

## YUMURTACI KANATLILARDA ÇİNKONUN METABOLİK ETKİLERİ

Tuba Bülbül<sup>1</sup>@

### The metabolic effects of zinc in laying hens

**Özet:** Yumurtacı kanatlılarda yüksek verim elde edilmesi, uygulanan besleme yöntemlerine bağlıdır. Kanatlıların besin madde gereksinimlerinin etkili, güvenli bir biçimde karşılanması için makro mineraller ile birlikte iz minerallerin de rasyona katılması yararlı olmaktadır. İz minerallerden biri olan çinko vücuttaki birçok enzimin yapısına girmesi, pek çok metabolik olayı etkilemesi, enfeksiyonlara karşı direnci artırması, özellikle büyüme ve üreme çağıında olan kanatlılarda canlı ağırlık artışı sağlaması, yumurta verimi ve kalitesini yükseltmesi ile dikkati çekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çinko, Yumurtacı kanatlı

**Summary:** High yield levels in layer are achieved by the feeding methods used. Besides macrominerals, also trace minerals have to be included in rations to meet the nutrient requirements efficiently. The importance of trace minerals zinc depends on its participation in numerous enzymes in body, affecting various metabolic events, increasing the resistance to diseases and particularly proving weight gain increasing egg production and quality in growing pullets and mature hens.

**Key Words:** Zinc, Laying hens

### Giriş

Çinko, diğer evcil hayvanlarda olduğu gibi yumurtacı kanatlıların sağlıklı beslenmesi ve üreme işlevini sürdürebilmesi için gerekli olan ve canlı organizmada demirden sonra en çok bulunan iz mineraldir. Vücutta tüm doku ve sıvılarda bulunan çinko en yoğun karaciğer, böbrek, dalak, taşlık, kemik, kas, deri, kıl, tüy ve kanda bulunmaktadır (Lowe, 1996; Johnson ve Fackler, 1998). Çinko, tek oksidasyon durumunda divalent bir katyondur ve "d" kabuğu 10 d elektronları ile doludur. Divalent Zn redoks etkinlik göstermemekte, okside formu ( $Zn^{+3}$ ) ile redükte formu ( $Zn^{+}$ ) ise normal koşullarda oluşmamaktadır. Çinko, hafif asidik olması nedeniyle sisteinin kükürdüne, histidin imidazol azotuna, aspartat ve glutamatın karbonil oksijeni ile suya kuvvetle bağlanabilir. Ayrıca, kükürt veya azot atomları ile kararlı kompleksler oluşturarak proteinlerin yapılarını kuvvetlendirir (Berg ve Shi, 1996).

Çinko nükleik asit, protein ve karbonhidrat metabolizmasını içeren enzim sistemlerinde görev almakta, iskelet ve üreme sistemini olumlu yönde geliştirmekte, yangı önleyici özelliği ile stres ve hastalıkların ortaya çıkmasını engellemektedir. Vü-

cutta oksidoredüktazlar, transferazlar, hidrolazlar, liyazlar, izomerazlar ve ligazlar gibi çok sayıda enzim yapısında görev almaktadır (Valle ve Falchuk, 1993). Çinko bu enzimlerden özellikle yumurtacı kanatlılar için önemli olan karbonik anhidrazın yapısına katılmakta, solunum sisteminde karbondioksitin uzaklaştırılması, kalsifikasyon, keratinizasyon ve yaraların iyileşmesinde işlev görmektedir (Johnson, 1995; Close, 1999). Karbonik anhidrazın tavuklarda yumurta kabuğunun şekillenmesinde önemli görevler aldığı, bu enzimin yetersizliğinde kabuk kalitesinde azalma meydana geldiği bildirilmektedir (Leeson ve Summers, 2001). Aynı zamanda antioksidan enzimlerin yapısına giren çinkonun organik ve inorganik formlarının yumurtacı kanatlı rasyonuna ilave edilmesi plazma lipid peroksidasyonunu azaltırken antioksidan enzimlerden birisi olan glutasyon düzeyini yükselttiği belirlenmiştir (Bülbül ve ark., 2006).

