besinleri tatlı suyla yıkamak, yüksek nemli bitkiler ile veya özofagal salgıları ile beslemek ve yavrularına suyu geri kusarak içermektir. Örneğin, zaman zaman tatlı su elde edebilen Beyaz Ibis çok tuzlu göl ve nehir ağzlarında beslenir ve yengeçler ve yumuşakçalar gibi yüksek tuz içeren gıdalar tüketebilir. Ancak, tatlı su göllerinden alınan düşük tuzlu gıdalar ile yavrularını beslemeleri gerekir. Yavrular genellikle tatlı su kaynağına sahip değildir ve ebeveynleri tarafından

tüketilen aynı yiyecekler ile beslenirlerse tuz zehirlenmesi görülebilir (Johnston ve Bildstein, 1990).

Sudaki elektrolitikler, karşılaştırılabilir düzeylerde gıdalardan çok daha fazla toksik etkiye sahiptirler. Su seviyesi yüksek olduğu zaman, su tüketimi artığından dolayı daha fazla elektrolit tüketimine sebep olur. Kümes hayvanlarında, tolere edilebilir su seviyeleri tolere edilebilir yem düzeylerinden yaklaşık on kat daha düşüktür (NRC, 1994).

Rasyon kaynakları. Çoğu bitki örtüsü, tohum ve meyveler nispeten düşük miktarda sodyum içerir, fakat genellikle potasyum bakımından yeterli veya zengindir. Hayvansal kaynaklı gıdalar genellikle elektrolitler için iyi kaynaklardır. Sodyum ve klor takviyesi, genellikle basit sofr tuzu (NaCl) sağlanarak gerçekleştirilir. Potasyum, potasyum klor olarak eklenebilir, ancak nadiren gereklidir. Bir rasyonun asit-baz dengesini değiştirmek için; sodyum bikarbonat, potasyum bikarbonat ya da kalsiyum klor rasyon takviyesi olarak kullanımı gereklidir. Yabani kanatlılar genellikle külleri, tuzlu suları, mineral toprakları ya da karın erimesiyle yol üzerinde bulunan kaya tuzlarını sodyum-fakir rasyonlara ek olarak tüketirler.

Sodyum, Potasyum ve Klorun Vücuttaki Dağılımı ve Fonksiyonları. Bu üç mineral birlikte incelenir. Çünkü vücuttaki dağılımları ve fonksiyonları bakımından birbirleriyle ilişkileri ve benzerlikleri vardır. Kalsiyum, fosfor ve magnezyumun aksine (ki bu elementler daha ziyade kemikte depolanır) sodyum, potasyum, klor büyük çapta vücut sıvılarında ve yumuşak dokularda bulunur. Her üç mineral de ozmatik basıncın korunmasında, asit-baz dengesinin sağlanmasında ve dokularda su metabolizmasının kontrolünde görev alırlar. Enzim sistemleri için esansiyeldirler. Sinirsel ve müsküler iletim ve transmisyonu büyük ölçüde uygun oranda sodyum, magnezyum ve potasyum düzeylerine bağlıdır. Pratik beslenme bakımından sodyum, potasyum ve klor çok önem arz etmez. Çünkü vücut ihtiyaçlarını karşılamada güçlükle karşılaşmaz, aşırı düzeyde vücuda alınma tehlikesi de özel durumlarda ortaya çıkar.

Vücudun sodyum, potasyum ve klor ihtiyacı daha önce Tablo 2'de verilmişti. Sodyum ekseriyetle vücut sıvılarında ve kemikte; potasyum ise esas olarak kaslarda ve sinirsel dokularda yer alır. Sodyum genellikle hücre dışı sıvıların bir elementi olup hücre içindeki oranı %10'un altındadır. Potasyumun çoğu hücre içinde bulunur. Hücre dışındaki sodyumun oldukça önemli bir miktarı kemiğin inorganik kristalleri üzerine adsorbe olmuştur. Kanda serum bazlarının %90'ından fazlasını sodyum oluşturur. Bu nedenle asit-baz dengesinin sağlanmasında ana katyon olma niteliğini taşır. Kanda sodyum düzeyi potasyum seviyesinden önemli oranda yüksek olmasına karşın, sütte bunun zıttı geçerlidir. Eritrositlerin potasyum yoğunluğu plazmaninkinin 25 katı kadardır. Mide sıvılarında hidroklorik asit şeklinde

bulunan klor ise hem hücre içinde, hem de vücut sıvılarında yer alır.

Emilim. Sodyum, potasyum ve klor bütün çiftlik hayvanların sindirim sistemlerinden absorbe edilirler. Absorbe edilen iyonların büyük bir kısmı endojen orijinlidir. Yani sindirim sistemine salya ve sindirim sıvıları yoluyla girerler. Bu iyonların endojen olarak salgılanması yiyeceklerle almandan birkaç kat daha fazladır. Sodyum, potasyum ve klor esas olarak duodenumdan absorbe edilir. Daha küçük miktarlarda olmak üzere mide, ince bağırsaklar ve biraz da kolondan vücuda absorbe olurlar.

Rasyonla Sağlanmaları ve Metabolik Regülasyonları. Çiftlik hayvanlarının sodyum ve klor ihtiyaçları her biri için kuru maddenin %0.1-0.2'si kadardır. Potasyum ihtiyacı ise monogastrik türlerde %0.2-0.5; ruminantlarda biraz daha yüksek olup %0.6-0.8 civarındadır. Genel bir kural olarak kaba yemler potasyumca yoğun yemlerden daha zengindirler. Bütün çiftlik hayvanları için ekseriyetle kullanılan rasyonlar, onların potasyum ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Diğer taraftan sodyum ve daha az olmak üzere klor, pratikte ekseriya kullanılan rasyonlarda her zaman yeterli miktarlarda mevcut olmayabilir. Bu nedenle böyle rasyonlara tuz katmak çok uygulanan bir pratiktir.

Çiftlik hayvanlarının rasyonlarındaki potasyum/sodyum oranı birçok şartlarda kritik bir durum göstermez. Yüksek yoğunlukta potasyum, normalin altında rasyon kaynaklı sodyum sağlanması "aldesteron" hormonun salgılanmasına sebep olur. Bu da böbreklerde sodyumun tübüler reabsorpsiyonunu artırırken potasyum ekskresyonunu azaltır. Böylece serumda sodyum ve potasyum seviyeleri normal sınırlarda kalır.

Sodyum Klor Noksanlığı. Verim vermeyen ergin hayvanların tuz ihtiyacı azdır. İdrar ve dışkıdaki endojen kayıpları azaltmak suretiyle hem sodyum hem de potasyum düzeyini korumadaki hayvanların kabiliyeti, tuz eksikliği semptomlarının ortaya çıkmasını yavaşlatmaktadır. Bununla beraber tuzca noksan rasyonlar büyüyen hayvanlara, süt veren ineklere ve yumurtlayan tavuklara yedirilirse eksiklik semptomları süratle gelişir. Yumurta, süt ve vücuda ilave edilen dokuların sodyum içeriği sabit olma eğilimi gösterir. Bu nedenle bütün diğer besin maddeleri yeterli olarak sağlansa bile büyüyen, süt veren ve yumurtlayan çiftlik hayvanlarında tuz eksikliği verimin azalmasına yol açar. Terleme şeklindeki kayıplar ister sıcak hava sonucu, ister ağır fiziksel çalışma sonucu oluşsun, her ikisi de hayvanların tuz ihtiyaçlarını artırır. Bu durum özellikle atlar için doğrudur, çünkü bu hayvanlar çok aşırı terlerler ve terleri %4'e kadar varabilen sodyum klor ihtiva eder.

Aşırı Sodyum Klor. Özellikle içme suyu sağlamanın sınırlı olduğu durumlarda aşırı miktarda vücuda sodyum klor alınması zararlıdır. Çünkü vücut sıvılarının ozmatik basıncını artırır ve vücutta ısı tutulmasını teşvik eder. Tuz zehirlenmesi sonucu susama, zayıflık ve ödem gibi

belirtiler ortaya çıkar. Genç hayvanların tuza toleransı yaşlı hayvanlarınkinden daha düşüktür. Karma yemlerde %5 tuz; üç aylık kanatlı hayvanlarda sınırlı bir mortaliteye yol açarken aynı düzeyde tuz civcivlerde çok yüksek düzeyde ölümlere sebep olur.

SODYUM

Bitkisel dokularda ve dolayısıyla da bitkisel yemlerde sodyum içeriği düşüktür. Gıda sanayi ürünlerin (pamuk tohumu, ayçiçeği tohumu, soya kek) ve hayvansal kaynaklı yemlerin (kemik unu, balık unu) yüksek konsantrasyonda sodyum içerirler, ama bunlar genellikle kuşların ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde değildir. Eksikliği genellikle rasyona tuz eklenerek giderilebilir. Kanatlılar üzerinde tuzun olası toksik etkileri ile ilgili yazarların bir dizi korkuları abartılı gibi görünüyorsa da, aşırı tuzdan kaçınılması gerektiğine şüphe yoktur; hem tuz fazlalığı ve hem de tuz eksikliği üretkenliği güçlü olan kanatlıları olumsuz etkileyebilir.

US Bureau Standartları (1971) normlarına göre, her tür ve her yaş grubu kümes hayvanları için sodyum gereksinimleri kaz yavruları, genç sülün ve bıldırcınlar hariç rasyonun yüzde olarak 0.15'ini oluşturur (yani, yüzde 0.37 NaCl).

Kanatlıların sodyum gereksinimleri için diğer ülkelerin kabul normları ABD normlarına benzer: Avustralya rasyonun yüzde 0.18-0.15, Japonya 0.20-0.15, Birleşik Krallık 0.11, İsveç 0.15'ini içerir. Ayrıntılı bir çalışmaya göre ilave tuz (sodyum konsantrasyonu yüzde 0.002) olmadan da yarı sentetik mısırdan soyalı rasyonla beslenen civcivlerde salgın hastalık insidansının 8 hafta içinde yüzde 96.9 olduğu bildirilmiştir (Vogt ve ark., 1971). Tekli ikame edilmiş sodyum fosfat biçiminde sodyum takviyesi normal büyüme ve gelişmeyi sağlamak için yeterli olmuştur. Sodyum içeriği sadece yüzde 0.28-0.44 olarak kullanıldığında en yüksek ağırlık artışı ve yemden yararlanmanın en iyi düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 11). Yazarlar broilerlerin rasyonlarında sodyum düzeyinin yüzde 0.40'ı aşmaması gerektiğine karar vermişlerdir. Eğer tuz sodyum kaynağı olarak kullanılırsa bu rakam düşük olabilir.

Tablo 11. Broiler civcivlerinin büyümesi ve gelişmesine rasyondaki çeşitli sodyum düzeylerinin etkisi (Vogt ve ark., 1971).*

Gruplar	Rasyonda Na oranı	1-8 haftalık mortalite	8 haftadan sonraki ağırlıkları (g)	Yem başına alınan ağırlık (kg)	Gübreinin nem içeriği (%)
	(%)	(%)			
I	0.28	2.1	1529	2.24	79.6
II	0.36	5.2	1577	2.20	78.4
III	0.44	4.2	1580	2.24	80.6
IV	0.52	4.2	1546	2.28	81.8
V	0.60	7.3	1553	2.31	79.3
VI	0.84	14.6	1470	2.41	86.8
VII	0.92	16.7	1538	2.33	87.1
VIII	1.00	12.5	1477	2.36	80.9

* Rasyon %0.9 potasyum ve %0.24 klor içermektedir.

Pratik koşullar altında, genç kanatlıların rasyonuna eklenecek sodyum miktarı bileşimlerine de bağlı olabilir. En fazla NaCl ek mısır-soya ve buğday-soya ve hayvansal kökenli yemleri küçük miktarlarda içeren yemler için gereklidir. Kanatlılar tarafından asimile edilen sodyumu yem yeterli miktarda içerir; eğer yüzde 3-4 kemik unu ve yüzde 2.5-3 balık unu yem başına içeriyorsa, bu tip beslenen kanatlılara hiç bir tuz takviyesine gerek yoktur.

VASKhNİL normlarına göre, SSCB Tarım Bakanlığı (1976) ayrı olarak sodyum ve klor takviyelerini şart olarak göstermez, ancak sadece eklenecek NaCl konsantrasyonlarını önerir (yüzde 0.3 broiler, 1-90 günlük yumurtacı ve kafes tavukları ve 1-60 günlük hindi palazları için; yüzde 0.4 ise tüm diğer kümes hayvan türleri ve yaş grupları için). Bu önerilen değerlerin rasyonun bileşimine uygun olarak düzeltilmesi gerekmektedir.

Kuru yem üzerinden hesaplanan NaCl için izin verilen en yüksek dozlar; yumurtacı tavuklar için yüzde 2, civcivler için yüzde 1-2 ve hindi palazları için yüzde 1 oranında bulunmuştur. Yumurtacı tavuklar için öldürücü doz; su temini ve kanatlıların bireysel tepkilerine bağlı olarak, günlük birey başına 6-10g NaCl olduğu saptanmıştır. Kanatlılar yemin tuzlu olmasından daha çok içme suyundaki tuza karşı daha duyarlıdır.

Kümes hayvanlarının beslenmesinde sodyum yeterlilik kriterleri - rasyonda yeterli olması şartıyla - hayatta kalma oranları, canlı ağırlık artışları, yem ve böbreküstü bezlerinin ağırlığı ve yemlerin maddi getirisiimidir.

KLOR

Klor bitkilerde bulunan esansiyel bir elementtir, bu nedenle bitkisel yemlerin içinde oldukça yüksektir. Diğer yandan, kümes hayvanlarının bu element için gereksinimleri

düşüktür. US Bureau Standartları (1966) tarafından önerilen miktarlarda tüm kümes hayvanları çeşitleri için yüzde 0.15, sülün ve bıldırcın için yüzde 0.11 rasyonda bulunmaktadır. Deneysel sonuçlar yumurtacı civciv ve tavukların gereksinimlerinin daha düşük olduğunu göstermektedir.

Klor eksikliği belirtileri, pratikte klor içermeyen sentetik rasyon (yüzde 0.019) alan civcivlerde olduğu saptanmıştır (Leach ve Nesheim, 1963). Belirtiler büyümenin inhibisyonu, yüksek mortalite oranı, felç, kandaki elektrolit seviyesinin düşmesi ve daha yüksek hematokrit değerler olarak kaydedilmiştir. Bu belirtiler rasyona klor (ortalama yüzde 0.12 veya daha fazla) ilave edildiğinde ortadan kaybolmuştur (Tablo 12).

Tablo 12. Civcivlerin büyümesi ve gelişmesine rasyondaki sodyum düzeylerinin etkisi.

<i>Klor seviyesi (mg/kg)</i>	<i>4 haftalık yaşta canlı ağırlık (g)</i>	<i>Mortalite (%)</i>	<i>Kanda klor seviyesi (mEq/l)</i>	<i>Hematokrit seviye</i>
190	120	54	55	38
500	370	8	72	35
1000	546	8	85	33
1500	578	8	87	33
2000	578	0	91	31
3000	598	4	91	31

Broilerler üzerinde yapılan deneylerde, bitkisel rasyonların klor içeriği optimum sodyum düzeyinde yüzde 0.0025 ile 0.30 arasında değişmektedir. Civcivler için klor gereksinimi, en yüksek tolere edilebilir doz yaklaşık yüzde 1.0 iken, yüzde 0.04-0.08 olarak bulunmuştur (Tablo 13).

Tablo 13. Civciv rasyonlarında çeşitli klor seviyeleri ve dışkıdaki nem içerikleri (Vogt, 1971a; 1974).

<i>Rasyona eklenen klor (%)</i>	<i>8 haftadan küçük civcivlerin ağırlığı</i>	<i>Tüketilen yem (kg/kg ağırlık artışı)</i>	<i>Dışkıdaki nem içeriği (%)</i>
OP*	646.4	2.68	84.7
0.0025	690.4	2.71	84.1
0.005	741.3	2.57	84.7
0.010	851.4	2.54	83.0
0.020	1173.9	2.20	82.2
0.040	1394.3	2.18	77.1
0.080	1477.3	2.14	77.5
0.160	1508.5	2.14	79.6

* Temel rasyon klor içeriği. %0,002-0,003.

Yumurtacı tavuklar üzerinde klor gereksinimleri için yapılan deneyler, eğer rasyon yüzde 0.06 klor ve yüzde 0.12-0.30 sodyum içeriyorsa kanatlıların tatminliğini ve yüksek yumurta verimini sağladığını göstermiştir (Vogt, 1971b). Birlikte kullanıldığında, Na:Cl oranı yumurta kabuğunun kalitesini artırır.

Sodyum klor kısmen sodyum bikarbonat ile ikame edilmiş olduğunda, - yani, klorin iyonlarının bir kısmı bikarbonat iyonları ile ikame edildi ise, (optimum sodyum seviyesinde) – yumurta kabuk sağlamlığının arttığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte, bu verilerin teyit edilmesi gerekmektedir.

Böylece, kümes hayvanlarının rasyonları için klor seviyesinin ayarlanmasında özel bir zorluk gerekmemektedir. Rasyonlar sodyum bakımından dengeli ise, klor seviyesi otomatik olarak ayarlanır. Aşırı klor hızla elemine edilir. Eşdeğer Na:Cl oranı yumurtacı tavukların beslenmesinde birlikte bulundurulmalıdır.

POTASYUM

Sebzeler potasyum bakımından zengindir, böylece tavuk yemi olarak verilen geleneksel karma yemlerin gerekli miktarda bu elementi içermesi gerekir (yüzde 0.7-1.0). Kümes hayvanları için potasyumun başlıca kaynakları çim küspesi, baklagiller, tohum-kekleri ve kabuğu çıkarılmış danelerdir.

Gine tavukları rasyonda yüzde 0.35-0.50, kazlar ve ördekler yaklaşık yüzde 0.40 oranında olmasına ihtiyaç duyarlar. Kafes kanatlıları için en uygun potasyum seviyesi yüzde 0.35-0.48 ve sodyum düzeyi de yüzde 0.25'dir. Kümes hayvanları için ticari karma yemlerde potasyumun az bir fazlalığı, bu hayvanlar için zararsızdır.

Tablo 14. Kanatlıların potasyum gereksinimleri (Pan'kov ve ark., 1972).

<i>Gruplar</i>	<i>Yaş (haftalar)</i>	<i>K için normlar (%) Kombine yem</i>	<i>Kaynak</i>
Yumurta veren tavuklar	0-8	0.2	US Bureau of Standards, 1971
"	8-18	0.16	"
"	0-4	0.2	UK norms, 1975
"	0-16	0.4	Scott, USA, 1970
Broiler civcivleri	0-8	0.3	"
Yumurtacı tavuklar	—	0.4	"
Hindi palazları	0-8	0.4	US Bureau of Standards, 1971
"	0-16	0.6	Scott, USA. 1970
Damızlık hindiler	—	0.6	"

Yaşamının ilk 2-3 haftasında, yüzde 0.07-0.17 potasyum içeren sentetik rasyonlar ile beslenen civcivlerde potasyum eksikliğinde klinik belirtiler ortaya çıkar (bozuk büyüme, kaslarda zayıflık, bağırsak atoni, kalp aktivitesi düşüklüğü, yüksek mortalite). Yüzde 0.20 potasyum içeren takviyeler kanatlıların hayatta kalma oranını artırır ve onların büyüme ve yemden yararlanmayı da geliştirir.

Rasyonda yüksek oranda potasyum fazlalığında (yüzde 1.0 veya daha fazla), sodyumun asimilasyonu bozulur, kanatlılar daha fazla suya ihtiyaç duyar ve dışkıları daha nemli hale gelir. Rasyonlarında yüzde 1.58 potasyum ve optimum klor ve sodyum düzeyleri içeren broilerlerde, düşük ağırlık artışı ve yemden yararlanmada zayıflıklar gözlenir (Vogt, 1971b).

Rasyonda sodyum düzeyi yükseltildiğinde, yüksek dozlarda kullanılan potasyumun toksik etkisi azalır. Civcivler ve hindi palazları için optimum K:Na oranı 2:1-2.5:1'dir.

KÜKÜRT

Hayvan vücudunda ve onun yiyeceklerindeki kükürdün çoğu kükürtlü amino asitlerden sistin, sistein ve metiyonin ihtiva eden proteinlerde bulunur. Sadece küçük bir miktarda kükürt, başlıcası sülfat olmak üzere inorganik formda yer alır. Vücut yaklaşık olarak %0.15 kükürt ihtiva eder. Kanda küçük miktarda kükürt bulunmaktadır. Yün, sistin amino asidince zengin olup %4 civarında kükürt ihtiva eder. Bundan başka kükürt, tiamin ve biyotin gibi iki önemli vitaminin, oksidasyon-redüksiyon olaylarında önemli rol oynayan glutation bileşiğinin, insülin hormonunun, koenzim A'nın ve bağ dokusunda görev alan kondroitin sülfatın yapısına girer. Bütün bu bileşikler biyolojik olarak önemlidirler. Bu bileşiklerin sentezi için gerekli olan sülfür, kükürt ihtiva eden amino asitlerce karşılanmaktadır. Organik kükürtlü bileşiklerin son katabolik ürünleri sülfürik asit ve taurindir. Sülfürik asidin küçük miktarlardaki organik türevleri ve sülfatlar idrarla, taurin ise safra ile dışarı atılır.

Bütün çiftlik hayvanları için rasyonların çoğu kükürtlü proteinlerce yeterlidir. Sülfürlü amino asitlerin rasyonda noksan olması durumunda monogastrik hayvanların kükürt ihtiyaçlarının bir kısmı inorganik fosfatlar tarafından karşılanabilmektedir. Fakat kanatlılarda sülfatların sistinden tasarruf etme etkisi oldukça düşüktür.

Aşırı miktarda sülfatlar yem tüketimini azaltarak, çinko, manganez gibi minerallerden hayvanların yararlanmasını düşürürler.

Memelilerden farklı olarak, SO_4^{2-} 'e olan gereksinimler S-amino asit metabolizmasının bir sonucu olarak meydana gelen sülfatlar tarafından karşılanır, civcivler rasyona sentetik veya doğal bir (S-amino asit parçaları yerine) sülfat eklenmesi ile büyümede belli bir artışla

karşılık verir. Bu etki, amino asitlerin ve/veya taurinin sentezinde inorganik kükürtün kısmi olarak kullanılması, belirli bileşiklerin sentezi (özellikle kondroitin sülfat) için kanatlıların sülfata ihtiyacı ile ve vücutta yer alan detoxifiye süreçlere katılımı ile izah edilebilir.

İnorganik kükürt kullanımı az olduğundan, kümes hayvanları için beslemede herhangi önemli bir rol oynamazlar. Kükürt için kanatlıların gereksinimleri yemlerinde doğal protein (çoğunlukla hayvan) veya sentetik S-amino asitlerin rasyonlarına ilavesi ile ihtiyaçlarının karşılanması gerekmektedir. Bu gerekliliklerin, kümes hayvanlarının amino asit beslenmesi normlarına uyması gerekir. Rasyonda S-amino asit yeterliliğine, özel ilgi gerektiren yoğun protein sentezi dönemlerinde (büyüme, tüy dökümü, yoğun yumurtlama) dikkat edilmelidir.

Elemental sülfür veya tercihen sodyum sülfat ile S-amino asitlerin rasyonda ikamesinin sadece broiler civcivlerinde etkili olduğu görünmektedir; amonyum ya da sodyum sülfatın yumurtacı tavukların rasyonlarına eklenmesi ise - metiyonin ya da sistin ilavesinin aksine - çok etkili değildir (Miller ve ark., 1974).

Yüzde 0.1 sodyum sülfatın broilerlerin rasyonlarına protein miktarı oldukça düşük olduğu zaman ilave edilmesi yerine metiyonin veya sistin kükürtünün eşdeğer bir miktarda ilavesi tavsiye edilir. Yüzde 24 ve 20.5 protein içeren broiler rasyonlarında sülfat ve metiyonin ilavesinin, civcivlerin büyüme veya tüylenmeleri üzerinde hiçbir etkisi yoktur.

Deneyisel sonuçlar sülfatın etkisinin sadece konsantrasyonu ile ilgili değil, aynı zamanda rasyonun S-amino asit oranı (metiyonin ve sistin) ile de ilgili olduğunu göstermektedir. En iyi sonuçlar sülfür bileşiğinin aşağıdaki içeriği ile elde edilmiştir: yüzde 41 metiyonin, yüzde 50 sistin ve yüzde 9 sülfat (Soares, 1974). Başka bir çalışmaya göre, broilerlerde rasyonda toplam S-amino asitlerin (ya da ekleme seviyesinin yüzde 25-50'sinin) içeriğinin yaklaşık yüzde 6'sının inorganik sülfat ile ikame edilebilir olduğu önerilmiştir (Soares ve ark., 1974).

