



## Yumurta Tavukları ve Broylerlerde Kemiğin Biyomekanik Özelliklerine Beslemenin Etkisi

Osman Olgun<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 42075 Selçuklu/Konya, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

Geliş 19 Şubat 2014  
Kabul 25 Mart 2014  
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

**Anahtar Kelimeler:**  
Yumurta tavuğu  
Broyler  
Kemik  
Biyomekanik özellikler  
Besleme

### ÖZET

Kanatlı sektöründe bacak problemleri önemli boyutta ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Kemik kalitesi ve sağlamlığı besleme ile ilgilidir. Bu derlemede yumurta tavuğu ve broylerlerde beslemenin kemik sağlamlığına etkilerine yer verilmiştir. Bunun için bazı minerallerin ve katkı maddelerinin kemik kalitesine etkisi incelenmiştir. Yumurta tavukları ve broylerlerde sağlam bir kemik yapısı için kalsiyum, fosfor, bor ve rasyona bazı katkı maddeleri ilavesinin önemli olduğu, ayrıca yumurta tavuklarında kalsiyum kaynaklarının formuna da dikkat edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

\* Sorumlu Yazar:

E-mail: oolgun@selcuk.edu.tr

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 2(3): 132-136, 2014

## Effect of Nutrition on Biomechanical Properties of Bone in Laying Hens and Broilers

### ARTICLE INFO

**Article history:**  
Received 19 February 2014  
Accepted 25 March 2014  
Available online, ISSN: 2148-127X

**Keywords:**  
Laying hens,  
Broiler  
Bone  
Biomechanical properties  
Nutrition

### ABSTRACT

Leg problems have caused significant economic losses in poultry sector. Bone quality and strong is related to nutrition. In this review, effects of nutrition on bone strength are given to laying hens and broilers. For this, effects of some minerals and feed additives on bone quality were reviewed. Calcium, phosphorus, boron and some feed additives in feeding of hens and broilers are important to strong bone. In addition, the form of calcium resources must be considered in laying hens.

\* Corresponding Author:

E-mail: oolgun@selcuk.edu.tr

## Giriş

İskelet sistemini oluşturan kemik yapısal, koruyucu ve metabolik fonksiyonları yerine getirir. Kemik başta kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) olmak üzere vücutta mineral deposu vazifesinde bulunur ve serum mineral dengesinin sağlanmasında görev alır (Baran, 1996).

Yumurta kabuk teşekkülünde Ca'nın %60-75'i tüketilen yemden sağlanırken, %25-40'ı ise kemikten sağlanır. Bu yüzden yüksek verim sebebiyle kemiklerden mobilize edilen Ca tekrar yerine konulamazsa, kemikler zayıflar ve osteoporoz (Whitehead, 2004), kafes yorgunluğu denilen metabolik rahatsızlıkların görülme riski artar, yumurta verimi ve kabuk kalitesi düşer (Keshavarz, 1987). Bu dönemde yumurta tavuklarının Ca yetersizliğine karşı koyabilme kabiliyeti, onların iskelet Ca depolarının bir fonksiyonu olduğu için tavukların iskeletlerinde mümkün olduğunca fazla Ca depolamaları arzu edilir (Keshavarz, 1992).

Broyler yetiştiriciliğinde yapılan ıslah çalışmaları ve bakım ve beslemenin iyileştirilmesiyle birlikte yüksek bir büyüme hızına ve canlı ağırlığa ulaşmaktadırlar. Ancak kemik gelişimi bu hızda olmamakta ve artan canlı ağırlığa bağlı olarak kemik problemleri sorun teşkil etmektedir (McNamee ve ark., 1999; Ridell, 1997). Bacak problemleri broyler sektöründe bir sorun olmakta ve hayvanların yeme ulaşamamasına bağlı olarak hayvanlarda büyümenin yavaşlamasına, ölüm oranında artışa, karkas kalitesinde bozulmaya, ıskarta hayvan sayısında ve kesimhaneye sevkiyat sırasında ölüm oranında artış gibi önemli ekonomik kayıplara neden olur (Julian, 1998).