Bağışıklık sisteminin düzenli çalışması için esansiyel olan çinko antikolların salınımı, immünkompenent, immunomodilasyon ve mikroorganizmalara karşı direnç oluşumunda işlev görmektedir (Johnson, 1995). Testosteron, insülin, adrenal kortikosteroidlerin üretimi ve salınımı üzerine

çinkonun önemli etkileri bulunmaktadır (Close, 1999). Nitekim çinko yetersizliğinde genç erkeklerde testiküler gelişimin geciktiği, yetişkinlerde testiküler ve seminifer tubullarda atrofi, spermatogenezis ile dişilerde üreme olaylarının tüm aşamalarında bozukluk görüldüğü bildirilmektedir (McDowell, 1992). Kanatlılarda çinko yetersizliğinde büyümede gerileme, yemden yararlanma, yem tüketimi ve üremede azalma; yumurta kabuk kalitesinde azalma, tüy dökülmesi; yumurta veriminde düşme; kemik gelişimi ve deri yapısında bozulmaya bağlı ölüm görülmektedir (Bülbül, 2004a).

**Kanatlılarda Çinko Gereksinimi:** Kanatlıların çinko gereksinimi hayvanın ırkı, yaşı, cinsiyeti, vücut büyüklüğü, vücut gelişim hızı, verim düzeyi ile bu mineralin diğer mineral maddelerle olan oranına bağlı olarak değişmektedir (Dyer, 1969; Bülbül, 2007). Hayvanların çinko gereksinimlerinin karşılanmasında önemli faktör, yemdir. Kanatlıların çinko gereksinimi ortalama kg yem kuru maddesinde 25-75 mg olarak değişmektedir. Bu gereksinim ile rasyonda kullanılan yem ham maddelerinin çinko içeriği dikkate alındığında, kanatlı rasyonlarına çinko katılmasının zorunlu olduğu görülmektedir (Çamaş ve ark., 1998). Tahıllar 20-30 mg/kg, yağlı tohum küspeleri 50-70 mg/kg, hayvansal protein kaynakları 90-100 mg/kg çinko içermektedir. Yumurta tavukları için hazırlanan bir karma yemde 50 mg/kg'lık çinko gereksiniminin 20.81 mg/kg'lık kısmı yem ham maddelerinden, 29.20 mg/kg'lık kısmı 50 mg/kg çinko içeren mineral karmasından karşılanabilmektedir (NRC, 1984).

Kanatlı rasyonlarının % 40-60'nı oluşturan tahılların genel olarak çinko düzeyi düşüktür. Buna karşın, çinko emilimini olumsuz yönde etkileyen fitik asit miktarı oldukça yüksektir (Kutlu ve ark., 1998). Mısır ile soyaya dayalı temel rasyonla beslenen kanatlılarda çinko gereksinimi 60-80 mg/kg, yarı purifiye rasyonlarla beslenenlerde bu miktar 25-30 mg/kg'dır (Leeson ve Summer, 2001).

İyonik formdaki çinko, bağırsak lumeninde mukozal hücre zarından geçemezken; çinkonun organik moleküllerden oluşan kompleksleri ve şelat formları, lipoit özellikteki bu engeli aşabilmektedir (Schugel, 1980). Çinko emilimini, rasyonda bulunan mineral maddeler ile diğer yem maddelerinin miktarı etkilemektedir. Buna göre rasyonda fazla miktarda fitat, selüloz, Ca, P, Cd, Cu, Cr bulunması Zn emilimini azaltırken; kazein, karaciğer ekstraktı, mısır yağı, kan unu emilimi artırmaktadır. Ayrıca rasyona şelat yapıcı maddeler, D vitamini, sistein

katılması da Zn emilimini olumlu yönde etkilemektedir (McDowell, 1992).