Böyle bir adımın ekonomik değeri belirgin olsa da, aşırı sülfat ya da elemental kükürt toksik olabilir, unutulmamalıdır. Buna göre, bu mineral katı kontroller altında kullanılmalıdır.

MİKROMİNERALLER

DEMİR

Demirin vücutta çok önemli fonksiyonları vardır. Fakat genel olarak çiftlik hayvanlarının, özellikle ergin olanlarının ilave demire ihtiyaçları yoktur. Çünkü pratikte kullanılan rasyonlar yeterli miktarda demir ihtiva ederler.

Demirin Fonksiyonları ve Vücutta Dağılımı. Çeşitli hayvan türlerinin vücutları kg canlı

ağırlık için 60-70 mg Fe ihtiva ederler ki bunun %60-70'i hemoglobin formunda, %3'ü miyoglobinde, %26'sı depolarda, %1'den daha azı da demir taşıyan bileşiklerde yer alır.

Hemoglobin, miyoglobin ve diğer birçok solunum enzimleri demiri "hem" adı verilen şelatlaşmış porfirin kompleks formunda ihtiva ederler. "Hem" ise biyolojik olarak aktif bileşiklerde değişme gösteren proteinlere bağlanır. Hemoglobin respirasyon olayında oksijen taşıyıcı olarak görev yapar. Demir ve globin arasındaki bağlar demiri iki değerli formda stabilize eder ve oksijene reversibl olarak bağlanır. Hemoglobin oksijeni akciğer ve dokular arasında taşır. Kan hemoglobin yoğunluğu tür, yaş ve cinse göre farklılık göstererek çeşitli türlerde bu değerler 100 ml kanda 10-18 gr arasında değişir.

Miyoglobin, kas globini ile "hem" in birleşmesinden meydana gelir. Oksijen için daha fazla bir affiniteye sahip olup kasta oksijen deposu olarak görev yapar. Kasın fonksiyonları için miyoglobin zorunludur. Demir, demir ihtiva eden birçok enzimlerde örneğin, flavoprotein enzimleri (ksantin oksidaz, süksinik dehidrojenaz) ile hemoprotein enzimlerinde (sitokrom enzimleri, katalaz, peroksidaz vb.) yer alır. Bu sonuncu enzimler hücre seviyesinde oksijenin kullanılması için mutlaka zorunludur.

Demirin vücutta depo rezervleri "ferritin" ve "hemosiderin" adlı "hem" olmayan iki bileşikte yer alır ki bunlar en fazla karaciğer, dalak ve böbreklerde lokalize olurlar. Ferritin "hem" olmayan bir proteinli bileşik (apoferritin) olup %20 demir kapsar. Hemosiderin esas olarak proteinsiz bir agregatta (kütlede) ki üç değerli demir hidroksitten oluşur. Bu bileşik %35'e kadar varan demir kapsar. Demir, kan serumunda "transferrin" adı verilen renksiz bir proteine tutunmuş olarak bulunur. Bu da tıpkı hemoglobinin oksijeni taşıması gibi fonksiyon göstererek demiri taşımakta olup yapısı bir glikoproteindir.

Kırmızı kan hücreleri ve hemoglobin sürekli olarak parçalanır ve yerine yenileri konur. Bu nedenle demir, vücutta gayet aktif bir metabolizmaya maruz kalır. Kırmızı kan hücrelerinin parçalanmasından açığa çıkan demir, parçalanmış hemoglobinin yerini almak üzere kemik iliğinde meydana gelen hemoglobin sentezi için tekrar kullanılır. Hemoglobin sentezi böbrekte üretilen "eritropoetin" olarak isimlendirilen glikoprotein yapısında bir hormon tarafından kontrol edilir. Bu hormon kanda mevcuttur. İnsan müstesna, birçok hayvan türlerinde hemoglobinin ortalama ömrü iki ay kadardır. Hemoglobinin parçalanmasından açığa çıkan demir hemoglobinin resentezi için 9-10 defa, yani tekrar tekrar kullanılabilir.

Bu sıklıktan kaçan sadece küçük bir miktar demir safrayla, dolayısıyla dışkı ve idrarla dışarı atılır. Bu nedenle etkili bir şekilde demirin resiklüsünden dolayı çiftlik hayvanlarının bu minerale olan ihtiyaçları nispeten çok düşüktür. Vücutlarında kg kuru maddede 200-300 mg

bulunmasına karşılık, ihtiyaç, rasyon kaynaklı kuru maddenin her kg'ı için 25-100 mg civarındadır.

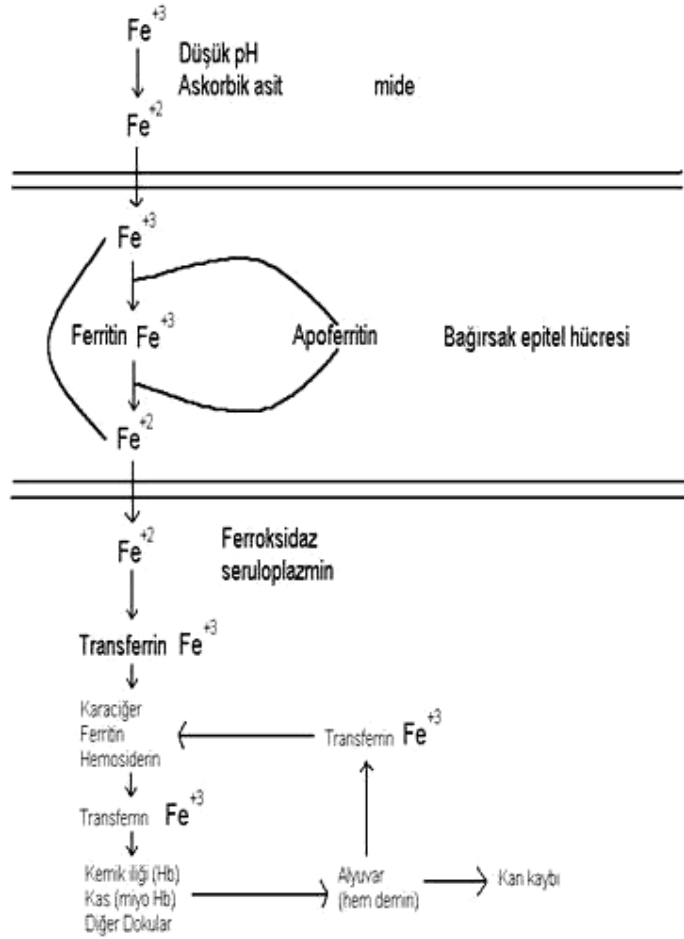
Demirin Absorpsiyonu. Demir sindirim sisteminden çok düşük düzeyde absorbe olur. Monogastrik hayvanlarda ana absorpsiyon yeri duodenumdur. Önce bağırsak lumeninden mukozal hücrelere absorbe olur. Hücre içinde kısmen transferrin'e kısmende ferritin'e bağlanır. Kan plazmasında taşınması için seröz zar yüzeyinde transferrin'e tutunur. Plazmada taşınmayan demir, hücre ayrılıp dökülünceye kadar hücrede kalır. Böylece, gastrointestinal sistemin lumenine dönmüş olur. Ergin hayvanlarda demirin absorpsiyon katsayısı çok düşük olup %5-10 civarındadır ve bu değer hayvanın yaşı, vücudundaki demir durumu, alınan demirin kimyasal formu, miktarı ve rasyondaki diğer bileşiklerle demir arasındaki interaksyonlar tarafından etkilenir.

Demir absorpsiyonunda aşağıdaki noktalar da göz önünde tutulmalıdır:

(1) Demir absorpsiyonu vücudun ihtiyaçlarıyla yakından ilgilidir ve gençlerde erginlerden daha etkilidir.

(2) Balık unu gibi hayvansal kökenli yemlerde mevcut "hem" bileşikleri, demiri esas olarak inorganik tuzlar halinde ihtiva eden bitkisel yiyecek kaynaklarından daha iyi bir şekilde absorbe edilirler.

(3) Demir absorpsiyonu şelatlar tarafından da etkilenir. Onlardan bazıları (askorbik asit yahut sistin) absorpsiyonu artırırken diğerleri engeller. Demir absorpsiyonu iki değerli iyonlar (çinko, manganez, kobalt) tarafından düşürülür. Bu iyonlar bağırsak mukozasında bağlanma yeri için demirle rekabete girerler. Fosfatlar ve fitatlar demirle çözünmeyen tuzlar oluşturmak suretiyle demirin absorpsiyonunu engellerler. Bakır, demirin absorpsiyonunda anahtar rol oynar. Çünkü bakır mukozal hücrelerdeki ferritin'den demirin serbest hale geçmesini kolaylaştıran "ferroksidaz" enziminin yapısına girer.



Şekil 8. Vücutta demir metabolizması.

Rasyon kaynaklı demir hem organik hem de inorganik formda ve ferrous (Fe^{2+}) veya ferrik (Fe^{3+}) değerlik durumu ile bulunur. Rasyonda bulunan demirin sindirimi son derece değişken olup çok çeşitli kanatlı ve rasyon faktörlerinden etkilenir. Demir Emilimi sindirim sistemi boyunca gerçekleşir, ancak duodenum ve jejunum en önemli kısımlardır. Gıdalarda bulunan ferrik demir, emilim öncesinde hidroklorik asit ile muameleye girip proventrikulus ve mide içinde ferrous forma dönüştürülmesi gerekir. Askorbik asit veya sistein demirin ferrous indirgenmesini kolaylaştırır ve demirin emilimini artırır. Hem-demir kolay emilir ve iyonik demir için kullanılan farklı bir transport mekanizması kullanır. Demir emiliminin aşırı olmasını önlemek için sıkıca kontrol edilir. Vücut depoları demir açısından yeterli olduğunda, çoğu demir enterositlere girer ve ferritine bağlanır ve kana transfer edilmez. Gastrointestinal sistem lümeni içine dökülen kadar enterosite giren demir ferritin kalır. Bu mukozal blok önemlidir çünkü idrar veya safra atılımı demir homeostazında etkili rol oynamaz (Saiz ve ark, 1993; Henry ve Miller, 1995; McDowell, 1992).

Ferrous demir, ferrik forma yükseltgenir ardından kana transfer olur ve transferin ile

kompleks oluşturur. Demir ekspresine ihtiyaç duyan hücreler bir transferrin reseptörü ve Fe^{3+} -transferrinin kompleks yapısına katılır. Kemik iliği eritropoietik hücreleri demir alımında özellikle aktiftirler ve demiri hemoglobin sentezi için kullanırlar. Hücreler, elektron transportu (sitokromlar) ve oksijen bağlama (hemoglobin, miyoglobin) için çeşitli enzimler (oksidazlar ve oksijenazlar) ile kofaktör olarak demire ihtiyaç duyar. Demir aynı zamanda kırmızı ve siyah pigmentli tüyler için önemli bir kromofordur.

Demir depoları ferritin ve hemosiderin ile birlikte karaciğerde bulunur. Ferritin genellikle normal demir düzeyinde etkin rol oynar ve hemosiderin demir fazlalığında tampon hale dönüşür. Vücuttaki demir daima proteinler ile çok sıkı kompleksler oluşturur ve çok az serbest halde demir mevcuttur. Bu gereklidir, çünkü serbest iyonik demir reaktif oksijen moleküllerinin generasyonunu Fenton reaksiyonu yoluyla katalizler, hücrelerde ve bağ dokusunda oksidatif hasara yol açar. Vücut sıvılarında demirin çok sıkı şelasyonları, kanatlı dokularında bakteri ve parazitlerin replikasyonları (çoğalmaları) için ilk sınırlayıcı besini meydana getirir. Patojenlerde bulunan demir, hastalık direnci için önemli bir bileşendir. Bir immün yanıtın akut fazı sırasında, karaciğer çok miktarda transferrin üretir, demiri doku sıvılarından uzaklaştırır ve bakteri ve parazitler için besin olarak kullanılamaz haldeki besinleri bölmelere ayırır. Hemo pexinin hepatik sekresyonu hasarlı hücrelerin temizlenmesi için heme izin verir böylece bu patojenlerin beslenmesine katkıda bulunmaz. 'Enfeksiyon anemisi'ni tersine çevirmek için kullanılan demir iğneleri veya çok yüksek rasyon takviyesi bu hastalığın organizmanın bir çeşidiyle girişimlerine bağlı olarak mortalite ve morbidite oranları artar (Hallquist ve Klasing, 1994).

Demir fosfitin ile birlikte yumurta sarısında bulunur. Yumurta akında da çok az miktarda demir bulunur. Bununla birlikte, yumurta akı büyük miktarda sadece kendi içinde glikozilasyonda transferrini farklılaştıran ovotransferrin içerir. Özellikle tüm serbest demir ile ovotransferrin kompleks oluşturur ve bakteriyel enfeksiyonlardan yumurtayı korur (Romanoff ve Romanoff, 1949; Morgan, 1975; Spick ve ark., 1988).

Demir İhtiyacı, Demir Eksikliği ve Toksisite. Demir ihtiyacı bazı fizyolojik durumlarda daha yüksek olabilmektedir:

Yumurtlama döneminde demire olan ihtiyaç çok yüksektir. Çünkü bir yumurtada 1 mg demir bulunmaktadır. Bununla beraber pratikte kullanılan yumurta tavuk rasyonları ilave bir demir kaynağına ihtiyaç göstermeden tavukların demir ihtiyacını karşılamaktadır.

Anemi, demir eksikliğinin ana sebeplerinden biri olup bunda, vücut demir rezervlerinde boşalma, kırmızı kan hücre sayısında ve kanın hemoglobin kapsamında azalma görülür. Anemi hemoglobin üretiminin sekteye uğramasından, artan hemoglobin

parçalanmasından ve kan kaybı gibi çeşitli nedenlerden de ileri gelebilir. Kan hemoglobini yoğunluğunun, normal düzeyin %25 altına düşmesi aneminin açık bir belirtisi olarak kabul edilebilir. Enfeksiyonlara karşı mukavemetin azalması demir eksikliğini karakterize eden önemli bir bulgudur.

Kümes hayvanları ve Japon Bildircinlarının demir gereksinimi, yaşamlarının tüm aşamalarında kuru madde bazında mısır-soya-unu temelli rasyona dayalı beslemede 50 ile 120 mg kg⁻¹ arasında tahmin edilmiştir (NRC, 1994). Demir gereksinimi rasyondaki kimyasal formdan ve diğer besin bileşenlerinin miktar ve oranlarından etkilenmektedir. Demir, hayvansal kaynaklı gıdalarda bitkisel kökenli gıdalara göre çok daha fazla bulunur. Kabaca, bitkilerdeki demir %10'dan daha az yararlanılabilirken hayvan besinlerindeki demir yaklaşık %30 oranında yararlanır. Rasyonda fitik asitin, tanenin, yağların, manganezin, çinkonun ya da bakırın yüksek düzeyde bulunması, inorganik demir emilimini azaltır ve gereksinimi belirgin oranda artırır. Hem-demir bu rasyon faktörlerinden çok daha az etkilenmektedir. Önemli kan kaybına sebep olan böcek veya parazit ısırması sonucu gereksinim artar (Baker ve Halpin, 1991; Pimentel ve ark., 1992; Bafundo ve ark., 1984).

Demir karaciğerde depolanır ve yeterli düzeyde bir rasyon ile herhangi bir eksiklikte pek çok hafta idare edebilir. Beton veya tel kafesler içinde büyüyen kanatlılar daha hassastır çünkü demir takviyesi sağlayacak toprak erişimleri yoktur. Demirce-fakir çevrede yetişen, hızlı büyüyen ve tahıl ile beslenen civcivler eksikliğe daha duyarlıdır. Demir eksikliğinde ilk belirtiler; hipokrom, mikrositer anemi olarak gözlenir. Diğer bir deyişle, dolaşımdaki kırmızı kan hücreleri sayıca az, soluk kırmızı renkli, küçük boyutlu ve düşük hemoglobin taşıma kapasitesine sahiptir. Kronik demir eksikliği sonucu olarak kırmızı ve siyah tüy rengi şiddetinde azalmaz, fakat tüm türlerde olmasa da çoğu türde gözlenir. Demir eksikliği olan yumurtlayan dişilerde gelişmenin ileri aşamalarında anemi nedeniyle embriyonik ölümler gerçekleşir (Morck ve Austic, 1981; Davis ve ark., 1962).

Demir toksisitesi rasyonda demir çok yüksek miktarda bulunduğunda (2000 mg kg⁻¹) oluşabilir. İlk tanı göstergesi karaciğer hücrelerinin lizozomlarında hemosiderinin kahverengimsi sarı tanecikler birikimi olarak mikroskopik olarak görünebilen hemokromatozdir. Depolama artıka, lizozomlar hasar görür ve iyonik demir serbest bırakılır ve bunun sonucu olarak da hücre zarları ve proteinlerin oksidatif hasarı gözlenir. Daha ileri evrelerinde ise, karaciğerde siroz gözlenir.

Rasyon kaynaklı demiri nispeten düşük seviyelerde tüketen bazı tür kanatlılarda demir depolama hastalığı olarak bilinen bir sendrom oluşur. Birincil belirti hemokromatozdir ve bu sendromun diğer belirtileri ise, kardiyomegali, splenomegali, assit, anoreksi, depresyon ve

deri pigmentasyonudur. Bu hastalık myna, toucan, hornbill, tanager, cennet kuşları ve esaret altında tutulan (ancak bunların yabani türlerinde nadirdir) sığırcıklarda yaygındır. Demir depolama hastalığı meyve yiyen ve böcek yiyen türlerde ağırlıklı olarak görülür ilginçtir ki, birçok meyve ve böcek demir kaynağı olarak kötüdür. Görünüşe göre, demir emiliminin azalması yeterince karaciğerde birikmiş olması anlamına gelmez. Enfeksiyon ve esaret stresi de bu hastalığın önemli bir etkeni olarak görünmektedir. Memelilerde stres, transferrin düzeyi düşüken karaciğerde demir dönüşümüne aracılık eden laktoferrinin indüksiyonuna neden olur, böylece gastrointestinal kanaldan demir emilimi azalır. Kanatlılar laktoferrine memelilerdeki gibi aynı işlevi yapmazlar ve stres sırasında transferrin düzeyleri artarak, görünüşte karaciğerde demir dönüşümü artar ve aynı zamanda emilim de artmış olur (Kincaid ve Stoskopf, 1987; Ward ve ark., 1991; Dierenfeld ve ark., 1994; Hallquist ve Klasing, 1994; Cork ve ark., 1995).

Tablo 15. Kanatlılar için demirin gereklilik normları.

<i>Gruplar</i>	<i>Yaş (haftalar)</i>	<i>Gereksinim (Kombine yem mg/kg)</i>	<i>Kaynak</i>
Yumurta veren tavuklar	0-8	80	US Bureau of Standards, 1971
"	0-8	88	Scott, USA, 1970
"	8-16	55	"
"	0-16	75	UK norms, 1975
Yumurtacı tavuklar	—	44	Scott, USA. 1970
"	—	40-60	West German norms
Hindi palazları	0-8	88	Scott, USA. 1970
"	8-16	55	"
"	0-8	60	US Bureau of Standards, 1971
Damızlık hindiler	—	44	Scott, USA. 1970

Rasyon kaynakları. Yoğun ve kaba yemlerde bulunan demir genellikle hayvanın ihtiyacını karşılamada yeterlidir. Baklagil bitkilerinin demir kapsamı (kuru madde esasına göre 200-400 ppm) çayır otlarının ihtiva ettiğinden (40 ppm) daha yüksektir. Tahıl daneleri 30-60 ppm; yağlı tohum küspeleri 100-200 ppm demir içerir. Süt hariç, hayvansal kökenli yiyecekler demirin zengin kaynaklarıdır.

Birçok tahıl 30-60 mg kg⁻¹ demir içerirken baklagil tohumları tipik olarak daha yüksektir (McDowell, 1992). Birçok baklagil ve çimenin vejetatif kısımları kuru madde bazında 50-700 mg kg⁻¹ demir içerir. Meyveler özellikle demir açısından düşüktür, kuru maddede 15-40 mg kg⁻¹ demir içerirler. Bitkilerin demir içeriği yüksek değişkenlik gösterir,

kısmen türlere bağlıdır, ancak aynı zamanda toprağın demir içeriği, pH'sı, kimyasal formu gibi özelliklerine ve diğer mineral seviyelerine de bağlıdır. genellikle yırtıcı Omurgalı lar yaklaşık 500 mg kg⁻¹ demir içerir. Kalsiyum fosfat, kireçtaşı ve diğer birçok ticari mineral takviyeleri demir içeriği açısından oldukça yüksektir (2000-5000 mg kg⁻¹). İçme suyu da beslenme açısından önemli seviyelere demir içerebilir.

Demir yaygın olarak ferrous sülfat, ferrik klorür, ferrik sitrat, ferrik amonyum sitrat, ve demir amino asit kompleksleri olarak rasyona ilave edilir. Yapılan incelemelerdeki tüm kanatlılar için demir oksitin kullanılabilirliği oldukça zayıftır (Henry ve Miller, 1995).

Tablo 16. Kümes hayvanları için temel rasyonlarında bulunan demir ve bakırın ortalama içerikleri (Scott ve ark., 1969).

Yemler	İçerik (kuru maddede mg/kg)	
	Fe	Cu
Yonca unu	180	10.0
Arpa	50	7.5
Mısır	35	4.5
Kurutulmuş mısır distilatı	500	80.0
Yulaf	70	8.0
Buğday	50	7.8
Soya ekstraksiyonundan küspe	500	20.0
Soya küspesi	150	20.0
Pirinç kepeği	190	13.0
Buğday kepeği	150	12.0
Kurutulmuş yağsız süt	30	3.0
Balık unu	270	20.0
Kemik unu	500	12.0
Kan unu	2000	40.0

Hayvansal kökenli yemlerde bulunan demirin porfirin gruplarının, kanatlılar tarafından zayıf asimile edildiği gözlenmektedir. Bitkisel kökenli yemlere ek olarak, organik ve inorganik demir tuzları içeren kümes hayvanları için asimile edilebilir demir kaynakları; klorür, sülfat, gliserofosfat'tır.

BAKIR

Bakır büyüme için esansiyel bir mineral olup eksikliği, bütün hayvan türlerinde klinik ve patolojik anormallikler ile hastalıklara neden olur.

Hayvan Vücudunda Bakırın Fonksiyonları. Bakır; sitokrom oksidaz, lysyl oksidaz, süperoksit dismutaz ve tirozinaz dahil olmak üzere hücre içi ve hücre dışı çeşitli enzimleri için bir bileşendir. Bakır, oksidaz fonksiyonu olan, ferroksidaz, monoamin oksidaz, sitokrom oksidaz, tirozinaz gibi birçok enzimin esansiyel kısmını oluşturur; yani onun ayrılmaz bir

parçasını meydana getirir. Hayvan vücudunda bütün bu enzimlerin fonksiyonları aşağıda açıklanarak, bakır eksikliği çeken hayvanlarda ortaya çıkan hastalıklarla olan ilişkileri üzerinde durulacaktır. Bakır ihtiva eden ferrokسيداز enzimi demirin vücutta kullanılmasıyla ilişkili olup, transferrin bileşiğinin oluşumu için mutlaka zorunludur. Bu bileşik ise demirin kanda taşınması ve hemoglobinin molekülüne sokulması için gereklidir. Bu nedenle bakır, demirin hemoglobin sentezinde kullanılması için zorunludur. Tabiatıyla demir eksikliğinde olduğu gibi bakır eksikliğinde de anemi ortaya çıkar.

Her molekülünde 4 atom bakır ihtiva eden monoamin oksidaz enzimi birçok monoaminlerin aldehitlere oksidatif deaminasyonunu katalize eder ve kan damarları ile kemik dokusunun yapısal bütünlüğünü korumada fonksiyon gösterir. Normal şartlarda lisin amino asidi, bakır ihtiva eden bu enzim tarafından "desmozin"e (desmosine) dönüştürülür ki, kollajen ve elastin proteininin normal bir şekilde oluşturulması ise ancak desmozin bileşiğinin bu dokulara katılması suretiyle olur. Bakırca noksan hayvanlarda, bakır ihtiva eden bu enzimin aktivitesi düşer, kollajen ve elastinin yapısı bozulur. Bu da kemik kollajeninin sağlamlığını ve dayanıklılığını bozar. Bütün bunların sonucu olarak da bakırca noksan ruminantlar, domuzlar ve civcivlerde kemiklerde çok ciddi şekil bozuklukları (deformasyonlar) kendiliğinden oluşan (spontan) kırıklar ve ciddi kemik anormallikleri meydana gelir. Civciv ve domuzlarda bakır noksanlığında aortun elastik dokusunda (elastin'de desmozin azalması sonucu) bozulmalar ortaya çıkar ve ana kan damarlarında tehlikeli yırtılmalar (ruptür) görülür.