Kalsiyum, P ve vitamin D'nin besleme bakımından kemik mineralizasyonunu etkileyen ve osteoporozu engelleyen ana faktörler oldukları kabul edilmektedir. Bunu yanı sıra yüksek yumurta oranına sahip sürülerde osteoporozu önlemek ve kemik kalitesini korumak amacıyla izlenecek stratejilerden biri de rasyon besin maddelerinin optimizasyonudur. İz elementlerin (Nielsen ve ark., 1987; Wilson ve Ruszler, 1996) ve bazı yem katkı maddelerinin (Scholz-Ahrens ve Schrezenmeir, 2002; Cashman, 2003) kemik kalitesine olan direk etkisi yanında, bunların Ca emilimine olan etkisiyle kemik kalitesine dolaylı bir etkisi de olabilmektedir.

Kemiğin mekanik özellikleri, kemiğin fonksiyonel karakterleri ile diğer besinsel faktörlerin ilişkisini belirlemede kullanılabilir (Thomas ve ark., 1988). Wilson ve Ruszler (1996) kemik kırılma kuvveti ve kemik kül miktarının sıklıkla kemik kırılmalarını önlemede ve çeşitli rasyon ilavelerinin değerlendirilmesinde kriter olarak kullanılabileceğini belirtmiştir. Son 10-15 yılda besin maddelerinin mineraller üzerine etkilerinin araştırıldığı hayvan besleme çalışmalarında başta kemik kırılma kuvveti olmak üzere diğer biyomekanik parametrelere (kemik çapı, kesit alanı, kırılma enerjisi ve kemik stresi), ilgi artmaktadır. Kemiğin biyomekanik özelliklerini belirlemede taze ya da kurutulmuş kemiklere ve üç veya dört noktadan kuvvet uygulama metodları kullanılabilir. Ancak Kim ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada taze, kurutulmuş ve yağsız kurutulmuş kemiklerin biyomekanik özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada taze kemiğin kırılma kuvveti ile diğer parametreler arasındaki korelasyonun kuru veya

yağsız kuru kemiklere göre daha iyi sonuç verdiği bildirmişlerdir.

Bu derlemede bazı minerallerin ve katkı maddelerinin yumurta tavukları ve broylerde kemiğin biyomekanik özellikleri üzerine etkileri hakkında bilgi verilmeye çalışılmış ve son yıllarda yapılan çalışmalar derlenmiştir.

## Mineraller

Makro minerallerden olan Ca ve P kemiği oluşturan ana komponentlerdir. Hayvan beslemede esansiyel olan çinko (Zn), manganez (Mn) ve bakır (Cu) gibi iz mineraller ise vücutta birçok faaliyeti yerine getirmekle beraber kemiğin gelişimi ve sağlığının korunmasında da görev yaparlar (Leach, 1988; Rucker, 1988).

### *Kalsiyum ve kalsiyum kaynağı partikül büyüklüğü*

Kalsiyum, kemiği oluşturan minerallerin başında gelir ve vücut Ca'nın %99'u iskelette bulunur. Rasyondaki Ca miktarı ile birlikte yumurta tavukları için Ca kaynağının partikül boyutu da önem arz etmektedir. Çünkü büyük partiküllü Ca kaynaklarının taşıyıcı toz formlara göre daha uzun süre kalır ve yem tüketiminin olmadığı, yumurta kabuğunun oluştuğu karanlık dönemde özellikle yaşlı tavuklar için daha iyi bir Ca kaynağıdır (Harms, 1982). Dolayısıyla uygun bir yumurta kabuğu ve kemik kalitesi için yeterli miktar ve formda Ca verilmesi kemik kalitesini arttırmaktadır (Narvaez-Solarte ve ark., 2006; Cufadar ve ark., 2011). Büyük partiküllü Ca kaynağı medullanın aktivitesi ve kalitesinin devamına yardımcı olmakta (Leesson ve Summers, 2005) ve kemiğin kırılma gücünü arttırmaktadır (Guinotte ve Nys, 1991; Cufadar ve ark., 2011).

