

## Kanatlı Hayvan Beslemede Krom

Rabia Göçmen<sup>1</sup>, Yusuf Cufadar<sup>1</sup>

**ÖZET:** Krom (Cr), karbonhidrat metabolizmasında önemli rol oynayan esansiyel bir iz elementtir. Bu element aynı zamanda lipid, protein ve nükleik asit metabolizması için de gereklidir. Krom, insülinin etkinliğini yükseltip, hücre zarlarının glukozu geçirgenliğini artırmaktadır. Bu nedenle Cr için "Glukoz Tolerans Faktörü (GTF)" ifadesi kullanılmaktadır. Krom eksikliğinde gözlenen en yaygın belirtiler arasında bozulmuş glukoz toleransı, glukozüri ve serum insülin düzeyinde, kolesterolde ve total trigliserid miktarında artış yer almaktadır. Kanatlı rasyonlarına Cr ilavesinin; canlı ağırlık artışını, yem tüketimini ve yemden yararlanma oranını artırdığı, karkas özelliklerini iyileştirdiği ve stresi hafifletme veya ortadan kaldırmada etkili olabileceği bildirilmiştir. Bitkisel materyallerin Cr muhtevaları hayvansal kaynaklardan çok düşüktür. Kanatlı rasyonlarının önemli bir bölümünü bitkisel yem hammaddeleri oluşturduğu için, bu hayvanlarda Cr yetersizliğinin görülmesi kaçınılmazdır. Kanatlı hayvan yetiştiriciliğinden azami gelir elde edebilmek için, hayvanların genotipik kapasitesine yakın bir performansın gerçekleştirilmesi zorunludur. Cr<sup>+3</sup>fizyolojik olaylardaki fonksiyonları sebebiyle, bu yönde etkili olabilecek bir unsur olarak göze çarpmaktadır. Bu derlemede; kromun kanatlı beslemede kullanımını ve etkileri hakkında bilgi verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Krom, kanatlı, besleme

## The role of Chrome in Poultry Nutrition

**ABSTRACT:** Chromium is an essential element for carbohydrate metabolism. This element is also involved in metabolism of lipid, protein and nucleic acid. Chromium is to potentiate the action of insulin through its presence is an organometallic molecule called glucose tolerance factor (GTF). The most common symptoms observed in the deficiency of chromium that impaired glucose tolerance, glucosuria and increased serum insulin, total cholesterol and triglyceride levels. Addition of chromium to poultry rations; increased live weight gain, feed consumption and feed efficiency, improved carcass traits and reduction or removal stress. Chromium contents of plantel materials are very low than animal origin. The lack of chromium of poultry is likely because of significant portion of these animals ration consist of plantel material. To achieve the maximum income for poultry breeding that must be implementation of a performance close to the potential genotype. Functions of chromium due to physiological events that may be effective in this direction. In this review use and effect of chromium poultry nutrition evaluated.

**Keywords:** Chromium, poultry, nutrition

### GİRİŞ

Krom (Cr), karbonhidrat metabolizmasında önemli rol oynayan esansiyel bir iz elementtir. Krom, insülin benzeri bir etkiye sahip olup, hücre zarının glukozu geçirgenliğini artırır. Bu nedenle, son zamanlarda Cr için, glukoz tolerans faktörü (GTF) ifadesi kullanılmaktadır. Krom yetersizliği, büyüme hızının düşmesine, enerji metabolizmasının aksamasına hatta diabetüs mellitus ve kalp damar hastalıklarına bile yol açabilmektedir. Rasyon Cr seviyesinin çiftlik hayvanlarında metabolizma, sağlık ve performansa etkili olduğunu gösteren araştırma sayısı çok az olmakla beraber, insanlarda yapılan gözlemler birlikte değerlendirildiğinde, Cr'un hayvanlar için esansiyel olduğunu gösteren yeterli bilginin mevcut olduğu söylenebilir. Bazı araştırma sonuçları da, çiftlik hayvanlarının pratik rasyonlarına Cr ilavesinin faydalı olabileceğini göstermiştir. Rasyonlara ilave edilen Cr'un, hayvan beslemedeki rolü ve hayvanlardaki etkileri ile ilgili belirsizlikler dolayısıyla, Amerikan Milli Araştırma Konseyi (NRC)'nin Hayvan Besleme Komitesi, konu ile ilgili bilgi ve belgeleri derlemiş, çiftlik hayvanları ve laboratuvar hayvanlarında ilave Cr kullanımı ile ilgili bilimsel literatürün bir değerlendirmesini yapmıştır (1).