**Yumurtacı Kanatlı Rasyonlarına Katılan Çinko Kaynakları:** İnorganik çinko kaynakları yumurta tavuğu rasyonlarına oksit, klorit, sülfat ve karbonat formlarında katılmaktadır (Sandoval ve ark., 1997). Bunlardan daha çok çinkonun oksit (ZnO) ve sülfat (ZnSO<sub>4</sub>) formları kullanılmaktadır (Shah, 1981). Çinko oksit asit ortamda çözünüp % 80.30 çinko içermekte, ZnSO<sub>4</sub> ise suda kolay çözünmekte ve % 22.70 çinko içermektedir (Küçükersan, 2002). Organik formdaki çinko kaynakları ise Zn-metiyonin, Zn-metiyonin sülfat, Zn-lizin, Zn-glisin, Zn-sistein, Zn-histidin (Shah, 1981), Zn-proteinat (Keshavarz, 1997; Bülbül ve Küçükersan, 2004b, Bülbül, 2004a), Zn-amino asit şelatı (Mabe ve ark., 2003), Zn-asetat, Zn-propiyonat (Park ve ark., 2004) ve Zn-EDTA'dır (Balnave ve Zhang, 1993).

Stahl ve ark (1990), 56 haftalık yumurta tavukları (Leghorn) kullanarak 12 hafta süreyle 28 mg/kg çinko içeren mısır ve soya ağırlıklı temel rasyona 20, 200, 2000 mg/kg ZnSO<sub>4</sub> ilave ederek araştırma yapmışlardır. On iki hafta süren araştırma sonunda rasyona 20 mg/kg ZnSO<sub>4</sub> katılmasıyla canlı ağırlıkta değişiklik oluşturmadığı yem tüketimi, yumurta verimi, yemden yararlanma oranının (YYO) arttığı bulunmuştur. Rasyona 200 ve 2000 mg/kg ZnSO<sub>4</sub> katılmasının ise yumurta verimini ve YYO olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

Balnave ve Zhang (1993) tarafından 71 haftalık yumurta tavuğu (Leghorn x New Hampshire) rasyonlarına sırasıyla 500 mg/kg Zn-metiyonin, 460 mg/kg ZnSO<sub>4</sub>, 540 mg/kg Zn-EDTA katılmıştır. Altı haftalık araştırma sonunda, tavuklarda organik ve inorganik çinko formlarının kullanılmasıyla yem tüketimi, yumurta verimi, yumurta ağırlığı, YYO, kabuk kalınlığında önemli etki oluşmadığı, yumurta kabuk bozukluğunun azaldığı, plazma karbonik anhidraz enzim aktivitesinin ise arttığı bildirilmiştir.

Yumurta tavuğu rasyonlarına organik ve inorganik Mn ile Zn katılmasının yumurta verimi ve kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, 9 mg/g Mn ile 15 mg/kg Zn-proteinatın kırık yumurta oranını azaltması nedeniyle, tavukçuluk endüstrisi için önemli problem olan kırık ve çatlak yumurta problemini çözmede etkili olabileceği belirtilmiştir (Keshavarz, 1997).

Yumurta tavuklarında Zn-Mn-amino asit kompleksinin yüksek çevre sıcaklığında verim üzerine etkisini belirlemek amacıyla iki deneme yapılmıştır.

Birinci denemede 23,9 – 37,2 °C'de bulunan 61 haftalık yumurta tavuğu rasyonlarına 30 mg/kg Zn-Mn-metiyonin kompleksi katılmış ve 19 hafta süren araştırma sonunda kontrol grubuna göre Zn-Mn-metiyonin kompleksi katılan grupta yem tüketimi artarken, yumurta verimi ve yumurta ağırlığı değişmemiştir. İkinci denemede ise aynı sıcaklıkta bulunan 61 haftalık yumurta tavuğu rasyonlarına 40 mg/kg ZnSO<sub>4</sub>, Zn-metiyonin, Zn-metiyonin ve Zn-lizin kompleksi katılmıştır. On yedi haftalık araştırma sonucunda Zn-lizinin yumurta verimini artırırken, yumurta ağırlığını azalttığı (p<0,05) bildirilmiştir (Johnson ve Fakler, 1998).

Ceylan ve Scheideler (1999), yumurta tavuğu rasyonlarına % 4 Ca ve 4,5 mg/kg Mn ile 7,5 mg/kg Zn proteinat katılmasının 40-60 haftalar arasındaki yumurta verimi ile kabuk kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonunda 40-60 haftalar arasında % 4 Ca'un kabuk kalitesine olumlu etkisi nedeniyle organik mineral bileşiklerini tüketen tavuklardan kırık, çatlak oranı az yumurta elde edildiği, kabuk oluşumunda önemli rol oynayan karbonik anhidraz enzim etkinliğinin arttığı (p<0,05) vurgulanmıştır.