Narvaez-Solarte ve ark. (2006) yumurta tavuklarında 42-64 haftalar arasında rasyon Ca seviyesinin %2,60'dan aşamalı olarak %4,20'ye çıkarılması durumunda rasyon Ca seviyesindeki artış ile doğrusal orantılı olarak kemik kırılma direncinin arttığını bildirmiştir. Yaşlı yumurta tavuklarında (70. hafta) yapılan başka bir çalışmada ise Ca ve P seviyelerinin sırasıyla %3,7 ve %0,65'den %3,25 ve %0,62'ye düşürülmesinin kemik kırılma kuvveti ve kırılma enerjisini olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Swiatkiewicz ve ark., 2010).

Mermer tozunun partikül boyutunun artırılmasının (1,0-2,0 veya 2,0-3,8 mm) yumurta tavuklarında tibia kırılma gücü ve tibia stresini (birim alana uygulanan kuvvet miktarını) arttırdığı bildirilmiştir (De Witt ve ark., 2006). Başka bir çalışmada ise mermer tozu partikül büyüklüğünün (%100 toz ve %67 toz + %33 granül) kemik parametreleri üzerine etkisi denenmiş ve 0.5-4.0 mm partikül büyüklüğündeki mermer tozunun %33 oranında toz formdaki mermer tozu yerine ikamesinin kemik kırılma direncini iyileştirdiği bildirilmiştir (Saunders-Blades ve ark., 2009). Koutoulis ve ark. (2009) 72 haftalık yaşta yumurta tavuklarında rasyon Ca seviyesinin %3,6'dan %4,0'e çıkarılması ve toz formdaki Ca kaynağı yerine 0,4 mm'den büyük partiküllü Ca kaynağının verilmesi durumunda kemik kırılma direnci arttırdığını bildirmişlerdir. Yetmiş altı haftalık yumurta tavuklarında farklı Ca içeriği %3,0; %3,6 ve %4,2 ve Ca kaynağı olarak mermer tozunun 3 farklı boyutunun (<2 mm, 2-5 mm ve >5 mm) kemik özelliklerini etkilerinin

incelendiği bir çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda yumurta tavuklarının %3,6 Ca ve 2-5 mm partikül boyutu ile beslenmesinin kemik özelliklerini iyileştirdiği belirtilmiştir (Cufadar ve ark., 2011).

#### Fosfor

Kemikte uygun bir mineralizasyonun sağlanması için gerekli olduğundan P kemik oluşumu için esansiyel bir elementtir. Rasyonda P'nin azaltılması kemik mineralizasyonun bozulması yol açar, ancak rasyonda Ca'nın düşük P'nin yüksek seviyelerde bulunması paratiroid hormon seviyesinin artmasına neden olur ve bu durumda kemikten başta Ca olmak üzere minerallerin mobilizasyonuna sebep olur.

Whitehead ve ark. (2004) farklı seviyelerde Ca (%0,8; %1,0 ve %1,3), kullanılabilir P (KP; %0,35, %0,45 ve %5,0) ve vitamin A (2,4 mg/kg ve 4,5 mg/kg) içeren rasyonlara 5, 20, 125 ve 250 µg/kg seviyelerinde vitamin D<sub>3</sub> ilavesinin etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda 14. gün tibia kırılma gücüne Ca ve KP seviyelerinin etkisinin olmadığı, 125 µg/kg vitamin D<sub>3</sub> ilavesinin tibia kırılma gücünü arttırmada yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Denemenin 42. günündeki maksimum kırılma gücünün ise %0,8 Ca, %0,35 KP ve 125 µg/kg vitamin D<sub>3</sub> içeren rasyonlar ile yemlenen gruptan elde edildiğini ve vitamin A'nın kemik parametrelerine her iki dönemde de etkisini olmadığını belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise rasyon KP'sinin %0,30'dan %1,41'e düşürülmesinin kemik kalitesini olumsuz etkilediği ve fitaz ilavesinin (450 U/kg) bu olumsuz etkiyi önleyemediği bildirilmiştir (Jamroz ve ark., 2006). Venalanien ve ark. (2006) ise kemik kırılma kuvvetinde farklı enerji (2627 ve 2866 kkal/kg) ve KP (%0,40, %0,45, %0,50 ve %0,55) içeren rasyonların etkisinin olmadığını bildirmiştir. Lei ve ark. (2011) tarafından düşük enerji (2603 kkal/kg), ham protein (%15,27), Ca (%3,30) ve KP (%0,14) içeren rasyonlara fitaz ilavesinin kemik kırılma gücünü etkilemediği ancak rasyon besin maddelerinin azaltılmasının kemik kalitesini baskıladığını bildirmiştir.