### HAYVAN BESLEMEDE KULLANILAN KROM KAYNAKLARI

İnorganik olarak sınıflandırılan kromik klorid ve kromik oksit gibi Cr formlarının hayvanlar tarafından absorpsiyonu zayıftır. Bu zayıf absorpsiyon muhtemelen, sindirim esnasında Cr'un diyetdeki antagonistlere bağlanarak çözünmez hale gelmesinden kaynaklanmaktadır. Krom'un inorganik formları, hayvanlar tarafından tüketildiklerinde performansı çok az etkiledikleri görülmektedir. Organik Cr kaynaklarındaki Cr'un biyolojik kullanılabilirliğinin yüksek olduğu görülmüştür. Anderson ve ark. (2) 9 farklı organik ve inorganik Cr kaynağının fare dokularındaki kullanılabilirliğini araştırmışlar ve organik Cr kaynaklarının biyolojik kullanılabilirliğinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Hayvan beslemede yaygın bir şekilde kullanılan organik Cr kaynakları; Krom- L-Metiyonin, Krom Pikolinat, Krom Nikotinat, Krom Şelat, Krom Proteinat ve Krom mayasıdır.

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü Selçuklu/Konya

## KROMUN METABOLİK FONKSİYONLARI

Schwarz ve Mertz (3), belli bazı diyetlerle beslenen farelerde glukoz toleransının zarar gördüğünü gözlemlemişler ve bu anormal durumun, GTF denilen, yeni bir diyet unsurunun noksanlığından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Sonraki çalışmalarda, GTF ile ilgili aktif unsurun  $Cr^{+3}$  olduğunu, bira mayasında Cr ihtiva eden GTF'nin de bulunabileceği ve saflaştırma çalışmaları sonucunda, bira mayasında, nikotik asit, glisin, glutamik asit ve sisteinle birlikte Cr ihtiva eden GTF belirlenmiştir (Mertz ve ark.,1974). Glukoz tüketimi, glukozun lipogenezde kullanımı, ve glukozdan glikojen sentezi gibi karbonhidrat metabolizmasıyla ilgili mekanizmalar, Cr ilavesi insüline olumlu tepki göstermişlerse de, insülin hormonunun yokluğunda Cr'a gösterilen metabolik tepki ya çok az ya da hiç olmamıştır (4, 5, 6). Şiddetli Cr noksanlığında, fare ve ratlarda, diabetes mellitusa benzeyen bir durum görülmüş, ancak bu hayvanların içme suyuna 2 - 5 ppm Cr ilave edildiğinde, metabolik problemin kısa sürede normale döndüğü gösterilmiştir (4, 7). Periferik dokularda Cr noksanlığında insüline gösterilen tepki azalmaktadır. Krom bakımından yetersiz rasyonlarla beslenen hayvanlarda, yeterli tepkinin görülebilmesi için daha yüksek seviyede insülin hormonuna ihtiyaç vardır. Krom, insülin benzeri bir etkiye sahip olmayıp, GTF'nin bir bileşeni olarak, insülinin etkisini arttıran bir unsurdur (8). Kromun serum kolesterolünün homeostatisinde rol oynadığını gösteren bazı bulgular da mevcuttur. Düşük seviyede Cr içeren rasyonlara Cr ilavesi, farelerde serum kolesterol seviyesinin yükselmesine mani olmuş, erkek farelerde ise, serum kolesterol seviyesinin yaşla artma temayülünü durdurmuştur. Erkek farelerin içme suyuna 1 mcg/ml Cr ilavesi ile serum kolesterolü düşmüş, buna karşılık dişi farelerde benzer sonuçlar ancak 5 mcg /ml Cr ilavesi ile elde edilmiştir (7). Krom seviyesi çok düşük olan beyaz şekeri tüketen farelerde, serum kolesterol seviyesi yaşla yükselmiştir, buna karşılık kahverengi şekerle veya beyaz şekerle ilave olarak Cr'la beslenen farelerde ise serum kolesterol seviyesi düşük bulunmuştur. Bu etki, her iki cinsiyette de aynı olmuş ve kahverengi şekerle beslenen genç farelerde serum kolesterol seviyesi rafine edilmiş beyaz şekerle beslenenlerden daha düşük bulunmuştur. Kromla yemlenen farelerin tabii hayatlarının sonunda, aort damarlarında yapılan incelemeler, damar içinde platelet (plaka) oluşma vakası, Cr bakımından noksan rasyonlarla beslenen hayvanlardan önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. Krom ihtiva eden diyetle beslenen hayvanların damarlarında plak oluşumu % 2 iken, Cr bakımından noksan rasyonlarla yemlenenlerde % 19 olmuştur. Ayrıca, Cr ihtiva eden rasyonlarla yemlenen hayvanların damar içinde, boyanabilir lipid miktarı ve floresans materyal miktarı daha az olmuştur (7). Kromun bu etkilerini ispatlayan tatminkar açıklamalar henüz yapılmamış olmakla beraber, insanda şeker hastalığı ile damar lezyonlarındaki artış arasında bir ilgi olduğu da açıktır (9). Kromun lipid metabolizmasında görev aldığını gösteren ilave bulgular, Mertz ve ark. (4)'nin yaptığı çalışmadan elde edilmiştir. Bu çalışma sonuçları, Cr'ca noksan farelerde Cr + insülinin birlikte dokular tarafından kandan alınan glukoz miktarının ve glukoz karbonunun, epididimal (testislerin epidermis bölgesi) yağ sentezi için kullanımında artış olduğunu göstermiştir. Daha önce yapılan bir çalışmada da, ticari rasyonla yemlenen farelerde, trivalent Cr'un, asetattan kolesterol ve yağ asitlerinin sentezini arttırdığını göstermiştir (10). İnsülin,