Bıldırcın yetiştiriciliğinde yumurta verimi ile yumurta kabuk kalitesini artırmak amacıyla rasyona Mn ve Zn-proteinat karışımı katılmasının etkisinin incelendiği araştırmada, 22 haftalık yumurta bıldırcını rasyonlarına 1 ve 1,5 g/kg Mn ve Zn-proteinat karışımı katılmıştır. On iki haftalık araştırma sonunda, rasyonlara Mn ve Zn-proteinat karışımı katılmasıyla canlı ağırlık, yem tüketimi, yumurta verimi, yumurta ağırlığı ve yemden yararlanma oranının istatistik açıdan önemli etkilenmediği belirlenmiştir (İşcan ve ark., 2000).

Kaya ve ark (2001), yaptıkları araştırmada 56 haftalık yumurta tavuğu (Hisex Brown) rasyonlarına 12 hafta süreyle 0, 25, 50, 100, 200 mg/kg düzeylerinde ZnO katmışlardır. Sonuç olarak, plazma çinko düzeyi ile yumurta verimi arasında pozitif ilişki (p<0,01) olduğu, plazma çinko düzeyinin yumurta veriminin göstergesi olabileceği bildirilmiştir.

İnal ve ark (2001) tarafından yapılan araştırmada 62 haftalık yumurta tavukları (Hisex Brown) vitamin ve iz mineral karışımı içeren (24 mg/kg çinko) ve bu karışımları içermeyen rasyonla beslenmiştir. On iki hafta süren araştırma sonunda iz mineral karışımı içeren grupta yumurta ağırlığının önemli derecede azaldığı (p<0,05); yem tüketimi, yumurta verimi, YYO, hasarlı yumurta oranının olumsuz etkilendiği saptanmıştır.

Şahin ve ark (2002), düşük çevre sıcaklığında (6,8°C) bulunan 32 haftalık yumurta tavuğu (Hy-Line) rasyonlarına 30 mg/kg ZnSO<sub>4</sub> katmışlardır. Araştırmada soğuk stresi altındaki yumurta tavuğu rasyonlarına ZnSO<sub>4</sub> katılmasıyla canlı ağırlık, yumurta verimi, yumurta ağırlığı, yemden yararlanma oranı, yumurta kabuk kalınlığının olumlu yönde (p<0,05) geliştiği bildirilmiştir.

Mabe ve ark (2003), organik ve inorganik çinkonun yumurta ağırlığı ve yumurta kırılma direnci üzerine etkisini belirlemek amacıyla 69 haftalık yumurta tavuğu (ISA Brown) rasyonlarına Zn, Mn, Cu'nun organik amino asit şelatı ile inorganik ZnSO<sub>4</sub>, MnO, CuSO<sub>4</sub> karışımını sırasıyla 30 + 30 + 5 mg/kg ve 60 + 60 + 10 mg/kg olmak üzere iki farklı düzeyde katmışlardır. On üç haftalık araştırma sonucunda kontrol grubuna göre ortalama yumurta ağırlığı tüm gruplarda istatistik olarak önemli oranda (p<0,01) düşerken, kırılma direnci 30 + 30 + 5 mg/kg amino asit şelatı katılan grup dışındaki diğer gruplarda artmıştır. Bu durum, çinkonun yumurtanın elastikiyetini artırmasına bağlanmıştır.

Şahin ve Küçük (2003), yüksek çevre sıcaklığında (34°C) rasyondaki Zn düzeyinin yumurta verimi üzerine etkisini incelemek amacıyla 13 haftalık bıldırcın rasyonlarına 30 ve 60 mg/kg ZnSO<sub>4</sub> katmışlardır. Sonuç olarak, yumurta verimi ve YYO'nun olumlu yönde geliştiği, özellikle rasyona 60 mg/kg ZnSO<sub>4</sub> katılmasının sıcak stresinin zararlı etkisini azalttığı bildirilmiştir.