Bakır eksikliğinde sinirleri çeviren miyelin kılıfının oluşumu da bozulur. Çünkü, başlıcasını kolesterolün teşkil ettiği miyelininin lipid unsurunun sentezinde bakır ihtiva eden sitokrom oksidaz ve amin oksidaz gibi enzimler de görev alır. Dünyanın bazı bölgelerinde bakır eksikliğinde, çeşitli ülkelerde değişik şekilde isimlendirilen "neonatal ataksi"ler görülür. Bu ataksilere İngiltere'de "swayback" adı verilir.

Bakır eksikliğinde, pigmentasyon bozukluğu tirozin amino asidinin, koyu bir pigment olan melanin'e dönüşümünde bakır ihtiva eden "tirozinaz" enzimi ile ilgili bulunmaktadır.

Bakır eksikliği tüylerde kıvrımların azalmasına yol açar. Sonra öyle bir hale gelir ki yün elyafı saç telleri gibi düz çıkmaya başlar. Kıvrımlar (crimps) dahil, yünün karakteristik fiziksel özellikleri birbirine bitişik sistin kalıntılarındaki disülfid köprülerine bağlıdır. -SH'nın, -S-S- gruplarına oksidasyonunda bakırın tam olarak biyokimyasal rolü henüz bilinmemektedir.

Bakır eksikliği üreme fonksiyonlarında da aksamalara sebep olabilmektedir.

Hayvanların Bakırdan Yararlanmaları. Genel olarak bakırın absorpsiyonu oldukça düşük

olup, yiyecekten alınan bakırın %5-10'u absorbe edilerek vücutta tutulur. Fekal bakırın çoğu absorbe olmamış rasyon kaynaklı bakır olmakla beraber birazı safradan gelir ki safra zaten endojen bakırın salgılandığı ana yoldur. Bakırın absorpsiyon derecesi, dolayısıyla bu minerale olan ihtiyaç, diğer rasyonsal unsurlar tarafından önemli düzeyde etkilenmektedir. Örneğin, kalsiyum karbonatla bulaşık bitkilerde bakır absorpsiyonu belirgin şekilde düşmektedir. Molibden ve sülfatın bakır retansiyonunu sınırlayıcı etkisi, bakırın molibden ve sülfat ile olan interaksiyonundan ileri geldiği öne sürülmektedir. Buna göre mikroorganizmalar sülfattan sülfid oluşturmakta; sonra bu sülfid molibdat ile reaksiyona girerek tiyomolibdat'ı meydana getirmekte; bu sonuncu da bakır ile birleşerek çözünmeyen bakırtiyomolibdat'a dönüşerek rasyon kaynaklı bakırın absorpsiyonunu düşürmektedir. Diğer taraftan çok düşük düzeyde molibden ve sülfat ise bakırın toksik düzeyde artışına neden olabilmektedir.

Civcivlerin bakır sindirilebilirliği azdır, genellikle %30'dan daha düşüktür. Rasyondaki bakır emiliminin çoğu proventrikulus ve duodenumda olur. Rasyona bağlı düzeyleri yüksek kalsiyum, fosfor, fitik asit, oksalat ve tanenler, bağırsaklarda çözünmeyen kompleksler oluşturarak bakır emilimini azaltır. Bakır homeostazı, absorpsiyon oranının ağırlıklı olarak kontrolü ile korunur. Rasyonda bakır seviyesi yüksek olduğu zaman, bağırsak epitel hücreleri metallothionein sentezler, sisteince-zengin protein bakıra sıkıca bağlanır ve bakır emilimini geciktirir. Rasyonda çinko veya kadmiyum yüksek düzeyde ise, enterositler arasındaki transferden etkilenerek metallothionein uyarılır ve bakır emilimi bozulur.

Ani gereksinimler dışında bakırın fazlası, metallothionein ile kompleks oluşturarak karaciğer ve diğer dokularda depolanır. Örneğin, Büyük flamingolar ve Küçük akbalıkçılarda karaciğer ve böbrek metallothionein seviyeleri arttıkça bakır düzeyleri de artar. Ayrıca bakırın aşırı safra yoluyla atılır. Çoğu plazma bakır seruloplazminin bir bileşeni olarak bulunur. Seruloplazmin demir taşıma için gereklidir ve aynı zamanda bağışıklık yanıtının akut fazında önemli bir rol oynar. Bir enfeksiyon sırasında seruloplazmin sentez ihtiyacı bakır gereksinimini artırır (Noy ve ark., 1994; Baker ve Ammerman, 1995a; Koh ve ark., 1996; Cosson, 1989).

Hayvan Vücudunda Bakırın Dağılımı. Bu, hayvanın türüne, vücudundaki bakırın durumuna göre değişir. En yüksek düzeyde bakır yoğunluğu karaciğer, beyin, böbrekler, kalp ve saçlarda bulunur. Karaciğerde bakır yoğunluğu koyun, sığır ve ördeklerde (100-400 ppm), at, domuz, civciv ve hindilerdekinden (10-50 ppm) daha yüksektir. Karaciğer bakırın ana depolanma organı olduğundan kan plazmasına göre vücudun bakır durumu hakkında daha güvenilir bir endikatörü oluşturur.

Bakır İhtiyacı ve Bakırın Sağlanması. Sülfat ve molibdenin ortamda yer alması durumunda bakıra olan ihtiyaç belirgin derecede yükselmektedir.

Bakır eksikliğini gidermede çeşitli olanaklar mevcuttur:

- a- Otlayan hayvanların otlaklarındaki bitkilerin bakır seviyesini yeterli hale getirmek için bakır ihtiva eden gübrelerin kullanılması,
- b- Bakirli tuzların ek yem olarak kullanılması,
- c- Organik bakır komplekslerinin enjeksiyonu.

Domuz ve kanatlılar rasyonlarında 5-6 ppm bakıra ihtiyaç gösterirler. Doğal yemlerden oluşan rasyonlarla beslenen monogastrik hayvanlarda bakır eksikliği görülmez.

Kanatlılar için resmi olarak düzenlenmiş bakır gereksinimleri Tablo 15’te verilmiştir.

Gereksinim, yetersizlik ve toksisite. Bakır ihtiyacı bugüne kadar incelenen tüm kanatlı türleri içinde kuru maddede 8 mg kg⁻¹’ı geçmez. Genç kanatlılar yetişkinlere göre daha yüksek bakır gereksinimine ihtiyaç duyar ve eksikliğini görme olasılığı daha yüksektir (NRC, 1994).

Bakır eksikliği semptomları; anemi, kanamalar, topallık, infertil yumurta, ve düşük tüy pigmentasyonudur (Scott, ve ark., 1982). Anemi yetersiz demir kullanımına neden seruloplazmin düzeyinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Kanamalar kan damarlarının düşük elastik ve bütünlüğü sonucu, kusurlu elastin sentezinden kaynaklanmaktadır. Bakır eksikliğinde ölüm, genellikle zayıf ve esnek olmayan aortta gelişen aort anevrizması nedeniyle görülmektedir. Bakır eksikliği ile ilişkili topallık, özellikle büyüme plağı, kemik kollajen çapraz bağlanmasında bir hata nedeniyle oluşur. Epifiz kırıldak kalınlaşmış ve kötü vaskülarize olmuştur (Şekil 4d). Çıkan kemik ve eklem anormallikleri dizlerinde bir büyümeye nedendir ve perosis olarak bilinen bacaklarda eğilme durumudur. Bakır içeren enzim, tirozinaz, melaninin hatalı sentezi ve bakır eksikliğinde pigmentasyona neden olur. Bakır eksikliği dişilerde yumurtanın genellikle infertil olmasına ve kabuk zarındaki defektif kollajen nedeniyle anormal kabuk oluşumuna sebep olabilir. Plazma bakır düzeyleri ya da daha iyi seruloplazmin düzeyleri, bakır eksikliği için tanı koydurucudur. Ancak, plazma bakır ve seruloplazmin değerleri eksik kanatlıların bir enfeksiyonun akut fazı sırasında normal seviyelere doğru arttığı gözlenmiştir (Koh ve ark., 1996).

Rasyonda nispeten yüksek düzeylerde bulunan bakır; tavuk, bıldırcın, ördekler tarafından genellikle iyi tolere edilir. Rasyonla birlikte bakırın yüksek oranda kronik alımı (>250mg kg⁻¹) karaciğerde birikme, yavaş büyüme ile sonuçlanır ve gastroenterit ve anemiye neden olabilir. Gastroenterit, en ağır şekilde genellikle taşlıkta gözlenir ve koilin tabakası kalınlaşarak kanama olabilir (Wight ve ark., 1986). Rasyonda yüksek çinko bulunması

muhtemelen metallothionein üretimini uyarak, emilimi bozar ve detoksifikasyonu kolaylaştırır, bunun sonucu bakır toksisitesine karşı canlıyı korumuş olur.

Bakıra tolerans hayvan türlerine göre değişmektedir. Vanilya çiçeği, gün çiçeği gibi bazı bitkilerin ihtiva ettikleri alkaloidler, hayvanlarda zehirlenmelere yol açabilmektedir. Bu bitkilerin yenmesi durumunda karaciğerde meydana gelen tahribatın bakır birikimine karşı hayvanı daha hassas hale getirdiği öne sürülmektedir.

Rasyon kaynakları. Bakır topraktan bitkilere geçer; bitkinin bakır içeriği bu nedenle topraktaki bakıra, toprağın tipine, bitkilerin büyüme şartlarına bağlıdır. Bitkinin türü ve çeşitli kısımlarına göre de bakır kapsamı değişir. Yağlı tohumlardaki bakır miktarı (10-30 ppm) tahıl danelerinkinden (4-10 ppm) daha yüksektir. Baklagil otlarındaki bakır miktarı (kuru maddede 6-10 ppm) çayır otlarındakinden (4-10 ppm) daha fazladır. Dünyanın bazı bölgelerindeki topraklar bakırca oldukça zayıftır. Tabiatıyla bu durum burada yetişen bitkilere yansyarak onların bu mineralce zayıf olmalarına yol açar.

Bakır bitkiler için gerekli bir elementtir böylece, bitkisel yemlerin içindeki konsantrasyonları normalde yeterlidir (Tablo 16). Cırcı ve yumurta tavuğu için normal kombine yemlerinde, bakır konsantrasyonu yemde 10-20 mg/kg olarak kabul edilir. Bitkilerde bakır düzeyleri türlerine ve toprak faktörlere bağlı olarak kuru maddede 1 ile 50 mg kg⁻¹ arasında değişir. Bitkinin vejetatif bölgelerinde bakır mevcudu zayıf olabilir ve bazı bitkilerde yüksek düzeyde bulunan molibden ve kükürt bakır kullanımını engelleyebilir. Tahıl daneleri bakırı temel düzeyde içerir (4-8 mg kg⁻¹), ancak ekili baklagil tohumları genellikle yüksek düzeyde bakır içerir. Hayvan ve böcek dokularında bakır miktarı, rasyona bağlı olarak değişkenlik gösterir. Ancak, hayvansal kaynaklı gıdalarda yüksek miktarda bakır mevcuttur ve düzeyleri genellikle kanatlı gereksinimlerini karşılamak için yeterli düzeyden daha fazladır. Bitkisel kaynaklardan bakır biyoyararlanımı genellikle hayvan kaynaklarından önemli ölçüde daha düşüktür (Aoyagi ve ark., 1993).

Bakır genellikle bakır sülfat, bakır klorür ve bakır oksit olarak kafes kanatlılarının beslendiği rasyonlara eklenerek tamamlanmaktadır. Genel olarak, bakır -cuprous- (Cu⁺) bileşikler, bakır -cupric- (Cu²⁺) bileşiklerinden daha fazla kullanılabilir (Baker ve Ammerman, 1995a). Zayıf biyoyararlanım ya da diğer mineral ile etkileşim ile ilgili bir sorun olduğu zaman genellikle organik moleküller ile şelatlar veya bakır kompleksleri kullanılır. Bakır sülfat bazen gereksinimden çok fazla (100-250 mg kg⁻¹) seviyelerde rasyonlara eklenir çünkü antimikrobiyal bir etkiye sahiptir. Özellikle rasyona nispeten yüksek bakır ilavesi bitki mikozisi tedavisinde kullanılır.

Tablo 17. Kanatlılar için bakırın gereklilik normları.

<i>Gruplar</i>	<i>Yaş (haftalar)</i>	<i>Gereksinim (Kombine yem mg/kg)</i>	<i>Kaynak</i>
Tüm yaştaki yetişkin kanatlılar	—	2.5	VASKhNIL, USSR Ministry of Agriculture, 1976
Tüm yaştaki genç kanatlılar ve damızlıklar	—	3.5	"
Civcivler	0-8	4	US Bureau of Standards, 1971
Hindi palazları	0-4	6	"
Civcivler	0-16	2-3	West German norms, 1971
Tüm yaştaki tavuklar ve hindiler	—	11	Scott, USA, 1970
"	—	5	Hennig, East Germany, 1976
"	—	3-4	West German norms, 1971

Kümes hayvanlarının bakır gereksinimlerinin kuru yemde 3-5 mg/kg'ı aşması gerektiğini gösteren literatürde hiçbir güvenilir veri yoktur. Daha yüksek konsantrasyonlarda, kümes hayvanlarının rasyonlarında belirli bakır düzeylerine adapte olmuş veya elementin asimilasyonuna müdahale eden bakır antagonistleri varlığında biyojeokimyasal uzmanlık alanı gerekli olabilir. Çoğu durumda, kümes hayvanları rasyonlarını bakır ile tamamlamaya gerek yoktur.

Yarı-sentetik rasyonlarla beslenen broilerler üzerinde yapılan deneyler sonucunda, kombine yemde bakır gereksinimlerinin optimum düzeyi 1.7 mg/kg iken, en az 0.9 mg/kg olduğu gösterilmiştir (Grassman ve ark., 1971). TSKhA Fizyolojik Laboratuvarı tarafından yapılan deneylerde, konvansiyonel kombine yemlerin bakır ilavesinin civcivlerde; ağırlık artışı, iskelet kemiklerinin gelişimi veya organ ve dokuların kül ve mikroelement içeriği üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Georgievskii ve Zharova, 1973; Georgievskii ve Polyakova, 1977). Bakır takviyesinin yapılmamasının, kanatlıların sağlığı üzerinde, kuluçkalık yumurta üretiminde veya yumurta kalitesi üzerine herhangi bir olumsuz etkisi olmamıştır.

Pratik çalışma koşulları altında kanatlılarda herhangi bir bakır yetmezliği olgusu bildirilmemiştir. kurutulmuş yağsız süte dayalı rasyonlarla üretilen civciv ve hindi palazları için bakır eksikliği gözlenebilir. Diğer tüm bileşenler gibi bakır da rasyona eş olarak zarar verebilir.

İlk kez 1955 yılında domuzlarda yüksek dozlarda bakır (250 mg/kg'a kadar) kullanıldığında antibiyotiklerinkinden farklı bir büyüme etkisi izlenmiş, sonradan civciv ve yumurta tavuklarında aynı etki teyit edilmiştir. Ancak bu etki, açıkça farmakolojik olarak*,

zooteknik amaçla istihdam edilebilir. Kanatlıların uzun süreler için yüksek dozlarda bakır ile beslendiğinde, element karaciğer içinde konsantre hale gelir ve özellikle depolarında ve ortamda yükseltilmiş bakır konsantrasyonları ile sonuçlanan dışkı ile ortadan kaldırılır. Gübreleme için bu dışkıların kullanımı veya geviş getirenler için besleme bileşeni olarak rasyona katılması hayvanların zehirlenmesine neden olabilir (Davis, 1974).

Hayvan yemi üretiminde mikromineral gübre kullanımının artması, çevre kirliliğinin ciddi sorunlarından ve bu belirgin potansiyel zarar bu tür uygulamaların sorgulanabilir yararlılığına karşı tekrar düşünülmelidir.

Rasyonda bakır yeterliliği kriterleri; karaciğer ve kemiklerde bakır konsantrasyonunu, eritrosit ve hemoglobin içeriğini, hematokrit değerleri, ekstremitelerde defektlerin yokluğunu ve tüylerin durumu ve pigmentasyonunu içerir.

*Bakır sülfat kanatlı damızlıklarında gastrit, enterit ve mikozlara karşı profilaktik ve tedavi edici bir ilaç olarak uzun süre kullanılmıştır.

ÇİNKO

Çinkonun Vücutta Dağılımı ve Fonksiyonları. Çinkonun vücutta homojen bir dağılımı vardır. Vücudun ortalama çinko kapsamı 30 ppm'dir. Daha yüksek çinko yoğunlukları kemikler, karaciğer, böbrekler, deri, saç, yün ve özellikle, gözün bazı dokularıyla erkek seks organlarında bulunur. Çinko laktat, malat, glutamat dehidrojenaz, alkalın fosfataz, karboksipeptidaz A ve B ile karbonik anhidrazı da kapsayan çeşitli enzimlerin ayrılmaz bir kısmını oluşturur.

RNA ve DNA polimeraz enzimlerinin yapılarına giren çinko, protein biyosentezi ile de ilişkilidir. Eritrositlerde bulunan karbonik anhidraz enzimi karbonik asidin sentez ve parçalanmasını katalize eder.



Bu enzim vücutta normal asit-baz dengesinin sağlanmasında, kemiklerin kalsifikasyonunda ve yumurta kabuğunun oluşumunda önemli rol oynar.

Çinko birçok enzim sistemlerinde kofaktör olarak fonksiyon gösterir. Çinkonun dokulardaki dağılımı, çinko kapsayan enzim sistemlerinin vücuttaki dağılımı ile paralellik gösterir. Pankreastaki yüksek düzeyde çinko yoğunluğu, çinko ihtiva eden sindirim enzimleri ve insülin hormonuna bağlı çinko ile ilişkilidir.

Çinko İhtiyaçları ve Absorpsiyonu. Pratikte kullanılan rasyonların çoğu çiftlik hayvanlarına

yeterli miktarda (kuru madde esasına göre 30-40 ppm) çinko sağlar. Yemlerde mevcut çinkonun %15-30'u bütün çiftlik hayvanları tarafından absorbe edilir. Absorpsiyonun başlıca yeri ince bağırsaklardır.

Çinko absorpsiyonu kalsiyum ve bakır gibi birlikte bulunduğu çeşitli iyonlar tarafından engellenir; bunun nedeni absorpsiyon yeri için rekabettir. Doğal olarak bu durum eksiklik semptomlarını daha da kötüleştirir. Domuzlarda büyümeyi stimüle etmek için rasyona sokulan 250 ppm bakır ilave edildiği zaman, ilave 150 ppm rasyona sokulması gerekir. Çinko absorpsiyonu, monogastrik hayvanlarda soya ve mısır gibi konsantre yemlerde mevcut fitik asit tarafından da düşürülür. Fitatlar, çinkoyu kolayca absorbe edilemeyecek ve serbest hale sokulamayacak şekilde bağlarlar. Fitik asitle birleşerek bir kombinasyon oluşturan çinkonun absorpsiyonunu artırmak için otoklav işlemine başvurulur veya sentetik bir bileşik olan ve çinko ile bir şelat teşkil ederek onun absorpsiyonunu kolaylaştıran, yarayışlılığını artıran etilendiamintetraasetik asit ile muamele edilir.

Çinko, ince bağırsağın en önemli bölgesi olan onikiparmak bağırsağı boyunca ile pasif difüzyon ile emilir. Çinko sisteince-zengin bağırsak proteinine (Crip) bağlı epitel hücreleri ile çapraz geçiş yapar. Vücut depolarındaki ve rasyondaki çinko yüksek ise, bağırsak hücreleri büyük miktarlarda, çinkoyu sıkıca bağlayan ve sonrasında kan taşınması için Crip'e bağlanmasını engelleyen metallothionein sentezlenir. Çinko emilimi, rasyonda yüksek düzeylerde fitik asit, kalsiyum, fosfor, bakır, kadmiyum veya krom seviyelerini azaltır. Kalsiyum ve fosfatın çözölemeyen formu çinko ile bağırsak lümeninde tortulaşır. Bakır, kadmiyum ya da krom çinko emilimini engeller, bağırsak epitelinde metallothioneini uyarır. Çinko, EDTA, sitrat ya da amino asitler (histidin, sistein, metiyonin) gibi bazı küçük ligantlar ile kompleks oluşturur ve diğer mineral veya fitik asit üzerindeki olumsuz etkilerinden daha az etkilenir (Kratzer ve Vohra, 1986; Hempe ve Cousins, 1992; Baker ve Ammerman, 1995b).

Önce emilir, çinko albümine bağlanır ve albumine-bağlı çinko kolaylıkla dokulara transfer edilir. Çinkonun en yüksek alımı kemiklerde meydana gelir, ancak karaciğer, bağırsak, pankreas ve dalak da çinkoyu biriktirir. Bu ikinci dokularda, bu çinkonun parçası metallothioneine bağlanır ve bir depolama havuzu olarak görev yapar. Kemik depoları son bir kaç gün daha kullanılırken, yakın bir zamanda çinko eksikliği gelişir. Böylece, iz minerallerin tümü çinko depolama havuzlarından gereksinimi az miktarda karşılarlar ve beslenme eksikliklerini de önleyemezler (Harland ve ark., 1975; Emmert ve Baker, 1995).

Çinko çok sayıda fonksiyona sahiptir ve 200'den fazla enzimin aktivatörü veya kofaktörüdür. Genellikle, çinko protein-DNA etkileşimlerinde yer alan 'çinko parmak' yapısal motiflerini dengeler ve bu gen düzenlenmesinde önemlidir. Çinko aynı zamanda tüyün önemli

bir pigmentasyon metalidir. Açıkça, çinko iz minerallerin metabolik olarak en aktif olanları arasındadır ve eksikliğinde tüm metabolik yollar, gen ifadesinin regülasyonu ve hücre bölünmesi bozulabilir. Aşırı çinko pankreas salgısı ve safra yoluyla atılır.

Gereksinim, yetersizlik ve toksisite. Tavuklar, ördekler, Japon bildiricıları ve Halka-boyunlu sülünler için çinko gereksinimi, yaşam döngülerinin her aşamasında kuru maddede 70 mg kg⁻¹'ı geçmez (NRC, 1994). Çinko gereksinimi sülünler ve hindiler için tavuk veya bildiricılardan daha büyüktür. Kemikte çinko birikimi ve iştahsızlık kanatlıların çinko gereksinimi belirlemek için tipik olarak kullanılır.

Çinko ihtiva eden enzimler esas itibariyle protein metabolizması ve hücre çoğalması ile ilgili olduğundan, eksikliğinde büyümede gerileme, yiyecek tüketiminde düşme, yemden yararlanmada azalma, üreme fonksiyonlarında bozulma; deri, saç, tüy ve yünlerde anormallikler ortaya çıkar. Çinko eksikliği tahıl rasyonlar ile beslenen kafes kanatlılarında nispeten daha yaygındır. Rasyonda çinkonun az miktarda bile eksikliği iştah azalmasına neden olur. Daha ciddi eksiklikler gıda tüketiminde keskin bir düşüşe neden olur. Çinko eksikliği hücre çoğalması ve büyüme de dahil olmak üzere tüm önemli fizyolojik süreçleri, tüylenmeyi, kemik büyümesini, doğurganlığı, immunokompedansı, elektrolit dengesini, öğrenme ve davranış bozukluğuna sebep olur. Tibiotarsus ve tarsometatarsus kemiklerin kısalması ve kalınlaşması, genişlemiş dizler ve zayıf tüy pigmentasyonu yetişkin sülün ve bildiricılarda çinko eksikliği için tanı koydurucudur. Çinko eksikliğine maruz kalmış tavuklarda yumurta veriminde düşme, yumurtanın çıkış gücünde azalma ve çıkan civcivlerin gelişememesi gibi semptomlar görülür. Böyle civcivlerde iskelet gelişmesi aksar, uzun kemikler kısalır ve kalınlaşır; çinko eksikliği çeken bütün hayvanların kemiklerinde çinko yoğunluğu düşer. Çinko, kalsifikasyona yol açan olaylarda önemli bir rol oynamakla beraber, bunun hangi aşamasında olduğu henüz tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Yumurtlayan dişilerde, çinko eksikliği üretilen yumurta sayısını bozar. Temel olarak civciv döneminde eksiklik görülen sülün ve bildiricın yumurtalarında kuluçka döneminde zayıflık ve nefes almada zorluk gözlenir. Ciddi eksiklikler teratojeniktir ve embriyo erken bir gelişim aşamasında iskelet deformasyonları gözlenerek ölür. Deri lezyonları çinko eksikliğinin en belirgin semptomlarıdır. Civcivlerde çinko eksikliği semptomları, derinin pul pul olması, kabuklaşması, çok kötü bir tüylenme ve tüylerin kıvrık kıvrık olması şeklinde görülür. Yetişkinlerde çinko eksikliğinde gaga çevresinde ve dil üzerinde, ayaklarında ve bacaklarında dermatit gelişir. Ördeklerde ayağın interdigital ağlarında hiperkeratoz ile karakterize ciddi bir dermatit gözlenir. Tüy dökmenin ardından yeni tüyler yıpranmış ve tüy mili yapısal bütünlüğü zayıflatabilen kabarcıklar içerebilir (Wight ve Dewar, 1976; Cook ve ark., 1984; McDowell,

1992).