#### İz Mineraller

Kanatlı hayvanlar dahil bütün çiftlik hayvanları için esansiyel bir iz mineral olan Zn kemikte kollegen sentezi, osteobastik ve alkalın fosfataz aktivitesi için gereklidir. Swietkiewicz ve Kolerkeski (2008) rasyona 30 mg/kg Zn ilavesinin yumurta tavuklarının kemik külü ve biyomekanik özelliklerine etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Manganez kemiğin matriks oluşumunda mukopolisakkaritlerin biyosentezi için gereklidir ve kemik dokusundaki birkaç enzimin ko-faktörüdür. Swietkiewicz ve Kolerkeski (2008) rasyona 50 mg/kg Mn ilavesinin yumurta tavuklarının kemik külü ve biyomekanik özelliklerine etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Yıldız ve ark., (2011) yumurta tavuklarında yaptıkları çalışmada rasyona farklı seviyelerde (15-75 mg/kg) organik ve inorganik Mn ilavesinin kemiğin biyomekanik özellikleri ve Mg seviyesini etkilemediğini bildirmiştir.

Kemik yapısına dahil olan Cu aynı zamanda iskelet mineralizasyonu ve doku bağlarının sağlamlığında görev

alır. Ayrıca Cu içeren bir enzim olan lisil oksidaz kollegen fibrinlerinin çapraz bağlanması için esansiyeldir ve böylece kemikte bağ dokunun esnek ve güçlü olmasını sağlamaktadır. Ancak Olgun ve ark., (2012) rasyona 150 mg/kg ve 300 mg/kg Cu ilavesinin yumurta tavuklarında kemiğin biyomekanik özelliklerini etkilemediğini bildirmişlerdir.

Çiftlik hayvanları için esansiyel olup olmadığı tartışılan bir mineral olan bor (B), kemiğin yapısında etkili olan Ca, magnezyum (Mg) ve vitamin D gibi besin maddelerinin yetersizliğinde kemiğin sağlığını devam ettirmede etkilidir (Nielsen, 1990). Son yıllarda yapılan çalışma sonuçları rasyona B ilavesinin kanatlılarda mineral yararlanımını ve kemik kırılma kuvvetini arttırdığını göstermektedir (Wilson ve Ruszler, 1998; Olgun ve ark., 2012). Wilson ve Ruszler (1998) yumurta tavuğu rasyonlarına B ilavesinin (50-400mg/kg) kesme kuvveti, kesme gerilmesi ve kesme enerjisini arttırdığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Mızrak ve Ceylan (2009) damızlık yumurtacı rasyonlarına B ilavesinin (25-75 mg/kg) femur kırılma kuvvetini arttırdığını bildirmişlerdir. Ancak Wilson ve Ruszler (1996) yumurta tavuk rasyonlarına B ilavesinin tibia kesme kuvveti, kesme gerilmesi ve kesme enerjisini etkilemediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Mızrak ve ark. (2010) yumurta tavuklarında B ilavesinin tibia kırılma kuvvetine etkisinin olmadığını, 25 mg/kg ve 50 mg/kg B ilavesinde femur kırılma kuvvetinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Olgun ve ark., (2012) yumurta tavuklarında kemiğin biyomekanik özelliklerini iyileştirmesi bakımından rasyona 60 mg/kg B ilavesinin yeterli olduğunu bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar B ilavesinin plazma Ca seviyesinin düşmesine ve kemik Ca seviyesinin B tarafından belirgin bir şekilde değiştirilmemesine rağmen B ilavesinin kemiğin biyomekanik özelliklerini iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Borun etki mekanizması hakkında bilgiler günümüzde yeterli düzeyde değildir. Ancak B'nin minerallerin sindirim sisteminden emilimlerinin arttırmada ve atımlarının azaltmada etkili olabileceği bildirilmiştir (Yeşilbağ ve Eren, 2008).