Park ve ark (2004), 66 haftalık yumurta tavuğu (Single Comb White Leghorn) rasyonlarına 10 g/kg Zn-asetat ve 10 g/kg Zn-propionat katmışlardır. On iki haftalık araştırma sonunda, Zn-asetat katılan grupta yumurta kırılma direncinin arttığı, Zn-propionatlı grupta yumurta ağırlığının yükseldiği (p<0,05) belirtilmiştir.

Bülbül ve Küçükersan (2004b), 68 haftalık beyaz yumurtacı hibrit tavuğu (Lohmann LSL) rasyonuna sırasıyla 50 ppm ZnO, 10 ppm Zn proteinat ve 50 ZnO + 10 ppm Zn proteinat katmışlardır. On iki hafta süren araştırma sonunda, yumurta tavuğu rasyonlarına 10 mg/kg Zn-proteinat ve 50 mg/kg ZnO + 10 mg/kg Zn-proteinat katılmasıyla canlı ağırlık ve yumurta veriminin arttığı, yemden yararlanma oranının olumlu etkilendiği, yumurta kırılma direncinin artmasıyla kabuk kalitesinin yükseldiği saptanmıştır.



## Sonuç

Çinkonun, yumurtacı kanatlıların besin madde gereksinimini karşılayacak şekilde yeterli ve dengeli miktarda rasyonlara katıldığında, hayvanın sağlığı ve gelişiminde pek çok fayda sağladığı, yumurta verimi ve yemden yararlanma oranını olumlu etkilediği, yumurta iç ve dış kalite unsurlarını artırdığı araştırmalar sonucunda belirlenmiştir.

## Kaynaklar

Balnavé, D., Zhang, D. (1993). Responses of laying hens on saline drinking water to dietary supplementation with various zinc compounds. *Poultry Sci.*, 72, 603-609.

Berg, J.M., Shi, Y. (1996). The galvanization of biology: A growing appreciation for the roles of zinc. *Science*, 271, 1081-1085.

Bülbül, A., Bülbül, T., Küçükersan, S., Şireli, M., Er-yavuz, A. (2006). Yumurtacı tavuklarda organik ve inorganik Zn, Cu ve Mn'in oksidan-antioksidan denge üzerine etkisi. XXXII. Ulusal Fizyoloji Kongresi, 8-12 Eylül, Denizli.

Bülbül, T. (2004a). Yumurta tavuğu rasyonlarına organik ve inorganik çinko katılmasının yumurta verimi ve kalitesi ile bazı kan parametreleri üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Bülbül, T. (2007). Organik kromun hayvan beslemede kullanımı. Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, Baskıda.

Bülbül, T., Küçükersan, S. (2004b). Yumurta tavuğu rasyonlarına organik ve inorganik çinko katılmasının yumurta verimi ve kalitesi ile bazı kan parametreleri üzerine etkisi. Veteriner Bilimleri Dergisi, 20, 53-60.

Ceylan, N., Scheideler, S.E. (1999). Effects of Eggshell 49 dietary calcium level and hen age on performance and egg shell quality. In "Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 15th Annual Symposium" Ed., T.P Lyons, K.A Jacques, Nottingham University Press, England.

Close, W.H. (1999). Organic Minerals for Pigs: An Update. In "Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 15th Annual Symposium" Ed., T. P Lyons, K. A Jacques, Nottingham University Press, England.

Çamaş, H., Bildik, A., Gülser, F. (1998). Toprak, bitki ve koyunların kanında çinko miktarlarının araştırılması. I. Ulusal Çinko Kongresi, 12-16 Mayıs, Eskişehir.

Dyer, I.A. (1969). Mineral requirements. In "Animal Growth and Nutrition. Lea and Febiger" Philadelphia.

İnal, F., Coşkun, B., Gülsen, N., Kurtoglu, V. (2001). The

effects of withdrawal of vitamin and trace mineral supplements from layer diets on egg yield and trace mineral composition. *Br. Poultry Sci.*, 42, 77-80.

İşcan, M.K., Kocaoğlu Güçlü, B. (2000). Rasyona iz mineral proteinat ilave edilmesinin bıldırcınlarda yumurta verimi ve kabuk kalitesi üzerine etkisi. *Erciyes Üniv. Sağlık Bil. Derg.*, 9, 41-48.