Çinko eksikliği görülen hayvanlarda yaralar daha geç iyileşmektedir. Çinko tercihen iyileşmekte olan dokularda, deri ve kaslardaki yaralarda ve kemik kırıklarında yoğun bir şekilde yer almaktadır. Çinko eksikliğinde kollajen sentezindeki azalma, yetersiz çinko ve bu mineralin yokluğunda yaraların neden yavaş iyileştiğini açıklar.

Vitamin A metabolizmasında çinko eksikliğinin olumsuz etkisinin, çinko yetersizliğinin sebep olduğu, retinol'ü bağlayan protein sentezindeki azalmadan ileri gelebileceği öne sürülmüştür.

Kanatlılar muhtemelen çinko Emilimini etkili olarak düzenler ve rasyonda nispeten yüksek düzeyde çinkoyu tolere edebilirler. Tavuklarda, rasyondaki çinko düzeylerinde 1 gr kg^{-1} altında ve 2 gr kg^{-1} üzerindeki seviyeler toksik olarak bildirilmemiştir ve genellikle yetişkinler tarafından tolere edilebilmektedir. Papağanlar ve ördekler daha duyarlıdır. Madeni para veya galvanizli çelik gibi gıda dışı ürünlerin tüketimi çinko toksisitesinin en sık sonuçlarıdır. Toksikite belirtileri civcivlerde anemi ve yavaş büyüme değerleri veya yetişkinlerde kilo kaybı olarak gözlenir. Taşlık yüzeyi soluk renklidir ve inflamatuvar hücreler tarafından infiltre olur ve çatlaklar görülebilir. Dalıcı ördeklerde çinko zehirlenmesi sindirim enzimlerinin kaybı nedeniyle pankreatik asiner hücrelerde nekroza ve sindirim bozukluğuna neden olur. Tavuklarda rasyonda yüksek miktarda çinko ($>2 \text{ gr kg}^{-1}$) yumurtlamayı durdurur ve tüy dökmeye neden olur. Genellikle, çinkoca yüksek gıdalar ile ilgili diğer büyük sorun iz mineraller ile etkileşimde önemlidir. Rasyonda yüksek çinko miktarı; selenyum, demir ve bakır için olan gereksinimi artırır (McCormick ve Cunningham, 1984; Wight ve ark., 1986; Zdziarski ve ark., 1994; Bafundo ve ark., 1984).

Rasyon kaynakları. Bitkisel kökenli gıdalarda çinko konsantrasyonu ve biyoyararlanımı oldukça değişkendir. Bitkilerin vejetatif kısımlarındaki çinko miktarı kuru maddede 10 ile 300 mg kg^{-1} arasındadır, bu aralık da türlere, çevreye ve topraktaki çinko miktarına bağlıdır. Tohumlar kendi çinko içerikleri için biraz daha tutarlı olma eğilimindedirler, 10 ile 100 mg kg^{-1} arasında değişen seviyelerde. Bununla birlikte, birçok tohumda fitik asit ve oksalik asit nedeniyle çinkonun biyoyararlanımı düşüktür. Hayvan kaynaklı çoğu gıdalar yüksek biyoyararlanımlıdır ve çinko için çok iyi bir kaynaktır.

Çinko ve fitik asit arasındaki molar oran, bitkideki çinko biyoyararlanımı için birincil etkidir. Fitat:çinko molar oranları 12-15 olduğunda çinko Emilimi için zararlıdır. Fitik asidin Çinko Emilimi üzerinde negatif etkisi, rasyondaki yüksek kalsiyum miktarı ile daha da artmaktadır (Fordyce ve ark., 1987).

Çinko tipik olarak çinko sülfat, çinko karbonat, çinko oksit veya amino asit ile

kompleks çinko gibi ilave edilebilir. Galvaniz boru ile su temini ve çinkoyu zenginleştirir ve böylece eksikliği önlenir. Kafeslerde galvanizli tel bulunması çinko için büyük bir ek besleme olabilir. Birçok kafeste yetişen kanatlılar kafeslerini kemirir ve yeterince çinko ile beslenmiş olur, bu da bakır veya demir eksikliğine neden olabilir. Yeni kafesler özellikle çinko için zengin bir kaynaktır, bazı tür papağanlarda yeni kafeslere geçince birkaç hafta içinde ölümcül çinko zehirlenmesi gelişmiştir (Howard, 1992).

Kümes hayvanlarının beslenmesinde çinko normları hazırlanırken aşağıdaki hususlar esas alınmalıdır: Standart rasyonlarda çinko içeriği oldukça düşüktür (kuru maddede 25-30 mg/kg) ve çoğunlukla gereksinimlerini tatmin etmez ise; farklı cinsiyette, yaşta ve türde kanatlılar için farklı miktarlarda çinko gerekir demektir; hem primer hem de sekonder çinko eksikliği kalsiyum ve fitik asit ile antagonistik reaksiyonlara bağlı olabilir.

Kümes hayvanları, protein kaynağı olarak özellikle soya ve susam küspesi içeren bitkisel rasyonlar ile besleniyorsa daha fazla çinkoya ihtiyaç duyarlar. Kalsiyum ve fosforun fazlalığı ister basit bir rasyonda olsun veya mineral destekli rasyon olsun, çinko kullanımını inhibe eder.

Tablo 18. Kanatlılar için yem maddelerinde bulunan çinko içerikleri.

<i>Yem maddesi</i>	<i>Çinko içerikleri</i> (kuru maddede mg/kg)
Yulaf unu	140
Soya fasulyesi unu	27
Buğday (tahıl)	14
Arpa	15
Mısır	10
Yonca unu	32
Hayvan yemi mayası	39
Kuru <i>Torula</i> mayaları	100
Balık unu	110
Kemik unu	90
Kurutulmuş yağsız süt	40
Soya küspesi	45

Tablo 19. Kanatlılar için çinkonun gereklilik normları.

<i>Gruplar</i>	<i>Yaş (haftalar)</i>	<i>Zn dozu (Kombine yem mg/kg)</i>	<i>Kaynak</i>
Tüm yaştaki ve türdeki gruplar	—	50	VASKhNİL, USSR Ministry of Agriculture, 1976
Yumurtacı damızlık civcivler	0-8	50	US Bureau of Standards, 1971
"	0-20	30-40	West German norms, 1971
"	0-8	44	Scott, USA, 1970
"	8-20	33	Scott, USA, 1970
"	0-8	40	East German norms, 1971
Broiler civcivleri	0-8	50	US Bureau of Standards, 1971
"	0-8	50	East German norms, 1971
Damızlık yumurtacı tavuklar	—	65	US Bureau of Standards, 1971
Yumurtacı tavuklar	—	40-50	West German norms, 1971
"	—	22	Scott, USA, 1970
"	—	45	East German norms, 1971
Hindi palazları	0-8	70	US Bureau of Standards, 1971
"	8-16	50	US Bureau of Standards, 1971
"	0-8	66	Scott, USA, 1970
"	8-16	55	"
Damızlık hindiler	—	55	"
"	—	70	East German norms, 1971

Tavsiye edilen çinko normları: damızlık horozlar için 0-8 haftalık yaşta 60 mg/kg ve bundan sonrası için 40 mg/kg, et ve yavru ördekler ve ördek yavruları için 50-60 mg/kg ve yetişkin sülün ve beç tavuğu için 25-30 mg/kg'dır.

Tablo 19'da listelenen temel normlar, tarım deneylerinde defalarca kontrol edilmiş ve çeşitli yaş grupları ve kanatlı türlerinde uygulanabilirliği için düzeltilmiştir. Bu düzeltmeler bölgelerin ortamlarının çeşitliliği ile devam edilmelidir. Tablo 20'de örnek olarak, düzeltilmiş çinko normlarına yer verilmiştir.

Tablo 20. Broiler civcivlerinin büyümesinde bir fonksiyon olarak rasyondaki çinko düzeyleri (Avdonin, 1973) *.

<i>Rasyondaki konsantrasyon</i>	<i>56 günlük canlı ağırlık(g)</i>		<i>Yem içeriği</i>	<i>Yaşama oranı</i>	
<i>(mg/kg)</i>	<i>Horozlar</i>	<i>Tavuklar</i>	<i>Ortalama</i>	<i>(kg/kg ağırlık artışı)</i>	<i>(%)</i>
26	1390	1100	1230	3.0	90
36	1370	1250	1312	2.7	97
46	1520	1200	1412	2.6	97
56	1520	1202	1384	3.0	90
76	1350	1205	1311	2.9	93
96	1529	1270	1376	2.8	97

* Yemler karışık protein kaynakları içerir.

Bu ve diğer deneyler araştırmacıları; karışık protein kaynaklı rasyonlarda uygun çinko dozunun 46-52 mg/kg, bitkisel protein içeren rasyonlarda ise sadece 52-72 mg/kg olduğu sonucuna götürmüştür.

En uygun ve en etkili rasyon çinko takviyeleri; sulu çinko sülfat, çinko karbonat ve çinko oksittir.

MANGANEZ

Vücutta Dağılımı. Manganez vücut boyunca dağılım gösterir. Fakat toplam miktar diğer elementlerden çok daha düşük olup bakırın %20'si, çinkonun ise %1'i kadardır. Topraklarda manganez yoğunluğu çinkonunkinin 15 katı olmasına rağmen her iki elementin bitkideki yoğunluğu hemen hemen birbirine denktir. Bu durum bitkilerin ve hayvanların manganezi düşük düzeyde absorbe etmelerinden kaynaklanır. Manganez vücudun herhangi bir organında yoğun şekilde yer almaz. Fakat kemik, karaciğer, böbrek ve pankreasta (taze dokuda 1-3 ppm) iskelet dokusundakinden (0.1-0.2 ppm) daha fazla bulunur.

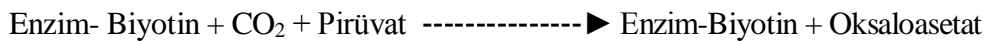
Manganezin Fonksiyonları. Çeşitli enzimlerin bir unsuru olarak vücutta özel biyokimyasal fonksiyonları vardır. Kemik matriksinde mevcut mukopolisakkaritlerin bir ögesi olan kondroitin sülfat sentezinde görev alan enzimlerin ayrılmaz bir parçasıdır. Manganez, bu biyosentezin iki aşamasında görev alır:

(1) Galaktozu (ki bu UDP-Galaktozdan gelir) Galaktoz-Galaktoz ksilaz trisakkaritine sokan galaktotransferaz enziminin aksiyonu için manganez gereklidir. Bu trisakkarit serin amino asidinin hidroksil grubu vasıtasıyla ilgili protein arasında bir köprü oluşturur.

(2) Kondroitin sülfatta yer alan polimerik polisakkaritlerin oluşumundan sorumlu polimerizasyon enziminin yapısına girer.

Mukopolisakkaritler kemikteki organik maddenin hayatsal derecede önemli unsurlarını oluşturur ki bu bulgular manganez eksikliğine bağlı iskelette görülen defetkleri biyokimyasal olarak açıklar.

Manganez, pirüvat karboksilaz enziminin de bir unsuru olup karbonhidratlar ve yağların metabolizmasında görev alır. Aşağıdaki mekanizma bu enzim için teklif edilmiştir:



Manganez, mevalonik asidin skualen'e dönüşümünü katalize eden enzimin kofaktörü

olarak ve kolesterol biyosentezi için gereklidir. Arginaz enziminin aktivitesini stimüle eder ve böylece üre üretiminde kontrol edici bir rol oynayabilir. Manganez ihtiva eden "dismutaz" enzimi, serbest radikallerin (O_2^-) hidrojen peroksit ve oksijene dönüşümünü (dismutasyon) sağlar ve böylece serbest radikallerin zararlı reaksiyonlarına karşı bir koruma mekanizması oluşturarak hücre bütünlüğünü korumuş olur.

Manganez Absorpsiyonu. Manganez absorpsiyonu düşüktür. Aşırı kalsiyum ve fosfor manganez absorpsiyonunu geriletir. Kalsiyum fosfat bağırsaklarda çökelir ve bu çökelti manganezi adsorbe ederek tutar. Manganezin başlıca ekskresyon yolu dışkıdır. Tabiatıyla fekal manganeeze, safra ve pankreatik yolla salgılanan endojen kökenli manganez de dahildir.

Manganez emilimi ince bağırsak boyunca gerçekleşir, ancak oranı nispeten yavaş ve değişkendir. Absorpsiyon lif, fitik asit ve fosfat, kalsiyum, demir ve kobalt gibi diğer minerallerin düzeyleri tarafından olumsuz etkilenir. Absorpsiyonu takiben, manganez α_2 -makroglobuline ve kanda transferrine bağlanır. Kemik, karaciğer, pankreas ve böbrek manganez dolaşımında en aktif dokulardır ve en yüksek konsantrasyonda bulunurlar. Manganez çok sayıda enzimin önemli bir aktivatörü olup aynı zamanda arginaz, piruvat karboksilaz ve manganez süperoksit dismutazın bir bileşenidir. Eksikliği sırasında, manganez işlevlerinin bazılarını örneğin magnezyum gibi başka mineraller ile gerçekleştirilebilir. Glikozil-transferazların aktivasyonu gibi diğer işlevleri, manganez eksikliğine çok duyarlı olup kemik ve kıkırdaklarda bulunan mukopolisakkaridlerin ve glikoprotein sentezindeki sorunların temelini oluşturur (Baker ve Halpin, 1991; McDowell, 1992; Liu ve ark., 1994, Henry, 1995).

Bir kanatlının gövdesinde biriken manganezin miktarı, hem absorpsiyon hem de boşaltım oranları ile düzenlenir. Safra birincil boşaltım yolu olarak görünmektedir. Büyüyen tavuklarda rasyon kaynaklı yüksek manganez tüketildiği dönemlerde manganez fazlalığı vücutta depolanır, ciddi şekilde manganez eksikliği olan rasyonlar tüketildiğinde yaklaşık bir ay yetecek manganez depolardan temin edilebilir (Baker ve ark., 1986).

Gereksinim, yetersizlik ve toksisite. Tahıl temelli rasyon tüketen tavuklar, halka boyunlu sülünler, Japon bildiricileri ve beyaz Pekin ördekleri için manganez gereksinimleri yaşam döngüsünün tüm evrelerinde kuru maddede 70 mg kg^{-1} 'dan azdır (NRC, 1994). Safılaştırılmış bir rasyonla beslenen kanatlıların gereksinimi absorpsiyona olumsuz etki eden faktörlerin yokluğu nedeniyle, oldukça düşüktür. Muhtemelen, hayvansal kökenli gıdalarda manganezin yüksek biyoyararlanımı nedeniyle etçil kuşların manganez gereksinimleri oldukça düşüktür. Bununla birlikte, av olan hayvanların karaciğer gibi iç organlarında büyük miktarda manganez bulunur. Parçalanmış güvercinlerle beslenen alaca doğanlarda manganez eksikliği

nedeniyle perosis görülebilir (Skyes ve ark., 1982).

Manganez eksikliği kanatlılarda, domuzlar ve ruminantlarda da görülmektedir. Bu eksikliğin defektleri, iskelet bozuklukları, büyümede gerileme, üreme fonksiyonlarında aksamalar ve yeni doğan yavru­larda anormallikleri kapsamaktadır. Büyüyen civcivlerin rasyonlarındaki manganez eksikliği "perosis hastalığı" adı verilen bacaklardaki bir malformasyon (bacak kemiklerinde kusurlu gelişme) ile kendini gösterir. Perosis genişlemiş ve kötü teşekkül etmiş diz eklemi, eğilip bükülebilen bir tibia ile uzun kemiklerin kalınlaşp kısalması şeklinde karakterize edilir. Eğer manganezce eksik rasyon hayatın ilk gününden itibaren verilmeye başlanırsa, bu semptomlar hemen ikinci haftada görülür. Daha sonraki aşamada ise achilles tendonu diz eklemine arkasındaki kondillerinden kayar ve bu tendonun bu şekilde sürekli kullanılması, civcivin bacağına eklem altına, yan ve arka taraflara çeker ve böylece perosisin tipik sendromu oluşur. Manganez, perosisin oluşumunda tek faktör değildir. Kolin ve biyotin eksiklikleri de benzer bir duruma yol açabilir. Kanatlılarda perosisi önlemek için manganeze ilaveten kolin de gereklidir. Aşırı kalsiyum ve fosfor perosisi daha kötü bir duruma sokar. Bunun muhtemel nedeni manganez absorpsiyonunu engellemesidir.

Damızlık tavukların rasyonlarındaki manganez eksikliği embriyonik civcivlerde besinsel "kondrodistrofi" (chondrodystrophy) adı verilen ciddi gelişme bozukluklarına yol açar. Bu hastalık - perosisle benzerlik gösterir - kısalmış ve kalınlaşmış bacak ve kanatlar, papağan gagalılık ve yüksek mortalite ile karakterize edilir.

Manganez eksikliği kabuk oluşumunda bozulma, özellikle, kabuk dayanıklılığında ve kabuk matriksindeki mukopolisakkaritlerin azalmasına yol açar.

Manganez eksikliği görülen büyüyen civcivlerde perosis benzeri sendrom, kısalmış ve kalınlaşmış uzun kemikler, bozuk tibiometatarsal (diz içi) eklem ve zayıflamış kıkırdak ile karakterize edilir (Bakınız Şekil 4c; Jensen, 1968; Leach, 1988). Aşıl tendonu, diz eklemine yassılaşmış ve zayıflamış lateral kondilden ayrılabilir ve bu da diz eklemlerinin deformasyonuna ve iltihabına, tibiotarsus ve proksimal tarsometatarsus kemiklerin bükümlenmesine sebep olur. Bu tür topallıklar kafeste yetişen ve enerji, protein ve kalsiyum açısından çok yüksek ancak temelde manganez biyoyararlanımı eksik olan rasyonlarla ad libitum yemlenmesine izin verilen precocial kuşların (örneğin av kuşları, devekuşları, su kuşları) birçok türünde yaygındır. Yabani kanatlılar arasında, yabani Kanada kazlarında rapor edilmiştir. Yeterli rasyon kaynaklı manganez, her gün tüketilen gıda miktarını kısıtlayarak büyüme yavaşladığı sürece bu durumu her zaman önlemeyebilir. Görünüşe göre, yeni iskelet kası ve diğer dokuların gelişmesinde ve bağ dokusu olgunlaşması için manganez kullanımı önceliklidir. Bu durum eklem kıkırdaklarında ve tendonların bağ dokularında ve onları

çevreleyen iskelet kaslarının büyüklüğünün ve gücünün zayıflamasına sebep olur. Büyüme kalori kısıtlaması ile yavaşlatıldığı zaman, kas büyümesi ve eklem gücü arasındaki zamanlama daha iyi karşılaştırılır. Manganez eksikliği perosisin en yaygın nedeni olmasına rağmen, bakır ya da kolin eksiklikleri bu hastalığa katkıda bulunabilir.

Yumurtacı kanatlılarda, manganez eksikliği kabuk incelmesine, düşük kuluçka randımanına ve embriyonun kondrodistrofisine neden olur. Yumurta kabuğunun incelmesi organik matrisin sentezindeki kesintilerden kaynaklanmaktadır. Manganez eksikliği olan kuluçkalık yumurtalardan çıkışta; tavuklarda tüylerinin fırça gibi olup aşağı doğru bakmasına, iskelet anomalilerine ve ataksiye ayrıca başlarının keskin şekilde geriye bükülmüş olmalarına “yıldızlara bakan duruş” neden olabileceğini varsayabiliriz (Scott, 1982).

Manganez en az toksik iz minerallerden biri olarak kabul edilir ve rasyonda 1000 mg kg⁻¹ seviyeleri bile tolere edilir. Semptomların çoğu çok yüksek manganezin kronik tüketimine bağlı olarak meydana gelir bu da diğer birçok minerallerin özellikle demirin sekonder eksikliğine bağlı oluşmaktadır.

Yumurtacı tavuklar ile ilgili olarak, kuru maddede 30-35 mg/kg manganezin rasyona ilavesi (yüzde 70-80) yüksek yumurta verimini sağlamak için yeterli olduğu deneyler ile gösterilmiştir. Diğer taraftan en yüksek kalitede yumurta kabuğunun* rasyona 55-60 mg/kg manganez ilavesi ile özellikle genç tavuklardan elde edildiği kaydedildi.

Tablo 21. Kanatlılar için manganezin gereklilik normları.

<i>Gruplar</i>	<i>Yaş (haftalar)</i>	<i>Mn dozu (Kombine yem mg/kg)</i>	<i>Kaynak</i>
Tüm yaştaki ve türdeki gruplar	—	50	VASKhNIL, USSR Ministry of Agriculture, 1976
Yumurtacı damızlık civcivler	0-8	55	US Bureau of Standards, 1971
"	0-20	50-60	West German norms, 1971
"	0-20	55	Scott, USA, 1970
Broiler civcivleri	0-8	55	US Bureau of Standards, 1971
Yumurtacı tavuklar	—	33	"
"	—	30-40	West German norms, 1971
Hindi palazları	0-8	55	US Bureau of Standards, 1971
"	0-8	77	Scott, USA, 1970
"	8-16	55	"
Damızlık hindiler	—	33	US Bureau of Standards, 1971
"	—	33	Scott, USA, 1970

Manganez takviyeleri manganez oksit, dioksit, sülfat, klorür ve karbonattır. Bu bileşikler, farklı çözünürlüklere sahip olsa da, aynı ölçüde civciv tarafından asimile edilir.

Etiketli bileşikler kullanılarak yumurtacı tavuk ve piliç üzerinde yapılan deneylerde manganez klorür, sülfat ve dioksit izotoplarının asimilasyonu arasında anlamlı bir farklılık olmadığını, ancak izotop olan $Mn^{52-54}Cl_2$ 'ün dokularda konsantre olup vücutta daha hızlı oranda asimile edildiği gözlenmiştir.

*Manganez dışıdaki yumurtalıkta asit mukopolisakkaridlerin sentezini etkiler.

Rasyon kaynakları. Kanatlıların manganez ihtiyacı diğer çiftlik hayvanlarından daha fazladır. Kanatlı rasyonların manganez içeriğini, manganlı tuzlar katarak 50 ppm'e, domuzlarınkinde 40 ppm'e yükseltmek çoğunlukla uygulanan bir pratiktir. Bu hayvanların rasyonlarını oluşturan yemlerin çoğu yetersiz miktarlarda manganez ihtiva ederler. Manganez tahıl danelerinin dış tabakalarında, yani kabuk kısmında yoğunluk kazandığından zengin kaynaklar olarak buğday kepeği (115 ppm) ile pirinç kepeği (200 ppm) sayılabilir. Kanatlılarda manganez eksikliği, manganez tuzlarının ek mineral yemlere veya karma yemin kendisine katılmasıyla önlenabilir. İlave manganez tavuklar tarafından yumurtalarına geçirilerek ileride gelişecek olan embriyo için kullanılır. Manganezin oksit, klorür, sülfat ve karbonat formları kanatlıların kolayca yararlanabileceği formlardır.

Bazı karbonat ve silikat cevherlerindeki manganez esas itibariyle yararlanılmayacak bir formdadır.

Bitkilerin vejetatif kısımları manganez için iyi bir kaynaktır (kuru maddede 60-800 mg kg^{-1}). Bitkilerin gerçek manganez konsantrasyonu toprak ve iklim koşullarına bağlıdır. Tohumlar daha az manganez içerirler (10-80 mg kg^{-1}). Gıdalarda bulunan manganez konsantrasyonu genellikle biyoyararlanımı aşırı değişkenlik göstermesi nedeniyle, manganez kaynağı olarak gıda değeri hakkında az şey söylenebilmektedir.