#### Yem Katkı Maddeleri ve Rasyon

Antibiyotiklere alternatif olarak kullanılan prebiyotik gibi katkı maddeleri sindirim sisteminde patojen mikroorganizmalarının negatif etkilerini önlemekte, sindirim sistemi pH'sının düşmesini sağlayarak Ca, Mg ve Zn gibi minerallerin ve diğer besin maddelerinin kullanımı ve kemik mineral muhtevasını arttırmaktadır (Scholz-Ahrens ve Schrezenmeir, 2002; Cashman, 2003). Kanatlı hayvanların rasyonlarına organik asit, prebiyotik ve bunların kombinasyonlarının ilavesinin kemik kırılma gücü ve kemik stresine etkili olmaktadır (Swietkiewicz ve ark., 2010). Rasyon düşük Ca seviyesinin tibia parametrelerinde neden olduğu negatif etkiyi rasyona prebiyotik ilavesinin önlediği bildirilmiştir (Houshand ve ark., 2011). Swiatkiewicz ve ark. (2014) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise %20 DDGS içeren yumurta tavukları rasyonlarına 200 mg/kg enzim (β-ksilenaz ve fitaz), sodyum-butirat (700 mg/kg), probiyotik (108 CFU/kg), esansiyel yağ karışımı (250 mg/kg), inulin (%0,5) ve sitoza (3 ml/kg) ilave etmişlerdir. Araştırma

sonuçları DDGS'nin kemik parametrelerini etkilemediği ve rasyona probiyotik ve esansiyel yağ karışımının femur ve tibia kırılma kuvvetini arttırdığı görülmüştür.

Broylerlerde yapılan bir çalışmada ise standart ya da azaltılmış Ca ve KP içeren rasyonlara organik asit olarak kısa zincirli yağ asitleri ilavesinin (%0,4) tibia kırılma kuvvetine etkisinin olmamasına rağmen femur kırılma kuvvetini rasyon Ca ve KP seviyelerine bakmaksızın arttırdığını bildirilmiştir (Swiatkiewicz ve Arczewska-Wlosek, 2012). Çalışmada ayrıca rasyon Ca ve KP seviyelerinin kemik parametrelerini etkilemediği de bildirilmiştir (Swiatkiewicz ve Arczewska-Wlosek, 2012).

Yıldız ve ark., (2009) farklı aydınlatma programlarına yetiştirilen broyler içme suyuna 200 mg/L askorbik asit ilavesinin kemik direncini arttırdığını bildirmişlerdir. Swiatkiewicz ve ark. (2011) Ca ve KP seviyeleri azaltılmış broyler rasyonlarına 7,0 g/kg inulin ve oligofruktöz ilavesinin kemiğin biyomekanik özelliklerini etkilemediğini bildirmişlerdir. İslam ve ark., (2012) broyler rasyonlarına %0,25, %0,75 ve %1,25 oranlarında sitrik asit ilavelerinde %0,25 sitrik asit ilavesinin tibia kırılma kuvvetini arttırmada diğer seviyelerden daha etkili olduğunu bildirmiştir.