yaşlı tavşanlarda hormona hassas lipaz ve adenilat siklaz enzimlerinin aktivitesini düşürerek, adipoz hücrelerde yağ parçalanmasının hızını yavaşlatır ve aynı zamanda glükoneojenezi inhibe eder (11). Bu olaylar sonunda, kanda glukoz ve esterleşmemiş yağ asitleri konsantrasyonu düşer. İnsülin, özellikle lipoprotein lipaz aktivitesini artırarak, trigliserid (TG) bakımından zengin çok düşük özgül ağırlıklı lipoprotein (VLDL) fraksiyonunun miktarını azaltır (12, 13). İnsülin, asetil-CoA ve  $NADPH_2^+$  üretimi için glukoz kullanımını artırır. İnsülin, aynı zamanda piruvat dehidrojenaz, asetil-CoA karboksilaz ve sitrat liyaz enzimlerinin aktivitesini de arttırarak lipogenez hızlandırır (14, 15).

## KANATLI HAYVANLARDA KROM İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

İlave Cr'un hayvansal üretime etkisi hayvan beslemeciler tarafından oldukça yoğun olarak araştırılmış ise de, sonuçlar arasında genellikle belirsizlik ve zaman zaman da tutarsızlık hakimdir. Bunun muhtemel sebebi standart broyler rasyonlarının Cr muhtevalarının hayvanların fizyolojik ihtiyaçlarını karşılayabilecek miktarda olmasıdır.

Kanatlı hayvanların beslenmesinde rasyona krom ilavesi çalışmaları Hill ve Matrone' un (31) yılındaki çalışması ile hız kazanmıştır. Araştırmacılar, civciv rasyonlarına krom ilavesinin, diyetle vanadyum (V)'un toksik etkisini azalttığını bildirmişlerdir.

Yumurta tavuklarında ilave Cr'a olan ilgi Jensen ve ark. (16)'nın  $CrCl_3$  formunda ilave Cr'un bu hayvanlarda yumurta albumin kalitesine müspet etkili olduğunu bildirmeleriyle artmıştır. Büyümekte olan kanatlılarda ilave Cr'un performans etkisini belirlemek amacıyla yapılan araştırmaların sonuçları da değişken olmuştur.

Cupo ve Donaldson (17) civcivlerde Cr ve V' un glukoz metabolizması ve yağ sentezine etkilerini çalışmışlardır. Araştırma sonuçları ilave Cr'un canlı ağırlığa, karaciğer ağırlığına, karaciğer ve serum kolesterol seviyesine asil etkilerinin Cr ve V arasındaki interaksyonun etkisinin önemli olmadığını bildirmişlerdir. Hem Cr hem de V glukozlu karaciğerde yağ asitlerinin sentezinde kullanımını arttırmışlardır.

Hindilerde doku Cr emilimini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada; hindi rasyonlarına organik Cr'un artan miktarda ilave edilmesiyle birlikte karaciğer ve böbrekte Cr miktarının yüksek düzeyde, göğüs ve bacak etinde ise düşük düzeyde arttığı; bundan dolayı da sözü edilen bu organların insanlar için başlıca Cr kaynakları olabileceği ifade edilmektedir (18).

Liarn ve ark. (19), ilave Cr' un civcivlerde CAA, YYO ve karkas kompozisyonunu etkilemediğini bildirmişlerdir.

Yapılan bir başka çalışmada, broyler rasyonlarına 400 ppb düzeyinde Cr-mayası ilavesinin CAA artırdığı, YT ve YYO iyileştirdiği, mortaliteyi düşürdüğü, karkas kalitesini artırıcı etki yaptığı, göğüs etindeki yağ yüzdesini azalttığı rapor edilmiştir (20).