Manganez genellikle manganez sülfat, manganez dioksit, manganez karbonat veya manganez kompleksleri ve methionin olarak rasyonlarda tamamlanmaktadır (Henry, 1995). Manganez kompleksleri inorganik formlardan daha büyük biyoyararlanıma sahiptir ve diğer rasyon faktörlerinden daha az etkilenirler.

Genellikle kanatlı rasyonları (darı, buğday, bezelye, soya vb.) bu elementi yeterli miktarda içermezler (kuru maddede 20 mg/kg civarında). Tahıl yemleri manganez içeriklerine göre şu sırada bulunur: Yulaf, buğday, arpa, mısır. Buğday kepeği, yağlı küspeler ve kemik unu biraz daha büyük miktarda manganez içerirler. Bu nedenle, garanti olarak mangan tuzu takviyesi her türlü kümes hayvanı rasyonuna yapılır.

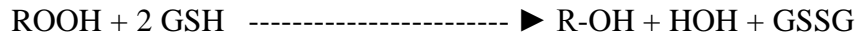
SELENYUM

Selenyumun toksik etkisi 19. yüzyılın ortalarında anlaşılmış olmasına rağmen,

esansiyel bir element olarak beslenme bakımından önemi 1950 yılında ortaya çıkmıştır. Hayvanlar için selenyumun faydalı düzeyi kuru madde esasına göre 0.1 ppm'den azdır. 3-5 ppm gibi dozlar ise toksiktir. Dünyanın farklı bölgelerinde topraktaki selenyum düzeyleri büyük çapta değişme gösterir. Bazı bölgeler bu mineralce yetersizken bazılarında aşırı miktarlarda selenyum bulunur. Esansiyel bir besin maddesi olarak selenyum vitamin E ile fonksiyonel bir ilişkiye sahiptir. Her ikisi de hücrede lipid metabolitlerin zararlı etkisine, yani oksidatif tahribatına karşı hücreyi korumada görev alırlar.

Selenyumun Biyokimyasal Fonksiyonu. Yakın zamanlarda yapılan çalışmalar selenyumun aşağıdaki iki fonksiyonunu ortaya çıkarmıştır:

(1) Selenyum, kandaki glutation peroksidaz enziminin ayrılmaz, yani entegral bir kısmını oluşturur. Glutathion peroksidaz enzimi (GSH-Px) molekül başına 4 atom selenyum kapsar. Bu enzim aşağıda verilen genel reaksiyona göre hidrojen peroksit ve yağ asitlerinin parçalanmasında oluşan peroksitlerdeki hidrojenlerin indirgenmesini katalize eder.



Burada ROOH lipid peroksitleridir. R-OH ise hücre bütünlüğüne zarar vermeyen hidroksil bileşikleridir. Selenyum ihtiva eden GSH-Px enzimi, peroksitler hücre membranlarına hücum etmeden önce onları parçalayarak fonksiyon gösterirken, vitamin E peroksitlerin oluşumunu engellemek suretiyle fonksiyonlarını yerine getirir. GSH-Px, kanda ve birçok organlarda faaliyetini sürdürür, fakat en yüksek aktiviteyi karaciğer ve eritrositlerde gösterir. Bu enzimin kan plazmasındaki aktivitesine bakmak suretiyle vücudun selenyum durumu değerlendirilir ve buna göre vücuda alınan selenyum miktarı ile ilişki kurulur.

(2) Selenyum pankreasın normal bütünlüğü ve fonksiyonu için de gereklidir. Pankreatik lipaz enzimi üzerindeki etkisinden dolayı selenyum lipid ve vitamin absorpsiyonu ile de ilişkilidir. Selenyum eksikliğinde pankreas dejenere olur, lipaz üretemez ve sonuç olarak monoglisericidler meydana gelmez. Halbuki vitamin E'nin absorpsiyonu için gerekli olan lipid-safra tuz misellerinin sentezi için monoglisericidlere ihtiyaç vardır.

Gerekli ve toksik seviyeleri de dahil olmak üzere selenyum beslemesinin niceliksel değerleri birçok farklı kimyasal formda oluşumları ile güçleşir. Selenyumun bilinen dört durumu; selenid (-2), elemental selenyum (0), selenit (+4), ve selenatedır (+6). Biyoyararlanım ve böylece ihtiyaç ve toksik seviyeler yüksek oranda rasyon formuna bağlıdır. Örneğin, elemental selenyum su veya lipidlerde çözünmez ve bağırsaklardan çok az emilir. Böylece, beslenme açısından selenyum seviyeleri ve gereksinimleri üzerine

tartışmalarda nonelemental selenyuma bakılır. Selenyum, selenate ve organik selenidler yüksek düzeyde ince bağırsakta ve özellikle de duodenumda emilir. Tavuklarda, selenyum Emilimi için homeostatik düzen gerekir ve doku seviyeleri dolu olsa bile alımı yüksektir. Selenit, selenate ve selenometiyonin Emilimi, sırasıyla sülfid, sülfat ve metiyonin absorpsiyonunu taklit eder. Kanatlı vücudunda selenyum atılımının birincil yolu trimethylselenonium ((CH₃)₃Se⁺) olarak idrarla atılımıdır. (Humaloja ve Mykkanen, 1986).

Selenyum en az üç enzimin esansiyel bir parçasıdır: Glutasyon peroksidaz, fosfolipid hidroperoksit glutasyon peroksidaz ve 5'-iyodo-thyronine deiyodinaz. Glutasyon peroksidaz enzimi peroksit formu enzimleri parçalar ve membranların oksidatif hasarına karşı savunmada önemlidir. E vitamini ayrıca önemli bir antioksidandır ve oksidatif hasarı azaltmak için glutasyon peroksidaz ile E vitamini birlikte çalışır. Selenyum ve E vitamininin bu tamamlayıcı doğası, gereksinim durumlarında karşılıklı koruyucu etki için temel oluştururlar (Combs ve Combs, 1986).

Gereksinim, yetersizlik ve toksisite. Rasyon kaynaklı selenyum ihtiyacı yiyecekten alınan selenyum formuna, uygulanan yeterlilik kriterine, rasyonun diğer unsurlarına ve özellikle vitamin E seviyesine göre değişir. Hayvan türlerinin çoğunluğu için tavsiye edilen selenyum ihtiyacı 0.1 ppm; hindilerin ise 0.2 ppm'dir.

Yoğun yemlerde, özellikle kaba yemlerdeki selenyum yoğunluğu onların yetiştirildikleri topraktaki selenyum durumuna bağlı olarak geniş çapta değişme gösterir. Selenyumdan yararlanmada onun kimyasal formları arasında farklılıklar vardır. En sık kullanılan inorganik selenyum formları selenat (SO₄²⁻) ve selenit (SO₃²⁻) olup bunlar sırasıyla sülfat ve sülfidlerin analoglarıdır. Yoğun ve kaba yemlerde selenyumun dominant formları, selenometiyonin (CH₃-SeCH₂-CH₂-CHNH₂-COOH), selenosistein (HSeCH₂-CHNH₂-COOH), yani metiyonin ve sisteyinin seleno analoglarıdır. İnorganik formlar, vücutta organik formlara göre daha az değerlendirilirler. Örneğin kanatlılarda inorganik formlar %25 düzeyinde yararlanılabilir bir durumdayken, organik formlardan yararlanma derecesi %60-90'dır.

Tavuk, ördek ve Japon bıldırcınlarının selenyum ihtiyaçları yaşam döngülerinin tüm aşamalarında 0.2 mg kg⁻¹ veya daha azdır. Yüksek düzeyde E vitamini kısmen glutasyon peroksidaz ihtiyacını değiştirir ve selenyum gereksinimini azaltır. Yüksek E vitamini içeren rasyonla beslenen tavuklar, düşük E vitamini içeren rasyonla beslenenlerden en az beş kat daha az selenyum gereksinimi duyarlar. Alımı yüksek olduğunda büyük miktarda selenyum vücut dokularında depolanır, beslenme eksikliklerinde bu depolar geçici tampon görevi görür (Thompson ve Scott, 1969; NRC, 1994).

Selenyum eksikliği gösteren hayvanlara selenyum sağlama yolları olarak enjeksiyonla veya ağız yoluyla selenyum tuzlarının verilmesi, küçük miktarda selenyum tuzları ihtiva eden karışımlarının yahut ta selenyumca zengin bölgelerdeki yemlerin kullanılması zikredilebilir.

Toprağın selenyum açısından düşük olduğu bölgelerde rasyonlarında ağırlıklı olarak tahıl tüketen kanatlılarda selenyum eksikliği oluşur. Selenyum eksikliği olan Japon bildiricinlerinde tüyler zayıftır, ciddi depresif büyüme gösterirler ve rasyonda E vitamini seviyesi düşük ise eksüdatif diyatezi gelişebilir. Eksüdatif diyatezi genellikle, göğüs ve karnın cilt altında jelatinimsi bir ödem olarak görülen ve sıvı kaçağı ile sonuçlanan kılcal membranda oksidatif hasara neden olmaktadır. Küçük kanamalar, morluk ve yeşil-mavi renk özelliği veren, sıvı içinde kan birikimine neden olur. Selenyumca eksik rasyonla beslenen büyümekte olan ördeklerde; mide, kalp ve ayrıca iskelet kaslarında miyopatiler gelişir. Selenyum ve/veya E vitamini eksikliğinde eşlik eden müsküler distrofide, bağ dokusu ile kas liflerinin yer değiştirmesi nedeniyle, özellikle pektoral kaslarda karakteristik beyaz çizgiler gelişmesi yaygındır. Tavuklarda, açıkca selenyum eksikliği pankreatik fibrozise neden olur. Pankreas disfonksiyon yağın ve yağda çözünen vitaminlerin emilimini azaltır. Selenyum ve E vitamini eksikliği birlikte görülürse eksüdatif diyatezi ve müsküler distrofiye neden olur (Combs ve Combs, 1986; Scott ve ark., 1982).

Selenyum zehirlenmesi birçok ülkelerde bölgesel olarak kendini göstermektedir. İhtiyaç olan miktarla (0.1 ppm) toksik düzeyler (3-5 ppm) arasındaki değişim sınırları oldukça dar olup, toksik düzey ihtiyacın 20 katı kadardır. Hayvanların vücutlarına zararlı düzeyde selenyum almaları onların, aşırı selenyum ihtiva eden topraklarda yetişen selenyum içeriği çok yüksek kaba yem bitkilerini yemelerinden kaynaklanır. 0.5 ppm'den daha yüksek oranlarda selenyum ihtiva eden topraklar çiftlik hayvanları için potansiyel olarak tehlikelidir. Çünkü bu gibi topraklarda yetişen bitkilerin selenyum içeriği 4 ppm'i bile geçebilmektedir. Yıldız çiçeği ve astragalus gibi bitkiler bünyelerinde 400-800 ppm selenyumu biriktirebilmektedirler ki böyle yabancı bitkilere "endikatör" bitkiler adı verilmektedir. Çünkü selenyumca zengin toprakların tanımlanmasında bir nevi rehber görevi yapmaktadırlar. Endikatör bitkiler topraktan selenyumu, birçok kaba yem bitkilerinin yararlanamayacağı formda absorbe edebilmektedirler. Bu bitkilerin ölmesi ile bu defa, bünyelerindeki organik selenyum toprağa geçerek buradan diğer bitkilere girmekte ve bu bitkileri yiyen hayvanlarda kronik zehirlenmeye sebep olmaktadır.

Aşırı selenyum kanatlılarda büyümenin, yumurta veriminin ve yumurtadan çıkışın azalmasına ve embriyonik anormalliklere sebep olur.

Adipoz dokusu dışında, selenyum vücudun bütün dokularında depo edildiği için

vücut kıl ve tüylerinde, kanda, idrarda, süt ve yumurtada tespit edilen yüksek yoğunluktaki selenyum, vücuda yiyeceklerle aşırı selenyumun girdiğine işaret eder.

Selenyum, gereksiniminden 50 kat daha yüksek seviyelerde (kuru maddede 5-20 mg kg⁻¹) alındığında kanatlılar için toksik hale gelir. Bu, iz mineraller arasında selenyumun en toksik olduğunu gösterir ve rasyonda eksikliğinde ve fazlalığında en düşük marja sahiptir. Hassas rasyon seviyesinde toksik olması kimyasal formuna bağlıdır. Organik selenidler çok zehirlidir. Bazı bölgelerde bulunan doğal gıdalarda selenyum konsantrasyonları akut veya kronik toksisiteye neden olabilecek kadar yüksek olabilir. Örneğin, Kaliforniya'nın yarı kurak Central Valley bölgesinde yapılan sulama uygulamaları doğal toprak yapısındaki selenyum tuzlarını çözer. Bu selenyum yüklü su, drenajla tarım arazilerinden sulak alanlara boşaltıldığı zaman, buharlaşma konsantrasyonu ile birlikte özellikle çok yüksek toksik etkisi olan organoselenyum bileşikler olarak, sucul bitki örtüsü ve omurgasızlar için 100 mg kg⁻¹'in üzerinde selenyum konsantrasyonu demektir. Selenyum zehirlenmeleri, bu sulak alanlardaki su kuşlarında da görülmüş ve ilk olarak kötü üreme başarısı ve büyük ölçüde deforme olmuş çok yüksek sayıda embriyo ve civciv olduğu gözlenmiştir (Ohlendorf ve ark., 1990).

Aşırı selenyum ile kükürt metabolizması, kükürt-selenyum kompleksleri ve sistein metabolizmasında kükürt için selenyum ikame oluşumuna bağlı olarak kükürt metabolizması ile karışır. Bu da protein sentezini azaltır ve mutasyona neden olan protein-gen etkileşimlerini engeller. Gelişmekte olan embriyo, özellikle yüksek selenyumdan kolayca etkilenir. Kuluçkada tipik olarak zayıftır ve deformasyonlar yaygındır. Tavuklar ve Japon bıldırcınları, selenyum toksisitesinin teratojenik etkilerine karşı yeşilbaş ördeklerden daha duyarlıdır. Bacak, ayak, kanat ve gagada malformasyonlar gözlenir ve gelişmemiş ya da tamamen görmeyen gözler vardır. Kemik ve kıkırdak normal oluşumunda bozukluklar belirgin olabilir. Kuluçka başarılı olursa, selenyum zehirlenmesi belirtileri yavaş büyüme, pektoral kas atrofi, bağışıklık, hepatotoksisite, ödem ve pençe ve tüy kaybıdır. Arsenik, kadmiyum, kurşun ve diğer iz elementlerin varlığında ve rasyonda yüksek seviyelerde metiyonin bulunduğunda selenyum toksisitesi genellikle azalır (Albers ve ark., 1996; Hoffman ve ark., 1992,1996).

Selenyum zehirlenmesine karşı aşağıda bazı yöntemler sıralanmıştır:

Toprağa sülfatlar ilave etmek suretiyle bitkiler tarafından selenyum alınmasının önlenmesi. Yemlere bazı bileşiklerin (sülfatlar, özellikle keten tohumu küspesi olarak yüksek düzeyde protein, arsenit ve organik arsenikli bileşikler) ilavesiyle selenyum absorpsiyonunu azaltıp ekskresyonunu artırarak dokularda depolanan selenyum miktarını sınırlamak. Bu yöntemlerin uygulanabilmesi sınırlıdır. Selenifer (selenyumca zengin) bölgelerin, yem bitkilerinden ziyade endüstriyel bitkiler için tercih edilmesi üzerinde durulması gereken bir

yol olabilir.

Selenyum Eksiklik Hastalıkları. Hayvanlarda ve kanatlılarda selenyum ve vitamin E eksikliğinin sebep olduğu hastalıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir: Kas distrofisi (muscular dystrophy), eksüdatif diyatez (exudative diathesis) ve pankreatik fibrozis (pancreatic fibrosis). Bu hastalıklar hem selenyum hem de vitamin E tarafından önlenebilmektedir. Vitamin E'ce noksan rasyonlarda selenyum ihtiyacı artarken, bunun aksi de doğrudur, yani selenyum eksikliği vitamin E ihtiyacını yükseltmektedir. Selenyumun GSH-Px'in dışında bazı özel fonksiyonları da olduğundan, vitamin E selenyumun yerini ancak sınırlı şekilde alabilmektedir. Çünkü bu durumlarda sadece selenyumun kendisi etkili olabilmektedir. Diğer taraftan civcivlerde "ensefalomalasi" ve farelerde "karaciğer nekrozu" sadece vitamin E tarafından önlenebilmektedir.

Beslenme ile ilgili "kas distrofisi" veya "beyaz kas hastalığı" çizgili kasların bir hastalığı olup kuzular, buzağılar, domuzlar ve kanatlılar gibi çeşitli hayvanlarda görülür. Fakat en sık olarak selenyumca eksik bölgelerde yetiştirilen kuzu ve buzağılarda görülür. Beyaz kastan mustarip hayvanların kaslarında tebeşirimsi beyaz çizgiler halinde dejenerasyonlar göze çarpar. Kaslardaki bu dejenerasyon sonucu hayvanların hareketlerinde sertlikler ve güçlükler ortaya çıkar. Böyle hayvanların kan plazmalarında normal şartlarda hücre içinde bulunması gereken birçok enzimlerin seviyelerinde anormal derecede yükselişler olur. Bunun nedeni kas distrofisinde hücrelerin tahrip olmasıyla ortaya çıkan enzimlerin kana geçmesidir. Bu enzimler glutamik-oksalasetik transaminaz (GOT) ve laktat dehidrojenaz (LDH)'ı kapsar. Tabiatıyla bunlar kas distrofisi için çok spesifik olmamakla beraber yine de kas ve kalp dokusunun tahribatının bir göstergesi olmakla birlikte, kana geçen enzimler olarak da kabul edilir.

Beslenme ile ilgili kas distrofisi kan ve dokularda çok düşük düzeylerde selenyum ve GSH-Px ile karakterize edilir. Eğer kalp kası etkilenirse hemen ölüm meydana gelir.

Selenyum ve vitamin E'ce noksan rasyonlarla beslenen civcivlerde görülen eksüdatif diyatez hastalığı, göğüs bölgesinde, (deri altı dokularda sıvı birikimi, yani ödemlerle karakterize edilir. Toplanan sıvı kapiler duvarların anormal geçirgenliğinden kaynaklanır. Yeterli selenyumun olmaması, glutation peroksidaz enziminin aktivitesini düşürür ve kapiler, yani kılcal damarlar korunamaz ve oksidatif tahribata maruz kalırlar. Eksüdatif diyatez hastalığı vitamin E veya selenyum tarafından büyük çapta önlenbilir. Bu durumda vitamin E tamamen selenyumun yerini tutamasa bile, selenyum ihtiyacının bir kısmının yerine geçebilir. Selenyumun hiç bulunmaması halinde eksüdatif diyatez hastalığını ve hücre zarlarının bütünlüğünü korumada fonksiyon gösteren glutation peroksidaz enziminin vücutta

sentezlenebilmesi için bu mineralin rasyona sokulması gerekir.

Ciddi selenyum noksanlığında rasyonda çok fazla vitamin E olsa bile civcivlerde pankreasın atrofi olmasına ilaveten, büyümede gerileme ve kötü tüylenme görülür. Selenyum eksikliğinde hedef organ pankreastır. Eğer vitamin E yeterli ise diğer organlar bu eksiklikten pek etkilenmemektedir. Pankreatik atrofi lipid ve vitamin E absorpsiyonunun bozulması ile ilgilidir.

Bütün çiftlik hayvanlarında selenyum eksikliği dişi ve erkeklerde üreme performansında bozulma ile sonuçlanır. Özellikle kanatlılarda yumurta verimi ve döllenmiş yumurtalardan çıkış gücü azalır.

Rasyon kaynakları. Bitkisel kökenli gıdalarda selenyum düzeyi bitki türlerine ve toprak ve suda bulunan selenyumun seviyesine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bitki türünün önemi herhangi diğer önemli mineraller için daha çarpıcıdır. Aynı topraklarda yetişen diğer bitkilerde orta düzeyde olabilirken bazı türler dokularında selenyumu toksik düzeylerde biriktirirler. Dünyanın birçok bölgesinde selenyum yetersizliği olan bitkiler ve onların tohumları çok düşük düzeyde (kuru maddede $<0.05 \text{ mg kg}^{-1}$) selenyum içerirler. Omurgasız ve omurgalı besinlerde selenyum miktarı da gıda zincirinde hangi pozisyonda olduğuna ve çevredeki selenyum miktarına bağlıdır. Hayvansal kökenli gıdalarda selenyum biyoyararlanımı bitkilerde olduğundan daha düşüktür -diğer tüm minerallerde bu durum farklıdır- (Cantor ve Tarino 1982; Henry ve Ammerman, 1995).

Ek selenyum yaygın olarak sodyum selenit (Na_2SeO_3), sodyum selenate (Na_2SeO_4), ya da selenometiyonin olarak rasyona eklenir. Rasyonlara eklenen selenyum miktarı çok düşüktür ve kanatlı gereksinimi ve toksik seviyesi arasındaki marj dar olduğundan, selenyum takviyesi dikkatli yapılmalıdır. Selenyum insanlar için potansiyel kanserojen ve güçlü bir çevresel tehlike olduğu için hayvan beslemesinde de birçok ülkede devlet düzenlemeleri ile takviyesi yapılmaktadır.

ABD, Kanada ve diğer ülkelerde kanatlı rasyonlarında uygun görülen selenyum düzeyi 0.15 ve 0.20 mg/kg arasında tutulur bunun nedeni selenyum eksikliğinin biyojeokimyasal bölgelerde görülmesi ve belirli yemlerden gelen selenyumun asimilasyon kabiliyetinin düşük olmasıdır (değişken içerikli E vitamini ile birlikte).

Yapılan bir araştırmaya göre, selenyum için civciv ve yetişkin tavukların gereksinimleri 0.154 mg/kg yemde, hindi palazları ve yetişkin hindiler için 0.264 mg/kg olarak kabul edilir (Scott, 1970). Gerekirse, selenyum takviyesi broiler civcivlerine 5 hafta yaşına kadar ve yumurtlayan damızlıkların civcivlerine ve hindi palazlarına 8 haftalık yaşa

kadar uygulanır. İzin verilen selenyum takviye seviyeleri, tavuklar için yeme 90 µg/kg ve hindiler için yeme 180 µg/kg'dır.

Sovyetler Birliği de dahil olmak üzere diğer ülkelerde spontan selenyum eksikliği olgusu bildirilmemiştir, selenyum takviyeleri için hiçbir resmi öneri yoktur, ama bu element için kanatlıların fizyolojik gereksinimlerinin 0.10-0.15 mg/kg olduğu tahmin edilmektedir.

0.13-0.2 mg selenyum/kg içeren hindi yemlerine sodyum selenit şeklinde selenyum ilavesi, dokular içinde selenyumun konsantre hale gelmediğini ve büyüme üzerinde herhangi bir uyarıcı etkiye sahip olmadığı göstermiştir (Cantor, 1974). Rasyonda vitamin E seviyesi yükselirse, selenyum gereksinimi azalır, eğer rasyonda 30-50 mg vitamin E /kg bulunuyorsa maksimum büyüme şartlarını sağlamak ve peroksit oksidasyonu inhibe etmek için 0.06 mg selenyum/kg (selenit şeklinde) gereklidir (Combs ve Scott, 1974). Bu dozda selenyum kümes hayvanları için esansiyel olarak görülmektedir. Selenyum eksikliği üretmek için 65 µg selenyum/kg içeren sentetik rasyonlarla civcivleri besleme çalışmasında başarısız olunmuştur.

Ancak, 15-30 µg Se/kg ile 0.1 mg selenyum eklenmiş yemlemede tavukların yumurta verimleri gelişmiş, kanatlıların doğum oranı ve gençlerin canlı kalma oranları artmış ve eksüdatif diyatezi engellenmiştir (Cantor, 1974). Doğal yemlerin (tahıllar) içinde bulunan selenyum Se-metiyonin veya sodyum selenit gibi formlarda kolayca asimile edilir, deneysel civcivlerin dokularında glutatyon peroksidaz ile aynı seviyelerde asimile edildiği görünmektedir.

Tablo 22. Yem bitkilerinin selenyum içerikleri (Nugara ve Edwards, 1963).

<i>Yem bitkileri</i>	<i>Selenyum içeriği</i> (kuru maddede mg/kg)
Arpa, mısır, mısır gluteni, soya küspesi, kurutulmuş yağsız süt, kurutulmuş peynir altı suyu	0.075-0.15
Yonca unu, mısırın kuru fermentasyon ürünleri, yulaf, kemik unu, kalsiyum fosfat	0.15-0.5
Buğday, kanatlı işlenmiş yan ürünleri, buğday tohumu unu	0.5-1.0
Kuru maya, sardalya unu	1.0-1.5

Bu sonuçlardan (Tablo 22) anlaşıldığı üzere, yüksek yumurta verimini korumak ve genç kanatlıların optimum düzeyde büyümelerini sağlamak için yeterli olan selenyumun ortalama konsantrasyonu kuru maddede 0.10-0.15mg/kg'dır.