Büyütme döneminde 7-17 haftalar arasında farklı seviyelerde (145, 165 ve 185 g/kg) nötral deterjan selüloz içeren rasyonlarla beslenen yumurtacı yarkaların 17. ve 35. haftalardaki kemik kalite kriterlerinde bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir (Cruz ve ark., 2012). Hassan ve ark., (2013) 2750, 2775 ve 2800 kkal/kg ME ve %16 ve %17 protein içeren rasyonlarla yemlenen yumurta tavuklarının kemik kırılma kuvveti deneme rasyonlarından etkilenmemiştir. Başka bir çalışmada ise yumurta tavuklarına 2647, 3028 ve 3193 kkal/kg enerji ve %2,62; %3,70 ve %4,40 Ca içeren rasyonların verildiği bir çalışmada orta ve yüksek enerji seviyelerinin kemik kütlesi ve kırılma gücünü azalttığı, düşük Ca seviyesinin ise kemik ağırlığı, kemik kütlesi ve kırılma gücünü azalttığı bildirilmiştir (Jiang ve ark., 2013). Yumurta tavuk rasyonlarına 0,03, 0,3 ve 3 mg/kg melatonin ilavesinin kemik parametrelerine etkisinin araştırıldığı bir çalışma sonucunda yüksek melatonin ilavesinin femur ve tibia kırılma kuvvetini arttırdığı bildirilmiştir (Taylor ve ark., 2013).

## Sonuç

Yumurta ve piliç eti üretiminde kemik hastalıkları ve kemik kırılmalarına bağlı önemli ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Kanatlılarda kemik sağlamlığı karlılık ve hayvan refahı açısından son derece önemlidir. Kemik kalitesinin (sağlamlığı) artırılması amacıyla uygun seviye, oran ve formda Ca, P ve diğer iz minerallerin rasyonla sağlanması gerekmektedir. Yumurta tavuğu rasyonlarında Ca kaynağının 1/3 oranında büyük partiküllü (1,00 mm ve üzeri) Ca kaynaklarından sağlanmalıdır. Kalsiyum metabolizmasında etkili yem katkı maddeleri kullanımının yaygınlaştırılması ve daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

## Kaynaklar

Baran DT. 1996. Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism. 3<sup>rd</sup> ed. Lippincott-Raven, Philadelphia.