Johnson, A.B., Fakler, T.M. (1998). Trace minerals in swine and poultry nutrition. Technical Bulletin. Erişim: [http://www.zinpro.com/research/techbulletin.htm].

Johnson, P.E. (1995). Trace Minerals And Fertility In Dairy Cattle. In "Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 11th Annual Symposium" Ed., T. P Lyons, K. A Jacques, Nottingham University Press, England.

Kaya, S., Umucalılar, H.D., Haliloglu, S., İpek, H. (2001): Effect of dietary vitamin A and zinc on egg yield and some blood parameters of laying hens. *J. Vet. Anim. Sci.*, 25, 763-769.

Keshavarz, K. (1997). The Use Of Zinc And Manganese Proteinate On Performance And Shell Quality Of Laying Hens. In "Yumurta Tavuklarının Beslenmesinde Organik Mineral (Şelat) Bileşiklerinin Önemi" N. Ceylan, E. Tuncer, D. Gökçeyrek, E. Yenice, Çiftlik Derg., Aralık, 59-64.

Klasing, C.K. (1998). Comparative Avian Nutrition. Cambridge University Press, England.

Kutlu, H.R., Görgülü, M., Baykal, L. (1998). Rasyon çinko düzeyinin büyüme performansı üzerine etkisi. I. Ulusal Çinko Kongresi, Eskişehir.

Küçükersan, M.K. (2002). Mineral yemler. In: Ergün, A., Tuncer, Ş.D., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M.K., Küçükersan, S., Şehu, A. Yemler Yem Hijyeni ve Teknolojisi, Pozitif Matbaacılık Ltd. Şti. Ankara.

Leeson, S., Summers, J.D. (2001). Nutrition of The Chicken, 4<sup>th</sup> Ed. Ontario, University Books, Canada.

Lowe, J.A. (1996). An investigation into the metabolism of supplemental protected zinc with reference to the use of isotopes. In "Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 12th Annual Symposium" Ed., T. P Lyons, K. A Jacques, Nottingham University Press, England.

Mabe, I., Rapp, C., Bain, M.M., Nys, Y. (2003). Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Sci.*, 82, 1903-1913.

Mcdowell, L.R. (1992). Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press, London.

NRC. (1984). Nutrient Requirements of Domestic Animals, Nutrient Requirements of Poultry. 8th ed. National Academy of Sciences National Research Council, Washington, D.C.

Park, S.Y., Birkhold, S.G., Kubena, L.F., Nisbet, D.J., Ricke, S.C. (2004). Effects of high zinc diets using zinc propionate on molt induction, organs and postmolt egg production and quality in laying hens. *Poultry Sci.*, 83, 24-33.

Sandoval, M., Henry, P.R., Ammermann, C.B., Miles, R.D., Littell, R.C. (1997). Relative bioavailability of supplemental inorganic zinc sources for chicks. *J. Anim. Sci.*, 75, 3195-3205.

Schugel, L.M. (1980). Zinpro zinc methionine: Its role in ruminant rations. Zinpro Corporation Vice Present Technical Services and Research Bulletin. Erişim: [<http://www.zinpro.com>].

Shah, B.G. (1981). Chelating agents and bioavailability of minerals. *Nut. Res.*, 1, 617-622.

Stahl, J. L. Greger, J.L. Cook, M.E. (1990). Breeding-hen and progeny performance when hens are fed ex-

cessive dietary zinc. *Poultry Sci.*, 69, 259-263.

Stevenson MH, Jackson N, Gibson SW, (1987). Withdrawal of zinc oxide containing diets from mature, female domestic fowl: Effects on laying performance and the weights of selected tissues. *Br. Poultry Sci.*, 28, 437-447.

Şahin, K., Küçük, O. (2003). Zinc supplementation alleviates heat stress in laying japanese quail. *J. Nutr.*, 133, 2808-2811.

Şahin, N. Önderci, M. Sahin, K. (2002). Effects of dietary chromium and zinc on egg production, egg quality, and some blood metabolites of laying hens reared under low ambient temperature. *Biol. Trace Elem. Res.*, 85,1, 47-58.

Vallee, B.L., Falchuk, K.H. (1993). The biochemical basis of zinc physiology. *Physiol. Reviews.* 73, 79-118.