Bu bağlamda, Sovyetler Birliği'nin tüm bölgelerinde kümes hayvanları için kombine yemlerde profilaktik dozlarda sodyum selenitin zorunlu tavsiyesi için yeterli bilimsel dayanaktan yoksun görünmektedir (Grobovskii, 1973).

Eksüdatif diyatezi semptomlarının veya yemlerde selenyum eksikliği görüldüğü

bölgelerde kesinlikle kurulan için yeterli bir sebep olmadığı sürece karışık kanatlı yemlerine selenyum takviye edilmesine gerek yoktur. Başka bir çalışmaya göre de, yemlerde selenyum konsantrasyonu 0.08 mg/kg'dan daha az olduğu zaman desteklenmelidir (Hennig, 1976). Kullanılan bileşikler kimyasal olarak çok aktif iken selenyumun biyotik ve toksik dozları arasında uçurum vardır (50 kat). Buna göre, selenitler veya selenatların profilaktik veya tıbbi amaçlar için kullanımı, biyojeokimyasal ve veterinerlik ile ilgili koşullara dayalı olmalıdır.

MOLİBDEN

Molibden de selenyum gibi yüksek dozları toksik, fakat vücut için esansiyel bir elementtir. Ksantin oksidaz, aldehit oksidaz ve sülfat oksidaz enzimlerinde yer alır. Cıvcıvlar ürik asit teşkili için özel olarak ksantin oksidaz enzimine ihtiyaç gösterirler. Fare ve diğer memelilerde bilindiği gibi nitrojen metabolizmasının son ürünü üretir. Bununla beraber düşük molibdenli rasyonlar cıvcıvlar tarafından iyi tolere edilir. Eğer bir molibden antagonisti olan tungsten rasyona ilave edilirse büyüme geriler ve doku ksantin oksidaz seviyeleri düşer. Mutlak molibden ihtiyacı çok küçük olup bu, mevcut rasyonlarla kolayca karşılanabilmektedir.

Molibden zehirlenmesi bakır eksikliği ile ilişkilidir. Çünkü molibden bakırdan yararlanmayı engellemektedir. Diğer taraftan orta derecede bakır, fakat çok düşük düzeylerde rasyon kaynaklı molibden ve sülfat alınımında kronik bakır zehirlenmesi ortaya çıkabilmektedir.

Molibden zehirlenmesinin ana semptomları bakır eksikliğindekiler gibidir. Çiftlik hayvanlarının yüksek düzeydeki rasyon kaynaklı molibdene toleransı çeşitli türlere ve rasyonda yer alan bakır ve sülfür miktarına göre değişir.

Kümes hayvanları için molibden gereksinimlerine dair hiç doğru bir veri yoktur veya önerilen normlar için verilen rakamlar çelişkilidir.

Bir grub araştırmacıya göre (Scott ve ark., 1969), kümes hayvanlarının tüm tür ve yaş grupları için molibden gereksinimi yemde 2 mg/kg iken, başka bir araştırmacıya göre de (Hennig, 1976) 0.1 mg/kg olarak bulunmuştur. Bu farklılıklar muhtemelen sentetik rasyonlarla beslenen cıvcıvlar için molibden eksikliği ile ilgili karşılaşılan zorluklar nedeniyle vardır. Bu etkiler protein kaynağına ve atalarının molibden rezervleri gibi faktörlere bağlıdır. Molibden gereksinimleri saflaştırılmış kazein kullanımını içeren deneylerde 0,11 mg/kg iken, izole soya kullanılmış olduğunda 1.0 mg/kg'a yükselir. Molibdenin kümes hayvanlarının basit rasyonlarına eklenmesi ile ortaya çıkan sonuçlar da daha azdır. Bu koşullar altında, büyüme

etkisinde veya molibden içeren enzimlerin aktivitesinde değişiklikler olduğunu not etmişlerdir.

Bu deneylerde civcivlerin büyümesi ile karaciğerde ksantin dehidrogenaz düzeyinin arasında bir korelasyon bulunamamıştır. Bu durum molibden eksikliği sonucu büyüme geriliğinin bu enzimin aktivitesinden kaynaklanmadığı görünmektedir.

Tablo 23. Kanatlı yemlerinin molibden içerikleri.

<i>Yem bitkisi</i>	<i>Mo (mg/kg)</i>
Yonca unu	0.35
Arpa	0.50
Mısır	0.06
Bakliyat	0.90
Yulaf	1.15
Soya	2.50
Buğday	1.00
Kurutulmuş yağsız süt	0.27
Pirinç (tahıl)	1.60
Kuru maya	1.00

Kanatlılarda spontan molibden eksikliği hakkında verilerin yokluğu; birinci olarak bu hayvanların molibden gereksinimlerinin düşük (0.3 mg/kg'dan daha az) olduğunu, ikinci olarak da yemlerin içinde bulunan molibdenin gereksinimler için yeterli olduğunu göstermektedir. Mısır hariç, kanatlı yemlerinde bulunan başlıca maddeler ortalama 0.5-1.0 mg/kg molibden içerir (Tablo 23).

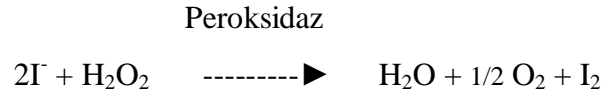
İYOT

İyodun metabolik etkinliği ve fonksiyonu diğer iz elementlerinkinden farklıdır. Başlıca bilinen fonksiyonu tiroksin hormonunun yapı unsuru olmasıdır. Tiroksin inorganik element ihtiva eden tek hormondur. Tiroksin, tiroid bezinde sentezlenir ve depo edilir. Vücuttaki iyotun %80'i tiroid bezinde bulunur. Tiroid bezi ise vücut ağırlığının ancak %0.2'sini oluşturur. Bu durum bir dokudaki iz mineral yoğunluğu için belirgin bir örnektir. Tiroksin hormonu tiroid bezinden dolaşım ile çeşitli dokulara transfer olur ve buralardaki hücrelerde enerji metabolizma olaylarını ayarlar, kontrol eder. Genç hayvanların normal gelişimi, iyi bir döllenme, etkin bir hayvansal üretim, normal düzeyde tiroksin hormonunun salgılanmasına bağlıdır.

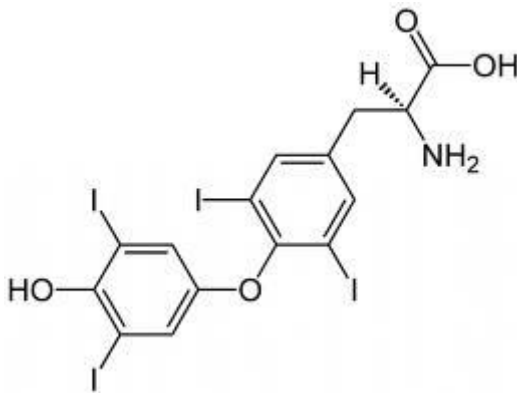
Eğer rasyon yetersiz miktarda iyot ihtiva ederse veya tiroid bezi tarafından iyodun alınıp kullanılmasını engelleyen bileşiklerin mevcudiyeti söz konusu ise hayvansal üretim bundan olumsuz olarak etkilenebilir. İyot eksikliğinin ana semptomu tiroid bezinin büyümesi

şeklinde ortaya çıkar ki buna "guatr" adı verilir.

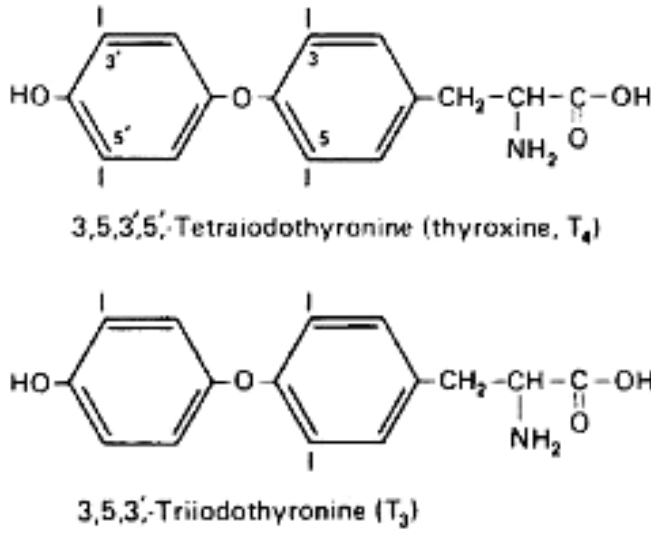
İyot Metabolizması. Yiyecekle alınan iyodürler sindirim sisteminden kan dolaşımına absorbe olurlar. Tiroid bezinin, iyodürleri buradaki vezikülleriyle aktif bir şekilde tutarak yoğunlaştırmada olağanüstü bir kapasitesi vardır. Tutulduktan sonra, iyodürler peroksidaz enzimleriyle elemental iyota oksitlenirler ki bu, onun organik kombinasyonlara dönüşmede başlangıç aşamasıdır.



Elemental iyot, tiroid kanalları içinde kolloid bir protein olan tiroglobulindeki tirozin kalıntısı ile birleşerek 3-moniodotirozin ve 3,5-diiodotirozini oluşturur (Şekil 7). İki diiodotirozin molekülü oksidatif bir kondensasyona maruz kalıp alanin kalıntısını çıkararak tiroksin (T₄)'e dönüşür yahut bir mono- ve bir diiodotirozin birleşerek triiodotirozin (T₃)'i oluşturur. Aktif tiroit hormonları (T₃, T₄) olan "tironin"ler, iki moleküllü tirozin bileşikleridir. Mono ve diiodotirozinlerin biyolojik aktiviteleri yoktur. Aktif hormonlar olan T₃ ve T₄ (tiroglobulinlere kolloid formda bağlı olarak depolanmış olup) proteoliz sonucu buradan ayrılarak kan dolaşımına geçer ve böylece faaliyet göstereceği yere ulaşır. T₃, T₄'ten dört defa daha etkili olup T₄'ten çok daha az yoğunlukta kan dolaşımında yer alır. Aktif tironinler, taşıyıcı proteinlere bağlanarak plazmada bulunurken çok az bir kısmı ise serbest halde mevcuttur. Dokulara giren tiroit hormonlarının %80'i enzimler tarafından parçalanarak ilerde kullanılmak üzere iyodu açığa çıkarırlar; yani, iyot böylece resiklüs olayına maruz kalır.



L-Tiroksin



Şekil 9. Tiroit bezinde tiroksin biyosentezi.

Tiroid aktivitesi, anterior pitüiter ve hipotalamusu kapsayan negatif feedback mekanizması ile kontrol edilir. Hipotalamus, tiroprotein açığa çıkaran faktörü (TRF) salgılar. Bu bir peptid olup pitüiter bezine ulaştığında TSH hormonunun salgılanmasını stimüle eder. TSH, tiroid hormonlarının sentez ve salgılanmalarının ana regülatörüdür. Tiroit hormonları ise hipotalamus tarafından salgılanan TRF, pitüiter tarafından salgılanan TSH'ın serbest hale geçmesini engeller. Böylece bu hormonların düzeyleri kontrol edilmiş olur. TSH çıkmasını engelleyecek kadar yeterli tiroksin yokluğunda, tiroid bezi hiperaktif olur ve genişler. Bu durum "guatr" olarak bilinir.

İyot, tiroid hormonları olan triiyodotironin ve tiroksinin ayrılmaz bir parçasıdır. Kanatlılarda farklı bir metabolik fonksiyonu bildirilmemiştir. Besinlerdeki iyot iyodür (I-) gibi muhtemelen klorür için kullanılan aynı taşıma sistemini kullanarak, mide-bağırsak yolunda emilen inorganik bir formda bulunmaktadır. Böyle iyode amino asitler gibi organik iyot formları, ayrıca etkili bir şekilde absorbe edilir. Emilimi takiben, iyot hızla tiroid bezi tarafından alınır ve tirozin ile birleşerek organik iyota dönüştürülür. Tiroglobulin, tirozin kalıntısı ile bir glikoprotein iyode olmuştur ve tiroidte iyotun baskın olarak depolanma şeklidir. Aşırı iyot idrarla atılır. Yumurtalıkta folikül gelişmesi iyotu konsantre hale getirir ve yumurtadaki iyot miktarı rasyonda olup olmadığını yansıtır.

Gıdalarda bulunan goatrojenler tiroid ve yumurta folikülünün seçici iyot konsantrasyonunu bozabilir. Örneğin, *Brassica* cinsi bitkiler (örn; kolza, kıvırcık lahana, lahana) sırasıyla iyot alımını ve tiroksin sentezini engelleyen tiyosiyanatlar ve goitrin (L-5-vinil-2-thiooxalidone) içerirler. Soya fasulyesi, keten tohumu, mercimek, manyok, bezelye,

yer fıstığı ve diğer gıdalar ayrıca goatrojenik maddeler de içerirler. Goatrojenlerin etkileri pek çoktur, ancak rasyona iyot ek takviyesi ile bu durum aşılabılır (Underwood, 1977).

Guatrojenik Bileşikler. Tiroit yetmezliği mutlaka rasyonda iyodun yeterli olarak sağlanamamasından ileri gelmeyebilir. Tiroit hormon sentezini engelleyen "guatrojenik" olarak isimlendirilen bir kısım bileşiklerin rasyonda yer almasından da tiroit yetmezliği ortaya çıkabilir. Guatrojenler bu olumsuz etkilerini iki aşamada gösterebilirler.

(1) Tiyosiyanat ve perklorat iyonları tiroit bezi tarafından iyodürlerin selektif bir biçimde alınarak tutulup yoğunlaştırılmasını engellerler. Fakat bunların etkileri iyodürlerle reversibl hale sokulabilir.

(2) Tiyokarbamidler (tiyüre ve tiyoursil) SH grubu ihtiva ederler ki bunlar iyodürlerin elemental iyoda oksitlenmesini önlerler. Böylece tiroaktif bileşiklerin prekursoru olarak iyodun tirozin'e geçmesi önlenmiş olur. Guatr meydana getiren tiyosiyanattan farklı olarak, tiyokarbamidlerin guatrojenik etkisi rasyona sokulan ilave iyot ile kısmen kontrol edilebilir. Krusifer familyasına ait birçok bitkilerde (lahana, kolza, soya, keten tohumu, yer fıstığı) guatrojenik aktivite bulunmuştur. Soya ve yer fıstığında hafif derecede bulunan bu aktivite bunlardan yağ çıkanlıp küspe elde edilmeleri sırasında ortadan kaldırılabilmektedir.

Gereksinim, yetersizlik ve toksisite. Tiroid hormonlarında yer almasından dolayı iyodun ana fonksiyonu hücre oksidasyon hızını kontrol etmektir. Tiroit hormonları vücudun bütün hücrelerinde reaksiyonları hızlandırır, bunun sonucu oksijen tüketimi ve bazal metabolik hız yükselir. Bundan dolayı tiroksin fonksiyonunun bozulması hayvanı çok önemli derecede etkiler. Eğer rasyon yetersiz miktarda iyot ihtiva ederse tiroksin üretimi azalır. Tiroit bezinin genişleyerek guatr adı verilen durumun ortaya çıkması iyot eksikliğinin en karakteristik bir semptomu olup, tiroksin hormon eksikliğini gidermek için tiroit bezinin aşırı çalışmasının, yani bir nevi bu eksikliği telafi etme mekanizmasının bir sonucudur. Guatr, eksikliğin ilerlemiş bir aşamasında görülür. Kanda bağlı ve serbest tiroksin yoğunluğunun azalması iyot eksikliğinin bir belirtisi olabilir.

Üreme performansının aksaması ve büyümenin gerilemesi, azalmış tiroit fonksiyonunun en belirgin bir sonucudur. Keza, memelilerin derilerinde ve kanatlıların tüylenmelerindeki değişimler iyot eksikliğinin en göze çarpan özellikleri arasında sayılır.

Kümes hayvanları ve Japon Bildircinlarının iyot gereksinimi tüm yaşam evreleri için kuru madde bazında 0.3 ve 0.4 mg kg⁻¹ arasında kabul edilir (Stallard ve McNabb, 1990; NRC, 1994). Ancak, gereksinim beslenme ve rasyondaki goatrojenik gıdaların varlığı ile iki kat daha fazla artar. Japon Bildircinları tiroid fonksiyonlarını ayarlamak için rasyondaki iyot

konsantrasyonunun 25 kat daha fazlasına dengeyi korumak için sahiptir. İyot depoları dolu olduğunda, günlük yumurta veren yumurtacı tavukların bu depoyu tüketmesi bir yıldan fazla sürer (McDowell, 1992; Rogler ve ark., 1961).

İyot eksikliğinin birincil belirtisi tiroid bezi veya guatr büyümesidir (Goodman, 1996). Bu durum rasyonda yetersiz iyot nedeniyle düşük tiroid hormon düzeyine sebep olur, sonuç olarak hipofiz bezinden yüksek miktarda tiroid uyarıcı hormon serbest kalır ve tiroid hipertrofisini uyarır. Endokrin geri besleme döngüsünün amplifikasyonu döngünün sürekliliğini sağlar ve iyot eksikliğinde ise ek tiroid hormon üretimini engeller. Muhabbet kuşlarında, tiroit 1.5 mg'dan 150-300 mg'a kadar artar. Küçük kuşlarda, genişlemiş tiroid özofagus ve trakea üzerinde baskı uygular bu da gıda yetersizliği, taşlığın boşalması ve solurken 'cırtlak bir ses' oluşmasına neden olur. Düşük tiroksin seviyesi iyot eksikliğine sebep olur; obezite, anormal derecede uzun dantel gibi tüylerin gelişmesi ve pigmentasyonda göze çarpan değişikliklere neden olur. Yumurtlayan dişilerde, rasyonda iyot yetersizliği yumurtada çok düşük iyot düzeyi, kötü kuluçka randımanı ve yolk kesesinin geri emilimi ile sonuçlanır. Maksimal yumurta sayısı için gereksinim, kuluçka ve yavru canlılığı için gereklilikten yaklaşık altı kat daha azdır.

İyot fazlalığının belirtileri genellikle eksiklik belirtilerine benzemektedir (Russel, 1977; Wheeler ve Hoffmann, 1949). İyotun toksik düzeyleri de tiroid hormon sentezine müdahale ile ve tiroid uyarıcı hormonu uyararak, genişlemiş bir tiroide neden olur. Küçük penguenler ve yeşilbaş ördeklerde fazla iyot alımı; ataksi, sinirlilik ve sulu dışkının yanı sıra guatra neden olur. İyot, büyüyen tavuklarda yaklaşık 100 mg kg⁻¹'da zehirli olur. Bu aşan düzeyler yaygın okyanus balıklarında, özellikle yumuşakçalarda ve kabuklu deniz ürünlerinde bulunmaktadır, ancak görünüşe göre onları yemek yabani kanatlılar için zararlı değildir.

İyot İhtiyacının Karşılanması. İyot eksikliği bölgesel bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. İyotça düşük topraklar, genellikle denizden uzak olan bölgelerde yer alır. Bu gibi topraklarda ancak çok küçük miktarlarda iyot bulunur. Kuru maddesinde 0.04 ppm'den daha az miktarlarda iyot ihtiva eden rasyonlar, %0.01 potasyum iyodür içeren iyode tuzun mineral karması yahut yoğun yeme katılması ile takviye edilir ve böylece ihtiyaç giderilmeye çalışılır. Aşırı iyodun vücuda girmesini önlemek için tuz karışımlarının hazırlanmasına özen gösterilmelidir. Çok aşırı dozda iyodürlerin etkileri akut olarak ortaya çıkar. Bu durumda iyodürlerin nakil mekanizması doyum haline gelir; bunu müteakiben tiroit hormon sentezi engellenir ve sonunda iyotça noksan hayvanlardaki gibi guatr hastalığı ortaya çıkar.

Vücuda yemle giren iz mineralleri arasında iyot, süte ve yumurtaya en kolay geçen bir elementtir. Bu ürünlerin iyot kapsamı hayvanın yediği rasyondaki iyoda göre değişir ve yüksek düzeylerdeki rasyon kaynaklı iyotla yumurta ve sütteki iyot miktarları belirli derecede artırılabilir.

Tiroid hormonunun metabolizmayı kontrol etmekteki rolü göz önüne alınarak içine iyot katılmış proteinlerin (örneğin iyode kazein) yani, tiroaktif proteinlerin rasyonla alınmak suretiyle büyümeyi stimüle edebileceği; et, süt ve yumurta verimlerini artırabileceği düşünülmüştür. Fakat bazı dezavantajlarından dolayı buna pratikte pek yer verilmemiştir.

Rasyon kaynakları. İyot çevrede düzgün dağılmış, suyun iyot içeriği ve kanatlı gıdalarında son derece değişken formlarda bulunur. İyot eksikliği olan topraklara sahip bölgelerde yetişen bitkilerde iyot eksikliği vardır ve bu bitkileri tüketen hayvanlarda iyot düşüktür. Genel olarak, hayvanlar bitkilerden daha yüksek düzeyde iyot içerir ve deniz balıkları ve deniz bitkilerinde iyot çok yüksektir.

İyot genellikle kalsiyum iyodat ($\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$), potasyum iyodat (KIO_3) ya da potasyum iyodür (KI) olarak kafes kanatlılarının rasyonuna ilave edilir. Tüm bu formların biyoyararlanımları benzerdir (Miller ve Ammerman, 1995). Potasyum iyodürün diğer formları daha uçucudur ve diğer mineraller ile stabilize olduğu sürece, pelet rasyonların ısı veya doğal nemini hayatta tutamayabilir. Yosun gibi deniz bitki örtüleri, bazen rasyonların eksikliğini tamamlamak için kullanılır.

Bitkilerin dolayısıyla bitki orijinli yemlerin iyot içerikleri önemli ölçüde değişkendir. Bu toprak tipi ve bitki türüne, iklim koşullarına, mikroelement gübre kullanımı ve diğer faktörlere de bağlıdır.

Kanatlılar için tahılla beslemede rasyon kuru maddede 50-250 $\mu\text{g/kg}$ iyot içerir ve yağlı tohum küspeleri ve unlarında (soya, pamuk tohumu, ayçiçeği tohumu, kolza, susam) 400-800 $\mu\text{g/kg}$ iyot içerir. Balık ve kemik unları önemli ölçüde daha büyük miktarlarda iyota sahiptir (sırasıyla, 2800-5000 ve 700-800 $\mu\text{g/kg}$). Ancak, tahıl rasyonun temelini oluşturuyorsa kümes hayvanlarının iyot ihtiyaçları için bir kural yoktur. Bu gereklilik tüm tür ve yaştaki kümes hayvanları için yem kombinasyonu içine iyot tuzu eklenmesi ile giderilebilir. Özellikle iyot eksikliği için biyojeokimyasal bölgelerde genç kanatlılar için yeterli iyot sağlanmasına dikkat edilmelidir. Yeterince ısı işlem görmemiş yemler (örneğin soya unu, susam tohumu, soya kabukları, bezelye, beyaz yonca) goatrojen içeriyorsa (metimazol ve methylthiouracid gibi goatrojen maddeler ile deneylerde kullanılmıştır) ya da eğer yemler yüksek konsantrasyonda tuz, flor, kalsiyum veya arsenik içeriyorsa kanatlıların

iyot ihtiyaçları artabilir. Bu durum, normal yem katkı maddesi olarak kullanılan potasyum ve sodyum iyodürlerin (özellikle premikslerde) kararsız halde olmasıyla daha karmaşık bir hal alır ve kolayca oksitlenir, bu da iyotun buharlaşmasına neden olur.

Tablo 24. Kanatlılar için iyot gereksinim normları.