- Cashman K. 2003. Prebiotics and calcium bioavailability. *Curr Issues Intest Microbiol.* 4:21-32.
- Cruz CEB, Freitas ER, Farias NNP, Xavier RPS, Lima JSC, Sa NL, Braz NM, Bezerra RM. 2012. Bone quality of laying hens fed different levels of fiber in the growth phase (7 to 17 weeks of age). *R. Bras. Zootec.*, 41:2032-2038.
- Cufadar Y, Olgun O, Yıldız AÖ. 2011. The effect of dietary calcium concentration and particle size on performance, eggshell quality, bone mechanical properties and tibia mineral contents in moulted laying hens. *British Poul. Sci.*, 52:761-768.
- De Witt FH, Kuleile NP, Van Der Merwe HJ, Fair MD. 2009. Effect of limestone particle size on bone quality characteristics of hens at end-of-lay. *S. African J. Anim. Sci.*, 39:(Supp 1) 41-44.
- Guinotte F, Nys Y. 1991. Effects of particle size and origin of calcium sources on eggshell quality and bone mineralization in egg laying hens. *Poult. Sci.*, 70:583-592.
- Harms RH. 1982. The influence of nutrition on eggshell quality. Part II: Phosphorus. *Feedstuffs*, 17:25-27.
- Hassan R, Choe HS, Jeong YD, Hwangbo J, Ryu KS. 2013. Effect of dietary energy and protein on the performance, egg quality, bone mineral density, blood properties and yolk fatty acid composition of organic laying hens. *Ital. J. Anim. Sci.*, 12:60-65.
- Houshmand M, Azhar K, Zulkifli I, Bejo MH, Meimandipour A, Kamyab A. 2011. Effects of non-antibiotic feed additives on performance, tibial dyschondroplasia incidence and tibia characteristics of broilers fed low-calcium diets. *J. Anim. Physiol. Anim. Nut.*, 95:351-358.
- Islam KMS, Schaeublin H, Wenk C, Wanner M, Liesegang A. 2012. Effect of dietary citric acid on the performance and mineral metabolism of broiler. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutrit.*, 96:808-817.
- Jamroz D, Orda J, Skorupinska J, Wertelecki T, Wiliczekiewicz A, Zylka R, Broz J. 2006. Performance and bone quality of laying hens fed lowphosphorus diets based on different cereal grains and supplemented with phytase. *Krmiva*, 48:7-17.
- Jiang S, Cui L, Shi C, Ke X, Luo J, Hou J. 2013. Effects of dietary energy and calcium levels on performance, egg shell quality and bone metabolism in hens. *Vet. J.*, 198:252-258.
- Julian RJ. 1998. Rapid growth problems: ascites and skeletal deformities in broilers. *Poult. Sci.*, 77:1773-1780.
- Kim WK, Donalson LM, Herrera P, Woodward CL, Kubena LF, Nisbet DJ, Ricke SC. 2004. Effects of different bone preparation methods (fresh, dry, and fat-free dry) on bone parameters and the correlations between bone breaking strength and the other bone parameters. *Poult. Sci.*, 83:1663-1666.
- Keshavarz K. 1987. Influence of feeding a high calcium diet for various durations in prelaying period on growth and subsequent performance of white leghorn pullets. *Poult. Sci.*, 66:1576-1582.
- Keshavarz K. 1992. Proper calcium and phosphorus nutrition during growing and laying periods for optimum bone formation and egg shell quality. *Multi State Poultry Feeding and Nutrition Conference-1992*, May 21-23. Indiana.
- Koutoulis KC, Kyriazakis I, Perry GC, Lewis PD. 2009. Effect of different calcium sources and calcium intake on shell quality and bone characteristics of laying hens at sexual maturity and end of lay. *Inter. J. Poul. Sci.*, 8:342-348.
- Leach RM. 1988. The role of trace elements in the development of cartilage matrix. In *Trace Elements in Man and Animals* 6, pp. 267-271 L. S. Hurley, C. L. Keen, B. Lonnerdal and R. B. Rucker, editors]. New York: Plenum Press.
- Lei QB, Shi LX, Zhang KY, Ding XM, Bai SP, Liu YG. 2011. Effect of reduced energy, protein and entire substitution of inorganic phosphorus by phytase on performance and bone mineralization of laying hens. *British Poul. Sci.*, 52:202-213.