<i>Gruplar</i>	<i>Yaş (haftalar)</i>	<i>İyot miktarı (Kombine besleme mg/kg)</i>	<i>Kaynak</i>
Tüm türdeki gençler	0-8	1.0	VASKhNİL, USSR Ministry of Agriculture, 1976
"	8-22	0.5	"
Tüm türdeki yetişkinler	—	1.0	"
Yumurtacı damızlık civcivler	0-8	0.35	British Standards, 1975
"	0-20	0.35	NIS Academy Science, 1971
"	0-20	0.374	Scott, USA, 1970
Yumurtacı tavuklar	—	0.330	"
"	—	0.30	NIS Academy Science, 1971
Civciv ve yetişkinler	—	1.0	Indian Standard, 1970
Broiler civcivleri	0-8	1.0	Italian Standard, 1970
Hindi palazları	0-16	0.374	Scott, USA, 1970
Damızlık hindiler	—	0.374	"
"	—	1.0-1.2	Megoun, USA, 1967
"	—	1.2	Italian Standard, 1970

Son yıllarda iyot normları; rasyon içeriğinde hafif bir azalması yönünde (sıcak iklimi olan ülkeler hariç) ve kanatlının tür ve yaşına göre düzeylerinin farklılaşmasına karşı oluşturulmuştur. ABD'de, yumurta tavuğu için iyot dozu 1960 yılında 1.1 mg/kg iken bugün 0.30 mg/kg'a kadar azaltılmış ve büyüyen civcivler için 0.44'den 0.30 mg/kg'a düşmüştür. Bu; kanatlıların fizyolojik gereksinimleri ve onların antitiroid aktivitesini azaltan yem üretimi yapan teknolojik gelişmeler sayesinde olmuştur.

Goatrojenlerin yokluğunda, rasyonlarında 75 µg/kg iyot konsantrasyonu maksimum civciv büyümesi için yeterlidir, ancak 300-500 µg/kg tiroid bezinin normal histolojik yapısını sağlamak için gereklidir. Benzer şekilde, normal verimliliği desteklemek için damızlık tavukların iyot gereksinimleri 35 µg/kg olarak kabul edilir, oysa embriyo ve civcivlerde tiroid bezinin normal gelişimi için bu gereksinim değeri oldukça yüksektir. Diğer bir deyişle, tiroid bezindeki histolojik değişiklikleri önlemek için rasyonda bulunan iyot konsantrasyonunun, büyüme baskılama ve düşük yumurta çıkışını önlemek için gerekli olandan daha yüksek olması gereklidir.

Şu da unutulmamalıdır ki, bu tavuklar rasyondaki yeterli iyot konsantrasyonu ile rezervlerinin yapısı sayesinde rasyondaki iyot eksikliğine (10-19 mg/kg) çıkış gücü, foliküler hücrelerinin

hiperplazisi ve kuluçka kabiliyetleri için hatırı sayılır bir süre dayanabilirler.

Tablo 25. Rasyonda iyot konsantrasyonlarının broilerlerin büyümesi üzerine etkisi.

Temel rasyona eklenen iyot miktarı*	56 günlük canlı ağırlık (g)		Yem tüketimi başına kg ağırlık artışı (kg)	Oran (%)
	Horozlar	Tavuklar		
0	1307	1124	3.0	97.1
0.25	1399	1230	2.7	97.1
0.35	1485	1262	2.3	100.0
0.75	1492	1268	2.3	98.6
1.00	1451	1241	2.5	97.1
2.00	1400	1231	2.5	98.6
3.00	1328	1240	2.6	98.6
5.00	1352	1199	2.6	97.1
20.00	1334	1186	2.9	97.1

*Hayvansal yem kaynağı olmadan tam kombinasyon rasyon. İyot içeriği, 0.11 mg/kg. Takviye; potasyum iyodür şeklindedir.

Bu deneylerin sonucunda, araştırmacılar rasyonun toplam iyot içeriğinin 0.46 ve 0.86 mg/kg arasında olduğunda broilerler için optimum büyümeyi sağladığı sonucuna varmışlardır. Cıvcıv büyüme ve gelişmesi üzerine hem fazlalığının ve hem de eksikliğinin zararlı etkileri vardır. Böylece, iyot-eksikliği olan koşullar altında broiler eti daha fazla su, daha az protein, ancak kontrol gruplarına göre aynı miktarda yağ içermektedir.

Yumurtanın iyot içeriği (öncelikle yumurta sarısında bulunan) doğrudan rasyonda bulunan konsantrasyon ile bağlantılıdır. “İyotlu” yumurtalar bu bağlantının bir sonucu olarak doğal tıbbi bir denetim altında, terapötik veya profilaktik amaçlar için kullanılabilir. Damızlık yumurtalar açısından, yumurtacı tavukların rasyonda izin verilen maksimum iyot düzeyi 50 mg/kg (ya da tedavi edilen sürüler halinde kanatlılar için 300 mg/kg’a kadar) olarak kabul edilir.

Daha önce de belirtildiği gibi, özellikle demir, bakır ve mangan tuzları içeren premikslerde bulunan iyot takviyesinin temel formları - sodyum ve potasyum iyodürler - kararsızdır ve kolaylıkla okside olur. Kalsiyum stearat (%8) ilavesi ile bu bileşiklerin sabitlenmesi, premikslerde iyotun kararlılığını artırmıştır (yaklaşık yüzde 100). Polivinil-pirolidon, polivinil alkollü iyot bileşikler) premikslerde çok kararlıdır (Egorov, 1974, Tablo 26. Potasyum iyodat (KIO_3) ve kalsiyum iyodiyat ($Ca(IO_3)_2$) iyodürlerden daha kararlı ve yeterince etkilidir.

Bu bileşiklerin yanı sıra, iyot ayrıca iyot mikrogübresi olarak (petrokimya atık endüstrisi) ve deniz yosunu elde edilen un olarak (kuru maddede 700 mg/kg iyot içeriği)

tavuk rasyonlarına dahil edilebilir.

Kümes hayvanlarının rasyonlarında iyot yeterliliği kriterleri; ağırlık artışı, yem tüketimi, yumurtanın iyot içeriği (optimum, 10-15 mg), civciv yaşama gücü, ikincil cinsel özellikleri düzgün gelişimi ve tiroid bezinin normal histolojik yapısıdır.

Tablo 26. Premikslerde iyot oranı.

<i>Premikste iyot kaynakları</i>	<i>Stabilizatör</i>	<i>İyot oranı</i> <i>Depolama sırasında</i>			<i>(% orjinal içerik)</i>
		<i>1 ay</i>	<i>2 ay</i>	<i>3 ay</i>	
Potasyum iyot *	—	75.4	50.1	30.5	
Potasyum iyot	Kalsiyum	87.3	71.2	54.0	
Potasyum iyot	Timol	86.4	70.4	52.0	
İyot - nişasta	—	54.9	39.7	30.0	
İyot - polivinil - pirolidon	—	96.1	92.0	89.0	

* K tutma oranı premiksler dışında % 80.2, 65.0 ve 42.0 aralıklarındadır.

KOBALT

Kobaltın ruminantlarda esansiyel bir mineral olması 1930'lu yıllarda Avustralya'da yapılan çalışmalarda anlaşılmıştır. Bu araştırmalar, otlayan ruminant hayvanlarda görülen eksiklik hastalıklarını tedavi etmede ve önlemede ilave kobalt mineralinin etkili olabileceğini ortaya koymuştur.

Kobalt Metabolizması. Kobaltın bilinen tek fizyolojik fonksiyonu, onun vitamin B12 molekülünün ayrılmaz bir ögesi olmasından kaynaklanmaktadır. Kobalt, mikroorganizmalar tarafından rumende B12'nin sentezi için gereklidir.

Vitamin B12, ruminantlarda başlıca enerji kaynağı olarak kullanılan ve rumende fermentasyon sonucu ortaya çıkan propiyonik asidin parçalanmasında fonksiyon gösterir. Propiyonik asidin başlıca metabolizması karaciğerde cereyan eder ve kobalt eksikliği çeken hayvanlarda bu metabolizma düşer. Çünkü propiyonat metabolizmasının ara aşamasında gerekli olan metil malonik asidin süksinik aside dönüşümü için B12 vitamininin koenzim formu gereklidir. Kobalt eksikliği çeken hayvanlarda ortaya çıkan yem tüketimindeki azalma B12'ce eksik hayvanların propiyonik asidi metabolizmaya uğratamamasından ileri gelir. Yem tüketimi kanda propiyonik asit düzeyi ile zıt bir ilişkide olup vitamin B12 eksikliği çeken hayvanlarda bu yoğunluk yükselmektedir. Çünkü kandan alınan metabolizmaya uğratılamamaktadır.

Kobalt İhtiyacı ve Kobalt Gereksiniminin Karşlanması. Gerçekte kobalt ihtiyacı çok küçük olup bakır ihtiyacının %'i kadardır. Kobaltça eksik bölgelerde vücuda yeterli kobalt girmesi ya toprağa kobaltlı gübreler atmak ya da hayvanların yiyeceklerine ek kobalt tuzları

ilave etmek suretiyle karşılanır. Ruminantlarda kobalt eksikliği kobalt oksit ihtiva eden küçük peletlerin rumene sokulması, rumen mikroorganizmalarına kobalt sağlayarak kobalt eksikliğini hafifletmektedir.

Küçük miktarlarda da olsa ruminant olmayan hayvanların bağırsaklarının alt kısımlarında, yani sekum ve kolonda mikrobik B12 sentezi meydana gelmektedir.

Şüphesiz sadece rasyon kaynaklı kobalt almakla bu hayvanların B12 vitamin ihtiyacını karşılamak mümkün olmamaktadır.

Bitkiler ve bitkisel yemler, küspe ve kepek dışında, yalnızca küçük miktarlarda kobalt içerirler (kg kuru yem başına 0.1 mg'dan daha az). Hayvansal kökenli yem maddeleri -balık unu (deniz canlıları çeşitleri), kemik unu ve et unu- kobaltca çok zengindir.

Sovyetler Birliği dışındaki ülkelerde kanatlı kobalt için hayvan yemlerinde bir norm yoktur. Kobalt sadece vitamin B12'nin bir parçası olarak kabul edilir.

Yapılan çalışmalarda kümes hayvanlarının (ve domuzların) rasyonlarında siyanokobalamin içeriği kobalt miktarını artırarak tatmin edici bir seviyeye getirilebilir olduğunu göstermiştir. Siyanokobalamin kalın bağırsak mikroflorası tarafından sentezlenir. Ayrıca, kobaltın biyokimyasal uygulamaların içine kobalt iyonu olarak katıldığı bulunmuştur. Ancak, hayvanların kobalt ihtiyaçları çok düşüktür (kuru yemde 100-200 µg/kg) ve kobalt ihtiyacının tamamı temel bir rasyon tarafından karşılanmaktadır.

B12* vitamini seviyesi (hayvan yemlerinde yüzde 4-6 varsayarak) kanatlı hayvan yemlerinde son yıllarda büyük ölçüde artığından bu yana kobalt için herhangi bir takviyeye gerek yoktur. Son VASKhNIL normları (1976) bile karma yemlerde kobalt tuzlarını dahil ek yemlemede önermiyorlar.

Kanatlılar için kobalt eksikliğinde spontan hiçbir olgu not edilmemiştir. Laboratuvarıda üretilen Acobaltosis normokrom, normositer anemi eşzamanlı olarak B12 vitamini eksikliği ile ortaya çıkar. Kobaltın B12 vitamini eksikliği durumlarında yumurtacı tavuklarda bazı yararlı etkileri olduğu tespit edildikten beri, kobalt eksikliğinin de siyanokobalamin eksikliğini artırdığı bildirilmiştir.

Kümes hayvanlarında kobalt yeterliliği için herhangi bir kriter yoktur. Kontroller çok büyük ihtimalle, hematolojik parametrelere dayalı olmalıdır, bu kan yapan organların fonksiyonel koşullarının yeterli bir göstergesi olarak gösterilir.

*B12 vitamini için VASKhNIL normları başka tavsiye edilen oranlara göre 1,5-2 kat daha fazladır.

FLUOR

İnsan ve laboratuvar hayvanları için esansiyel bir mineral element olarak bilinmektedir. İnsan popülasyonlarında diş çürümesi vakaları, sularında 1-1.5 ppm fluorür bulunan bölgelerde yaşayanlarda, fluorsuz bölgelerde yaşayanlara göre çok daha az sıklıkta görülmüştür. Fluorürler, kemik ve dişlerin değişmeyen bir yapı unsurudur. Yumuşak dokular ve vücut sıvıları da çok küçük miktarlarda fluorür kapsarlar. Suyla birlikte her pratik rasyondaki küçük miktarlarda fluorürler ihtiyacı karşılar. Bu nedenle çiftlik hayvanlarında fluor eksikliği hiçbir zaman bir problem olarak ortaya çıkmaz.

Fluorürler toksik etkilerinden dolayı hayvan beslemede önem taşırlar. Hayvanlar tarafından alınan toksik miktarlar: (1) Fluorürü çıkarılmamış %3-4 fluorür kapsayan kaya fosfatın mineral ek yem olarak kullanılmasından, (2) Fluorürlerle kontamine olmuş kaba yemlerin yenilmesinden, (3) Çok fazla fluorür kapsayan içme sularının içilmesinden kaynaklanır.

Aşırı miktarda fluorürler vücuda alındığı zaman kemik ve dişlerde değişmelere sebep olacak kadar anormal fluor birikmesi olur. Bu durumda dişlerde lekelenme, mine tabakasında aşırı aşınma ile defektler ve erozyonlar görülür. Aşırı fluorürlerden etkilenen kemiklerde normal kemiğin yumuşak ve parlaklığı kaybolur. Bunun yerine kemikler pürüzlü, kaba, poröz ve tebeşirimsi beyaz bir manzara gösterir. Diş lezyonları ve eklem anormallikleri, beraberinde yem tüketiminin azalmasına da yol açar.

Fluorotik kemiklerde kalsiyum/fosfor oranı normal düzeylerde kalır, karbonat kapsamı ise azalır. Fakat magnezyum içeriğinde yükselme görülür. Bu, apatit kristallerinde fluorür iyonunun, fosfatın değil karbonatın yerini aldığını gösterir. Buna göre kalsiyum fluorür olarak bir kısım çökelmede meydana gelebilmektedir.

Fluorürlere olan tolerans onun kimyasal formuna, hayvanın türüne ve yaşına, vücuda alınma süresine ve bunun devamlılığına bağlıdır. Yüksek derecede çözünebilen sodyum fluorür, kalsiyum fluorür ve diğer kaya fosfatı gibi fluorür ihtiva eden çözünmesi güç ürünlerden daha fazla toksiktir. Çeşitli hayvan türleri için zararsız çözünebilir ve çözünemez fluorür düzeyleri Tablo 27'de verilmektedir.

Tablo 27. Toplam rasyonda zararsız fluor düzeyleri

Hayvan Türleri	Sodyum Fluorür veya Diğer Çözünebilir Fluorürler (ppm)	Kaya Fosfatı (ppm)
Süt sığırı	30-50	60-100
Et sığırı	40-50	65-100
Koyun	70-100	100-200
Domuz	70-100	100-200
Kanatlılar	150-300	300-400
Hindiler	300-400	-

Yukarıdaki Tablo'da da görüleceği gibi kanatlılar diğer çiftlik hayvanlarından daha fazla fluorürü tolere edebilmektedirler. Bunun muhtemel nedeninin onlarda fluorür absorpsiyonunun düşük, ekskresyonunun ise yüksek olmasından ileri gelebileceği öne sürülmüştür.

DİĞER MİNERALLER

Silisyum, krom, kalay ve nikel'in civcivler ve fareler için esansiyel olduğu, saflaştırılmış rasyonlarla yapılan çalışmalar sonucu tespit edilmiştir. Saflaştırılmış rasyonlarla beslenen fare ve civcivlerde büyüme hızı bu minerallerden her birinin rasyona ilavesiyle yükselme göstermiştir. İhtiyaç duyulan miktarlar çok küçük olup, pratikte kullanılan rasyonlarla beslenen çiftlik ve laboratuvar hayvanlarında böyle bir eksiklik söz konusu olmamaktadır.

Silisyum

Silisyum oksit küçük miktarlarda olmak üzere çoğu bitkisel ve hayvansal dokularda bulunmaktadır. Bu elementin biyolojik olarak bağlayıcı bir ajan olduğuna inanılmaktadır. Bu görevi silisik asidin eter türevi olan R1-OSi-O-R2 vasıtasıyla yerine getirmekte ve bu şekilde hayvanlarda kemik ve konnektif dokuların ile keza, bitkisel dokuların bütünlüğüne katkıda bulunulmuş olmaktadır. Silisyum kollajen ve kartilajlardaki mukopolisakkaritlerin entegral bir unsurunu oluşturmaktadır. Silisyumca noksan civciv ve farelerde kartilaj oluşumu ve mukopolisakkarit sentezindeki bozulmalardan dolayı kemiklerde anormallikler görülür. Bitkilerde silika, yani silisyum dioksit bitkisel hücre duvarlarında sertlik ve sağlamlığı sağlamak için ligninle birlikte strüktürel bir unsur olarak fonksiyon gösterir. Silisyum dioksit sindirilemez bir durumda olup hücre duvarının sindirimini olumsuz yönde etkiler. Buğday samanı ve pirinç samanı gibi bazı yemlerde silisyum dioksit çok fazla miktarlarda bulunur. Yüksek düzeyde rasyon kaynaklı silisyum dioksit çiftlik hayvanları için zararlıdır.

Krom

Krom'un, farelerde glukoz metabolizmasında esansiyel bir element olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Krom insülin ile birlikte kofaktör olarak fonksiyon göstermektedir. Çiftlik hayvanlarının krom ihtiyacına dair herhangi bir bilgi şimdilik mevcut değildir.

Vanadyum

Civciv ve fareler için esansiyel bir elementtir. Bu elementçe noksan rasyonlarla beslenen civcivlerde vücut ve tüy gelişmesi azalmaktadır. Yüksek düzeyde vücuda alınması kolesterol sentezini engellemektedir. Manganezle stimüle edilen kolesterol sentezi vanadyumla olumsuz yönde etkilenmekte, yani manganezin bu etkisi ortadan kalkmaktadır.

AĞIR METALLER

Hayvansal tarımda toksik etkilerinden dolayı kurşun, civa, arsenik ve kadmiyum gibi ağır metaller önem taşımaktadır.

Kurşun

Çiftlik hayvanlarının akut zehirlenmesine yol açan aşırı kurşun, içinde kurşun bulunan boyaların kullanılmasından ileri gelir. Çeşitli amaçlarla zirai sahalara püskürtülen kurşunlu bileşiklerle bulaşık otlaklarda otlamaları sonucu veya endüstriyel operasyonlar sonucu havaya verilen kurşunlu tozların ve buharların çeşitli yollarla bu hayvanların vücuduna girmesi sonucu kronik kurşun zehirlenmesi ortaya çıkar. Kurşun zehirlenmesi çeşitli organ ve dokuları etkilemektedir. Absorbe edilen kurşun'un en büyük kısmı özellikle iskelette depo edilmektedir. Vücuda besinle giren kurşun'un absorbe edilip vücutta tutulması yüksek düzeyde rasyon kaynaklı kalsiyum, fosfor, demir, bakır ve çinko tarafından azaltılırken; düşük düzeyde kalsiyum ve fosfor ise kurşun'un absorpsiyonunu artırmaktadır. "Hem" adlı bileşiğin biyosentezini engellemesinden dolayı, kurşun zehirlenmesinde karakteristik semptom olarak önemi ortaya çıkmaktadır.

Arsenik

Bu elementin iyi bilinen toksik etkisi, onun, proteinin sülfidril (sulphydryl) gruplarına bağlanarak enzim etkisini bloke etmesinden kaynaklanmaktadır. Arsenik, yabancı ot ve zararlı böcekleri kontrol etmek amacı ile kullanılan arsenikli bileşiklerden çevreye yayılmakta ve bu bölgelerde otlayan çiftlik hayvanlarında ana zehirlenme kaynaklarının başında gelmektedir. Genel olarak, inorganik arsenikler organik arseniklerden daha zehirlidirler. Kanatlı ve domuzlar için büyüme stimülanı olarak birçok arsenikli bileşikler bilinmektedir. Bunların etki mekanizması antibiyotiklerinkine benzemektedir.

Civa

Civalı fungusitlerle muamele edilmiş dane yemlerin hayvanlar tarafından yenmesi sonucu, civa zehirlenme vakaları görülmektedir. Arsenikler gibi civa da SH grupları için yüksek bir affiniteye sahip olup böylece -SH grubu ihtiva eden enzimlerin aktivitesi engellenmektedir. Organik civalı bileşikler, inorganik civa tuzlarından daha toksiktirler. Bütün bu bileşikler karaciğer ve böbreklerde aşırı civa birikimine yol açarlar. Sonunda bu organlarda nekroz oluşur ve hayvan ölür.

Kadmiyum

Kadmiyumun endüstriyel kullanımından ötürü ortaya çıkan hava kirlenmesi sonucu odaklardaki bitkilerin kadmiyum kapsamım 40 misli artırabilir. Kadmiyumun çinko, kalsiyum ve bakırın metabolik bir antagonisti olduğu bilinmektedir. Toksik etkisi çinko eksikliğinde görülenlere benzerlik göstermektedir.

Nitratlar

Yabani otlarda ve bazı otlaklarda, özellikle fazla miktarda nitrojenli gübre kullanılması sonucu ortaya çıkan nitratlar hemen hemen zararsızdır. Aşırı nitratın toksik etkisi, onun nitritlere indirgenmesinden kaynaklanır. Nitritler ise kandaki hemoglobini methemoglobin'e çevirir ki bu bileşiğin oksijen taşıyıcı olarak fonksiyon göstermesi olanaksızdır.

KAYNAKLAR

- Aksoy, A., Macit, M. ve Karaoğlu, M. (2000). Hayvan Besleme, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ders Notu Yayın No: 220.
- Albers, PH., Green, D.E. and Sanderson, C.J. (1996) Diagnostic criteria for selenium toxicosis in aquatic birds - dietary exposure, tissue concentrations, and macroscopic effects. *Journal of Wildlife Diseases* 32,468-485.
- Almasri, M.R. (1995) Absorption and endogenous excretion of phosphorus in growing broiler chicks, as influenced by calcium and phosphorus ratios in feed. *British Journal of Nutrition* 74,407-415.
- Aoyagi, S., Baker, D.H. and Wedekind, K.J. (1993) Estimates of copper bioavailability from liver of different animal species and from feed ingredients derived from plants and animals. *Poultry Science* 72,1746-1755.
- Arnold, S.A., Kram, MA., Hintz, H.F., Evans, H. and Krook, L (1973) Nutritional secondary hyperthyroidism in the parakeet *Cornell Veterinarian* 64,37-46.
- Austic, R.E. and Patience, J.F. (1988) Undetermined anion in poultry diet: influences on acid-base balance, metabolism and physiological performance. *Critical Reviews in Poultry Biology* 1,315-345.
- Avdonin. B. F. (1973). Ph.D. Thesis. T. Zagorsk.
- Bafundo, KW., Baker, D.H. and Fitzgerald, RR. (1984) The iron-zinc interrelationship in the chick as influenced by *Eimeria acervulina* infection. *Journal of Nutrition* 114, 1306-1312.
- Bain, S.D. and Watkins, B.A. (1993) Local modulation of skeletal growth and bone modeling in poultry. *Journal of Nutrition* 123,317-322.
- Baker, D.H. and Ammerman, C.B. (1995a) Copper bioavailability in: Ammerman, C.B., Baker, D.H and Lewis, A.J. (eds) *Bioavailability of Nutrients for Animals*. Academic Press, San Diego, pp. 127-156.
- Baker, D.H. and Ammerman, C.B. (1995b) Zinc bioavailability in: Ammerman, C.B., Baker, D.H. and Lewis, A.J. (eds) *Bioavailability of Nutrients for Animals*. Academic Press, San Diego, pp. 367-398.
- Baker, D.H. and Halpin, KM. (1991) Manganese and iron interrelationship in the chick. *Poultry Science* 70,146-152.
- Baker, D.H., Halpin, KM., Laurin, D.E. and Southern, L.L. (1986) Manganese for poultry - a review in: *Proceedings Arkansas Nutrition Conference*. Arkansas, Little Rock, pp. 1-6.

- Bird, F.H. (1949) Magnesium deficiency in the chick. *Journal of Nutrition* 39,13-20.
- Brown, W. O. (1965). *J. Agric. Sci.*, 64, No. 3, 305-310.
- Cade, T.J. (1964) Water and salt balance in granivorous birds in:Wayner, M.J. (ed.) *Thirst* Pergamon Press, Oxford, pp. 237-256.
- Cain, J.R., Beasom, S.L., Rowland, L.O. and Rowe, L.D. (1982) The effects of varying dietary phosphorus on breeding bobwhites. *Journal of Wildlife Management* 46,1061-1065.
- Campbell, E.G. and Koplin, J.R. (1986) Food consumption, energy, nutrient and mineral balances in a Eurasian kestrel and screech owl. *Comparative Biochemistry and Physiology* 83A, 249-254.
- Cantor, A. H. (1974). *Poult. Sci.*, 53, No. 6, 1870-1880.
- Cantor, A.H. and Tarino, J.Z. (1982) Comparative effects of inorganic and organic dietary sources of selenium on selenium levels and selenium-dependent glutathione peroxidase activity in blood of young turkeys. *Journal of Nutrition* 112,2187-2194.
- Clunies, M., Emslie, J. and Leeson, S. (1992) Effect of dietary calcium level on medullary bone calcium reserves and shell weight of Leghorn hens. *Poultry Science* 71, 1348-1356.
- Combs, G. and Scott. M. (1974). *J. Nutr.* 104, No. 1, 1292.
- Combs, G.F. and Combs, S.B. (1986) *The Role of Selenium in Nutrition*. Academic Press, New York.
- Cook, M.E., Sunde, M.L., Stahl, J.I. and Hanson, L.E. (1984) Zinc deficiency in pheasant chicks fed practical diets. *Avian Diseases* 28,1102-1109.
- Cork, S.C., Alley, M.R. and Stockdale, R.H.G (1995) A quantitative assessment of haemosiderosis in wild and captive birds using image analysis. *Avian Pathology* 24, 239-254.
- Cosson, R.P (1989) Relationships between heavy metal and metallothionein-like protein levels in the liver and kidney of two birds: the greater flamingo and the little egret. *Comparative Biochemistry and Physiology* 94C, 243-248.
- Dacke, C.G., Arkle, S., Cook, D.J., Wormstone, I.M. and Jones, S. (1993) Medullary bone and avian calcium regulation. *Journal of Experimental Biology* 184,63-88.
- Davis, R.N., Norris, L.C. and Kratzer, F.H. (1962) Iron deficiency studies in chicks using treated isolated soybean protein diets. *Journal of Nutrition* 78,445-451.
- Davis, G. K. (1974). *Fed. Proc.*, 33, No. 5, Part I. 1194-1196.
- Dierenfeld, E.S., Pini, M.T. and Sheppard, C. (1994) Hemosiderosis and dietary iron in birds. *Journal of Nutrition* 124,2685S-2686S.

- Drent, R.J. and Woldendorp, J.W. (1989) Acid rain and eggshells. *Nature* 339,431.
- Duke, G.E., Jegers, A.A., Loff, G. and Evanson, O.A. (1975) Gastric digestion in some raptors. *Comparative Biochemistry and Physiology* 50A, 649-656.
- Earl, K.E. and Clarke, N.R. (1991) The nutrition of the budgerigar (*Melopsittacus undulatus*). *Journal of Nutrition* 121,186-192.
- Edwards, H.M.J. and Nugara, D. (1968) Magnesium requirements of the chick. *Poultry Science* 47,963-968.
- Emmert, J.L. and Baker, D.H. (1995) Zinc stores in chickens delay the onset of zinc deficiency symptoms. *Poultry Science* 74,1011-1021.
- Etches, R.J. (1996) *Reproduction in Poultry*. CAB International, Wallingford, UK.
- Fordyce, E.J., Forbes, R.M., Robbins, K.R and Erdman, J.W. (1987) Phytates by calcium/zinc molar ratios: are they predictive of zinc bioavailability? *Journal of Food Science* 52, 440-448.
- Frings, H; and Frings, M. (1959) Observations on salt balance and behavior of Laysan and Black-footed albatrosses in captivity. *Condor* 61,305-315.
- Gailey-Phipps, R (1982) Survey on nutrition of penguins. *Journal of American Veterinary Medical Association* 181,1306-1309.
- Gardner, E.E-, Rogler, J.C. and Parker, H.E. (1960) Magnesium requirement of the chick. *Poultry Science* 39,1111-1118.
- Georgievskii, V. I. and Zharova. E. P. (1973). Pervyi Vsesoyuznyi simpozium po mineral'nomu obmenu i ego regulvatsii u s.-kh. zhivotnykh. Borovsk.
- Georgievskii. V. I. et al. (1973). *Khimiyav sel'skom khozyaistve*, No. 110, 68-70.
- Georgievskii. V. I. and Polyakova. E. P. (1977). *Doklady TSKhA*, No. 190, 300.
- Georgievskii. V. I., Annenkov, B.N. and Samokhin, V.T. (1982) *Mineral Nutrition of Animals*, Chapter 15.
- Gilbert, A.B. (1983) Calcium and reproductive function in the hen. *Proceedings Nutrition Society* 42,195-212.
- Gillis, M.B., Edwards, H.M. and Young, R.J. (1962) Studies on the availability of calcium orthophosphates to chickens and turkeys. *Journal of Nutrition* 78,155-162.
- Goodman, G.J. (1996) Metabolic disorders. in: Roskopf, W. and Woerpel, R. (eds) *Diseases of Cage and Aviary Birds*. Williams & Wilkins, Baltimore, pp. 218-234.
- Grassman, E., Kirchgessner, M., Hampel, G. et al. (1971). *Arch. Geflügelk*, 35, No. 2, 67-71.

- Grau, C.R., Roudybush, T.E. and McGibbon, W.H. (1979) Mineral composition of yolk fractions and whole yolk from eggs of restricted ovulator hens. *Poultry Science* 58, 1143-1148.
- Graveland, J. (1996) Avian eggshell formation in calcium-rich and calcium-poor habitats - importance of snail shells and anthropogenic calcium sources. *Canadian Journal of Zoology - Revue Canadienne de Zoologie* 74,1035-1044.
- Graveland, J. and Van Gijzen, T. (1994) Arthropods and seeds are not sufficient as calcium sources for shell formation and skeletal growth in passerines. *Ardea* 82,299-314.
- Grobovskii, A. M. (1973). Tr. Vsesoyuzn. S.-kh. in-ta zaochn. obrazovaniva. No. 71. 56-57.
- Guinotte, F, Gautron, J., Nys, Y. and Soumarmon, A. (1995) Calcium solubilization and retention in the gastrointestinal tract in chicks (*Gallus Domesticus*) as a function of gastric acid secretion inhibition and of calcium carbonate particle size. *British Journal of Nutrition* 73,125-139.
- Hallquist, N.A. and Klasing, K.C. (1994) Serotransferrin, ovotransferrin and metallothionein levels during an immune response in chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology B - Biochemistry and Molecular Biology* 108,375-384.
- Harland, B.F, Spivey Fox, M.R. and Fry, B.E. (1975) Protection against zinc deficiency by prior excess dietary zinc in young Japanese quail. *Journal of Nutrition* 105, 1509-1518.
- Hart, L.E., Ravindran, V. and Young, A. (1992) Accumulation of calcium and phosphorus in pigeon (*Columba livia*) embryos. *Journal of Comparative Physiology B – Biochemical Systemic and Environmental Physiology* 162,535-538.
- Hempe, J.M. and Cousins, R.J. (1992) Cysteine-rich intestinal protein and intestinal metallothionein - an inverse relationship as a conceptual model for zinc absorption in rats. *Journal of Nutrition* 122,89-95.
- Hennig, A. B. (1976). *Minerals, Vitamins, Bio-Stimulants in the Feeding of Farm Animals*. (Russian translation from the German). Moscow; Kolos.
- Henry, RRL (1995) Manganese bioavailability. in: Ammerman, C.B., Baker, D.H. and Lewis, A.J. (eds) *Bioavailability of Nutrients for Animals*. Academic Press, San Diego, pp. 239-256.
- Henry, RR. and Ammerman, C.B. (1995) Selenium bioavailability in: Ammerman, C.B., Baker, D.H. and Lewis, A.J. (eds) *Bioavailability of Nutrients for Animals*. Academic Press, San Diego, pp. 303-336.

- Henry, R.R. and Miller, E.R. (1995) Iron bioavailability. in: Ammerman, C.B., Baker, D.H. and Lewis, A.J. (eds) *Bioavailability of Nutrients for Animals*. Academic Press, San Diego, pp. 169-199.
- Hoffman, D.J., Sanderson, C.J., Lecaptain, L.J., Cromartie, E. and Pendleton, G.W. (1992) Interactive effects of arsenate, selenium, and dietary protein on survival, growth, and physiology in mallard ducklings. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 22,55-62.
- Hoffman, D.J., Heinz, G.H., Lecaptain, L.J., Eisemann, J.D. and Pendleton, G.W. (1996) Toxicity and oxidative stress of different forms of organic selenium and dietary protein in mallard ducklings. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 31, 120-127.
- Houston, D.C., Donnan, D. and Jones, R.J. (1995) The source of the nutrients required for egg production in zebra finches *Poephila guttata*. *Journal of Zoology* 235,469-483.
- Howard, B.R. (1992) Health risks of housing small psittacines in galvanized wire mesh cages. *Journal of American Veterinary Medical Association* 200,1667-1674.
- Humaloja, T. and Mykkanen, H.M. (1986) Intestinal absorption of ⁷⁵Se-labeled sodium selenite and selenomethionine in chicks: effect of time, segment, selenium concentration and method of measurement. *Journal of Nutrition* 116,142-148.
- Hurwitz, S. and Bar, A. (1965) Absorption of calcium and phosphorus along the gastrointestinal tract of laying fowl as influenced by dietary calcium and eggshell formation. *J. Nutr.* 86:433.
- Hurwitz, S. and Bar, A. (1969) Intestinal calcium absorption in the laying fowl and its importance in calcium homeostasis. *J. Clin. Nutr.* 22:391.
- Hurwitz, S. and Pines, M. (1991) Regulation of bone growth. in: Pang, R.K.T. and Schreibaum, M. (eds) *Vertebrate Endocrinology: Fundamentals and Biomedical Implications*. Academic Press, New York, pp. 163-189.
- Hurwitz, S., Plavnik, I., Shapiro, A., Wax, E., Talpaz, H. and Bar, A. (1995) Calcium metabolism and requirements of chickens are affected by growth. *Journal of Nutrition* 125, 2679-2686.
- Jakubas, W. J., Guglielmo, C.G., Vispo, C. and Karasov, W.H. (1995) Sodium balance in ruffed grouse as influenced by sodium levels and plant secondary metabolites in quaking aspen. *Canadian Journal of Zoology - Revue Canadienne de Zoologie* 73, 1106-1114.

- Jensen, W.I. (1968) Perosis in Canada geese, *Branta canadensis*. Bulletin of the Wildlife Disease Association 4, 95-99.
- Johnson, A.L. (1986) Reproduction in the male in: Sturkie, R.D. (ed.) Avian Physiology. Springer-Verlag, New York, pp. 432-451.
- Johnston, J.J. and Bildstein, K.L. (1990) Dietary salt as a physiological constraint in white ibis breeding in an estuary. Physiological Reviews 63, 190-207.
- Keene, O. D. and Combs, G. F. (1962). Poultr. Sci., 41, 1654.
- Keshavarz, K. (1994) Laying hens respond differently to high dietary levels of phosphorus in monobasic and dibasic calcium phosphate. Poultry Science 73, 687-703.
- Kim, Y.S., Sun, S.S. and Myng, K.H. (1985) A comparison of true available calcium with apparent available calcium values using 6 calcium supplements in breeding Japanese quail. Korean Journal of Animal Science 27, 297-309.
- Kincaid, A.L. and Stoskopf, M.K. (1987) Passerine dietary iron overload syndrome. Zoo Biology 6, 79-88.
- Klasing, K.C. (1998) Comparative Avian Nutrition. Chapter: 10.
- Kon, T.S., Peng, R.K. and Klasing, K.C. (1996) Dietary copper level affects copper metabolism during lipopolysaccharide-induced immunological stress in chicks. Poultry Science 75, 867-872.
- Korschgen, L.J., Chambers, G.D. and Sadler, K.C. (1965) Digestion rate of limestone force-fed to pheasants. Journal of Wildlife Management 29, 820-823.
- Kratzer, F.H. and Vohra, P. (1986) Chelates in Animal Nutrition. CRC Press, Boca Raton.
- Krementz, D.G. and Ankney, C.D. (1995) Changes in total body calcium and diet of breeding house sparrows. Journal of Avian Biology 26, 162-167.
- Leach, R. M. and Nesheim, M. C. (1963). J. Nutr., 1, No. 1, 193.
- Leach, R.M. (1988) The role of trace elements in the development of cartilage matrix. in: Hurley, L., Keen, C.L., Lonnerdal, B. and Rucker, R.B. (eds) Trace Elements in Man and Animals, Vol. 6. Plenum Press, New York, pp. 267-271.
- Leach, R.M. and Gay, C.V. (1987) Role of epiphyseal cartilage in endochondral bone formation. Journal of Nutrition 117, 784-790.
- Leach, R.M. and Nesheim, M.C. (1963) Studies on chloride deficiency in chicks. Journal of Nutrition 81, 193-199.
- Leclercq, B., Decarville, H. and Guy, G. (1990) Calcium requirement of male Muscovy ducklings. British Poultry Science 31, 331-337.

- Liu, A.C.H., Heinrichs, B.S. and Leach, R.M. (1994) Influence of manganese deficiency on the characteristics of proteoglycans of avian epiphyseal growth plate cartilage. *Poultry Science* 73,663-669.
- Long, S. (1982) Acid-base balance and urinary acidification in birds. *Comparative Biochemistry and Physiology* 71A, 519-526.
- McCormick, C.C. and Cunningham, D.L. (1984) High dietary zinc and fasting as methods of forced resting: a performance comparison. *Poultry Science* 63,1201-1206.
- McDowell, L.R. (1992) *Minerals in Animal and Human Nutrition*. Academic Press, New York.
- MacLean, S.F. (1973) Lemming bones as a source of calcium for arctic sandpipers (*Calidris* spp.). *Ibis* 116,552-557.
- McWard, G.W. (1967) Magnesium tolerance of the growing and laying chicken. *British Poultry Science* 8,91-97.
- Mcward, J. M. (1967). *Brit. Poult. Sci.*, 8, No. 2, 91-99.
- Miller, D. G., Biddle, G., Bauers, F. P. et al. (1974). *Poult. Sci.*, 53, No. 1, 226-234.
- Miller, E.R. and Ammerman, C.B. (1995) Iodine bioavailability. in: Ammerman, C.B., Baker, D.H. and Lewis, A.J. (eds) *Bioavailability of Nutrients for Animals*. Academic Press, San Diego, pp. 157-168.
- Miller, S.C. (1977) Osteoclast cell surface changes during egg-laying cycle in Japanese quail. *Journal of Cell BioJogy* 75,104-118.
- Mitchell, RD. and Edwards, H.M. (1996) Effects of phytase and 1,25-dihydroxy-cholecalciferol on phytate utilization and the quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler chickens. *Poultry Science* 75,95-110.
- Mongin, R (1989) Recent advances in dietary anion-cation balance in poultry. in: Haresign, W. and Cole, D.G.A. (eds) *Recent Deuelopments in Poultry Nutrition*. Butterworths, London, pp. 94-104.
- Morck, T.A. and Austic, R.E. (1981) Iron requirement of white Leghorn hens. *Poultry Science*. 60, 1497-1501.
- Morgan, E.H. (1975) Plasma iron transport during egg laying and after oestrogen administration in domestic fowl. *Quarterly Journal of Experimental Physiology* 60, 233-247.
- Nielson, F.H. (1986) Other elements. in: Mertz, W. (ed.) *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, Vol. 2. Academic Press, Orlando, Florida, pp. 313-343.
- Norman, A.W. and Hurwitz, S. (1993) The role of the vitamin D endocrine system in avian bone biology. *Journal of Nutrition* 123,310-316.

- Norris, L.C., Kratzer, E.H., Un, H.J., Hellewell, A.B. and Belhan, J.R. (1972) Effect of quantity of dietary calcium on maintenance of bone integrity in mature white Leghorn male chickens. *Journal of Nutrition* 102,1085-1091.
- Noy, Y., Frisch, Y., Rand, N. and Sklan, D. (1994) Trace mineral requirements in turkeys. *World's Poultry Science Journal* 50,253-268.
- NRC (1994) *Nutrient Requirements of Poultry*. National Academy Press, Washington, DC.
- Nugara, D. and Edwards, H. M. (1963). *J. Nutr.*, 80, No. 2,181-184.
- Ohlendorf, H.M., Hothem, R.L., Bunck, C.M. and Marois, K.C. (1990) Bioaccumulation of selenium in birds at Kesterson Reservoir, California. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 19,495-507.
- Packard, M.J. (1994) Mobilization of shell calcium by the chick chorioallantoic membrane in vitro. *Journal of Experimental Biology* 190,141-153.
- Packard, M.J. and Packard, G.C. (1991) Patterns of mobilization of calcium, magnesium, and phosphorus by embryonic yellow-headed blackbirds (*Xanthocephalus xanthocephalus*). *Journal of Comparative Physiology B - Biochemical Systemic and Environmental Physiology* 160,649-654.
- Pan'kov, P. et al. (1972). *Tr. VNITIP, Zagorsk*, 36, 297-301.
- Parsons, A.H. and Combs, G.F.J. (1981) Blood ionized calcium cycles in the chicken. *Poultry Science* 60,1520-1524.
- Petukhova, E. A. (1972). *Tr. Mosk. vet. akad.*, 58, 45-49.
- Pimentel, J.L., Greger, J.L., Cook, M.E and Stahl, J.L. (1992) Iron metabolism in chicks fed various levels of zinc and copper. *Journal of Nutritional Biochemistry* 3,140-145.
- Pleshanov, N. N. (1966). *Biokompleksy i ikh znachenie v obmene veshchestv*. pp. 152-157. Moscow; Kolos.
- Prange, H.D., Anderson, J.F. and Rahn, H. (1979) Scaling of skeletal mass to body mass in birds and mammals. *American Naturalist* 113,103-122.
- Randall, M.G. (1981) Nutritionally induced hypocalcemic tetany in an Amazon parrot *Journal of American Veterinary Medical Association* 179,1277-1278.
- Rao, S.K., Roland, D.A. and Gordon, R.W. (1995) A method to determine and factors that influence in vivo solubilization of phosphates in commercial Leghorn hens. *Poultry Science* 74,1644-1649.
- Ravindran, V., Bryden, W.L. and Kornegay, E.T. (1995) Phytates: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. *Poultry and Avian Biology Reviews* 6,125-143.

- Richards, M.P. and Packard, M.J. (1996) Mineral metabolism in avian embryos. *Poultry and Avian Biology Reviews* 7,143-161.
- Richardson, R.R.K., Mundy, R.J. and Plug, I. (1986) Bone crushing carnivores and their significance to osteodystrophy in griffon vulture chicks. *Journal of Zoology* 210, 23-43.
- Robbins, C.T. (1993) *Wildlife Feeding and Nutrition*, 2nd edn. Academic Press, San Diego.
- Rogier, J.C, Parker, H.E., Andreu/s, F.N. and Carrick, S.W. (1961) The iodine requirements of the breeding hen. *Poultry Science* 40,1554-1561.
- Romanoff, A.L. and Romanoff, A.J. (1949) *The Avian Egg*. John Wiley and Sons, New York.
- Roudybush, T. (1996) Nutrition. in:Roskopf, W. and Woerpel, R. (eds) *Diseases of Cage and Aviary Birds*. Williams & Wilkins, Baltimore, pp. 218-234.
- Ross, E. (1974) Value of crushed coral as a source of calcium in layer rations. *Haw. Agr. Res. Rep.* 204:3.
- Rowland, L.O., Sloain, D.R., Fry, J.L and Harmes, R.H. (1973) Calcium requirement for bone maintenance of aged non-laying hens. *Poultry Science* 52,1415-1418.
- Rucker, R.B., Parker, H.E. and Rogier, J.C. (1968) Utilization of calcium and phosphorus from hydrous and anhydrous dicalcium phosphates. *Journal of Nutrition* 96,513-519.
- Russel, W.C. (1977) Iodine-induced goiter in penguins. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 171,959-960.
- Saiz, M.R, Marti, M.T., Mitjavila, M.T. and Planas, J. (1993) Iron absorption by small intestine of chickens. *Biological Trace Element Research* 36,7-14.
- Scott, M.L., van Tienhoven, A., Holm, E.R. and Reynolds, R.E. (1960) Studies on the sodium, chlorine and iodine requirements of young pheasants and quail. *Journal of Nutrition* 71, 282-288.
- Scott, M. L., Nesheim, M. C. and Young, R. J. (1969). *Nutrition ofthe Chicken*. New-York; Íthaca.
- Scott, M. (1970). *Feedstuffs*, Yearbook, No. 42. 59-60.
- Scott, M.L, Nesheim, M.C. and Young, R.J. (1982) *Nutrition of the Chicken*, 3rd edn. M.L Scott and Associates, Ithaca, New York.
- Shafey, T.M. (1993) Calcium tolerance of growing chickens - effect of ratio of dietary calcium to available phosphorus. *World's Poultry Science Journal*. 49, 5-18.
- Soares, J. H. (1974). *Poult. Sci.*, 53, No.1, 246-252.
- Soares, J. H., Nicholson, J. L., Bossard, E. H. et al. (1974). *Poult. Sci.*, 53, No.1, 235-240.

- Soares, J.H. (1995) Calcium bioavailability. Iru Ammerman, C.B., Baker, D.H. and Lewis, A.J. (eds) Bioavailability of Nutrients for Animals. Academic Press, San Diego, pp. 95-118.
- Spick, G., Coddeville, B. and Montreuil, J. (1988) Comparative study of the primary structures of sero-, lacto- and ovotransferrin glycans from different species. *Biochimie* 70, 1459-1469.
- Stallard, L.C. and McNabb, F.M.A. (1990) The effects of different iodide availabilities on thyroid function during development in Japanese quail. *Domestic Animal Endocrinology* 2,239-250.
- Stafford, J. E. H. and Edwards, N. A. (1974). *Brit. Poult. Sci*, 14, No. 2. 137-148.
- Stillmak, S.J. and Sunde, M.L. (1971) The use of high magnesium limestone in the diet of the laying hen. *Poultry Science* 50,553-560.
- Sullivan, T.W. and Douglas, J.H. (1994) Levels of various elements of concern in feed phosphates of domestic and foreign origin. *Poultry Science* 73,520-528.
- Sykes, G., Hardaswick, V. and Heck, W. (1982) Nutritional deficiency and perosis in peregrine falcons. *Hawk Chalk*. 21, 33-36.
- Tao, S., Fry, B.E. and Spivey-Fox, M.R. (1983) Magnesium stores and anemia in young Japanese quail. *Journal of Nutrition* 113,1195-1203.
- Teeter, R.G., Smith, M.O., Owens, F.N., Arp, S.C, Sangiah, S. and Breazile, J.E. (1985) Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks. *Poultry Science* 64,1060-1064.
- Thompson, J.N. and Scott, M.L. (1969) The role of selenium in the nutrition of the chicken. *Journal of Nutrition* 97,335-343.
- Underwood, E.J. (1977) *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. Academic Press, New York.
- Vogt, H. (1971a). *Arch. Geflügelk.*, 35, No. 1,17-20.
- Vogt, H. (1971b). *Arch. Geflügelk.*, 35, No. 4, 151-155.
- Vogt, H., Nezel, K., Rouch. W. et al. (1971). *Arch. Geflügelk.*, 35, No. 3. 116-122. Vogt, H. (1974). *Arch. Geflügelk.*, 38, No. 3. 77-81.
- Wages, D.P., Ficken, M.D., Cook, M.E. and Mitchell, J. (1995) Salt toxicosis in commercial turkeys. *Avian Diseases* 39,158-161.
- Wallach, J.D. and Fleig, G.M. (1970) Cramps and fits in carnivorous birds. *London Zoological Society* 10,3-4.

- Ward, R.J., Smith, T, Henderson, G.M. and Peters, T.J. (1991) Investigation of the aetiology of haemosiderosis in the starling (*Sturnus vulgaris*). *Avian Pathology* 20,225-232.
- Wheeler, R.S. and Hoffmann, E. (1949) Goitrogenic action of iodide and the etiology of goiters in chicks from thyroprotein fed hens. *Proceedings Society Experimental Medicine* 72,250-254.
- Wideman, R.F. (1987) Renal regulation of avian calcium and phosphorus metabolism. *Journal of Nutrition* 117,808-815.
- Wight, P.A.L. and Dewar, W.A. (1976) The histopathology of a zinc deficiency in ducks. *Journal of Pathology* 120,183-191.
- Wight, P.A.L, Dewar, W.A. and Saunderson, C.L. (1986) Zinc toxicity in the fowl: ultra-structural pathology and relationship to selenium, lead and copper. *Avian Pathology*. 15, 23-38.
- Wilson, H.R., Persons, H.N., Rowland, L.O. and Harmes, R.H. (1969) Reproduction in white Leghorn males fed various levels of dietary calcium. *Poultry Science* 49,798-801.
- Wilson, S. and Duff, S.R I. (1991) Effects of vitamin or mineral deficiency on the morphology of medullary bone in laying hens. *Research in Veterinary Science* 50,216-221.
- Zdziarski, J.M., Mattix, M., Bush, M.J.R. and Montali, R.J. (1994) Zinc toxicosis in diving ducks. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 25, 438-445.