- Leeson S, Summers JD. 2005. Commercial Poultry Nutrition, 3rd ed. (Ontario, Canada, University Books).
- McNamee PT, McCullagh JJ, O'Hagan J, Spratt-Davidson S, Mulholland EJ, Ball HJ, Smyth JA.,1999. A longitudinal study of leg weakness in five commercial broiler flocks. In: Proc. of the 48th Western Poultry Disease Conference, Vancouver, B.C. Canada.
- Mızrak C, Ceylan N. 2009. Damızlık yumurta tavuğu yemlerine farklı seviye ve formda bor ilavesinin performans, kemik gelişimi ve bazı kan parametreleri üzerine etkisi. 6. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi. 24-26 Haziran, Erzurum, 174.
- Mızrak C, Yenice E, Can U, Yıldırım U, Atik Z. 2010. Effects of dietary boron on performance, egg production, egg quality and some bone parameters in layer hen. S. African Anim. Sci., 40:257-264.
- Narvaez-Solarte W, Rostagno HS, Soares PR. 2006. Nutritional requirement of calcium in white laying hens from 46 to 62 wk of age. Inter. J. Poul. Sci., 5:181-184.
- Nielsen FH, Hunt CD, Mullen LM, Hunt JR. 1987. Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women. FASEB J. 1:394-397.
- Nielsen FH. 1990. Studies on the relationship between boron and magnesium which possibly affects the formation and maintenance of bones, Magnes. Trace Elem; 9: 61-69.
- Olgun O, Yazgan O, Cufadar Y. 2012. Effects of boron and copper dietary supplementation in laying hens on egg shell quality, plasma and tibia mineral concentrations and bone biomechanical properties. Revue Med. Vet., 163:335-342.
- Ridell C. 1997. Leg problems still important. Poul. Digest. 56:28-31.
- Rucker RB. 1988. Trace elements in calcified tissues and matrix biology. In Trace Elements in Man and Animals 6, pp. 259-260 [L. S. Hurley, C. L. Keen, B. Lonnerdal and R. B. Rucker, editors]. New York: Plenum Press.
- Saunders-Blades JL, Mc Isaac JL, Korver DR, Anderson DM. 2009. The effect of calcium source and particle size on the production performance and bone quality of laying hens. Poul. Sci., 88:338-353.
- Scholz-Ahrens KE, Schrezenmeir J. 2002. Inulin, oligofructose and mineral metabolism-experimental data and mechanism. Br J Nutr. 87: Suppl 2:179-86.
- Swiatkiewicz S, Koreleski J. 2008. The effect of zinc and manganese source in the diet for laying hens on eggshell and bones quality. Vet. Med., 53: 555-563.
- Swiatkiewicz S, Koreleski J, Arczewska A. 2010. Effect of organic acids and prebiotics on bone quality in laying hens fed diets with two levels of calcium and phosphorus. Acta. Vet. Brno.,79:185-193.
- Swiatkiewicz S, Koreleski J, Arczewska-Włosek A. 2011. Effect of inulin and oligofructose on performance and bone characteristics of broiler chickens fed on diets with different concentrations of calcium and phosphorus. British Poul. Sci., 52:483-491.
- Swiatkiewicz S, Arczewska-Włosek A. 2012. Bone quality characteristics and performance in broiler chickens fed diets supplemented with organic acids. Czech J. Anim. Sci., 57:193-205.
- Swiatkiewicz S, Arczewska-Włosek A, Jozefiak D. 2014. Bones quality indices in laying hens fed diets with a high level of DDGS and supplemented with selected feed additives. Czech J. Anim. Sci., 59:61-68.
- Taylor AC, Horvat-Gordon M, Moore A, Bartell PA. 2013. The effects of melatonin on the physical properties of bones and egg shells in the laying hen. PLoS ONE 8:556-563.
- Thomas ML, Ibarra MJ, Solcher B, Wetzel S, Simmons DJ. 1988. The effect of low dietary calcium and calcium supplementation on calcium metabolism and bone in the immature, growing rat. Bone Miner., 4:73-82.
- Venalainen E, Valaja J, Jalava T. 2006. Effects of dietary metabolisable energy, calcium and phosphorus on bone mineralisation, leg weakness and performance of broiler chickens. British Poul. Sci., 47:301-310.
- Whitehead CC. 2004. Overview of bone biology in the egg-laying hen. Poul. Sci., 83:193-1999.
- Whitehead CC, McCormack HA, McTeir L, Fleming RH. 2004. High vitamin D<sub>3</sub> requirements in broilers for bone quality and prevention of tibial dyschondroplasia and interactions with dietary calcium, available phosphorus and vitamin A. British Poul. Sci., 45:425-436.
- Wilson JH, Ruzsler PL. 1996. Effects of dietary boron supplementation on laying hens. British Poul. Sci., 37: 723-729.
- Wilson JH, Ruzsler PL. 1997. Effects of boron on growing pullets. Biol. Trace Elem. Res., 56:287-94.
- Wilson JH, Ruzsler PL. 1998. Long term effects of boron on layer bone strength and production parameters. British Poul. Sci., 39:11-15.
- Yeşilbağ D., Eren M. 2008. Effects of dietary boric acid supplementation on performance, eggshell quality and some serum parameters in aged laying hens. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 32: 113-117
- Yıldız H, Petek M, Sönmez G, Arıcan İ, Yılmaz B. 2009. Effects of lighting schedule and ascorbic acid on performance and tibiotarsus bone characteristics in broilers Turk. J. Vet. Anim. Sci., 33:469-476.
- Yıldız AÖ, Cufadar Y, Olgun O. 2011. Effects of dietary organic and inorganic manganese supplementation on performance, egg quality and bone mineralization in laying hens. Revue Med. Vet., 162:482-488.