Broyler rasyonlarında, organik Cr'un kullanılabilirliğini saptamak amacıyla yapılan denemelerde, karkas ağırlığının yüzdesi olarak göğüs eti miktarının arttığı ve mortalitenin azaldığı bildirilmiştir (21).

Hindilerde organik Cr'un performans, karkas kalitesi ve kan parametreleri üzerine etkisinin incelendiği 1 ppm kromnikotinat ilavesi ile canlı ağırlık ve yemden yararlanma oranının iyileştiği, serum glikoz seviyesinin

arttığı, serum kolesterol ve gliserol miktarı ile ürik asit miktarının ise önemli derecede azaldığı saptanmıştır (22).

Afi (23), broyler rasyonlarına ilave edilen inorganik Cr'un performansı iyileştirdiğini bildirmiştir.

Chwen ve ark. (24) broyler rasyonlarında Cr-pikolinat formunda ilave Cr'un abdominal yağ ve VLDL fraksiyonunu düşürerek lipid metabolizmasını etkilediğini bildirmişlerdir.

Bazı araştırma sonuçlarından ilave kromun faydalı etkisinin daha çok stres dönemlerinde görüldüğü bildirilmiş, bu husus özellikle nakliye stresine maruz genç ve ergin ruminantlarda çalışılmıştır. Stres, canlıların bağışıklık sistemini menfi yönde etkiliyerek onları patojen mikroorganizmalara karşı hassasiyetlerinin artmasına sebep olur. Sands ve Smith (25), sıcaklık stresi ve normal şartlarda (termonötral) yetiştirilen broyler civcivlerde ilave Cr-pikolinat veya Mn-proteinat'ın etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, ilave Cr ve Mn'in broylerlerde karbonhidrat ve lipid metabolizmalarında önemli rol oynayabilecekleri bildirilmiştir.

Şahin ve ark.(26), sıcaklık stresinin broylerlerde büyüme, karkas kalitesi ve bazı serum metabolitleri üzerindeki olması muhtemel etkilerini hafifletmek için rasyona ilave edilecek optimum Cr seviyesini belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmalarında, rasyonda artan Cr seviyesi ile performans parametrelerinin olumlu yönde etkilendiği, rasyonda artan Cr seviyesine bağlı olarak serum kortikosteron aktivitesinde doğrusal bir düşüş olduğu, Cr ilavesiyle serum insülin, T<sub>3</sub> (triiodotayrosin) ve T<sub>4</sub> (tiroksin) aktivitesinin arttığı, glukoz ve kolesterol seviyelerinin ise düştüğünü bildirmişlerdir. Araştırmada, 1200 ppb ilave Cr'un sıcaklık stresinin broylerlerde yarattığı zararlı etkileri hafifletmede etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

Şahin ve ark. (27) yaptıkları diğer bir çalışmada yüksek çevre sıcaklığında (32 °C) yetiştirilen broylerlerin rasyonlarına Cr-pikolinat ve vitamin C (L-askorbik asit) ilavesinin etkilerini araştırdıkları denemelerinde, ayrı ayrı veya birlikte ilave Cr ve vitamin C, CAA ve YT'ni artırıp ve yemden yararlanma iyileştirmiştir (P<0.05). Araştırma sonuçlarından ilave vitamin C (250 mg/kg) ve ilave Cr'un (400 ppm) kombinasyonunun broylerlerde sıcaklık stresine bağlı performanstaki görülmesi muhtemel olumsuzlukları önlemede uygulanabilirliği olan potansiyel bir pratik olabileceği bildirilmiştir.

Amatya ve ark. (28), organik ve inorganik kaynaklı ilave Cr'un doğal sıcaklık stresine maruz kalan broylerlerde, besin maddelerinin kullanımına, mineral metabolizmasına ve karkas kalitesine etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak, rasyona kuru madde esasına göre 0.2 ppm Cr ilavesinin, broylerlerde organik besin maddelerinin metabolizması, iz elementlerin retensiyonu, karkas kalitesi ve performansı iyileştirebileceği ifade edilmiştir. Krocizewska ve ark. (32), kontrol rasyonu ve kontrol rasyonuna 300 ve 500 ppb Cr (krom mayası) ilave edilmiş deneme rasyonları ile yemledikleri broylerlerde, 500 ppb Cr ilavesi performans ve serum HDL kolesterolünü artırıp, serum toplam kolesterolü, LDL kolesterol, trigliserid ve glukoz konsantrasyonlarını düşürmüştür. Deneme sonuçlarından; krom mayası formunda ilave Cr'un özellikle 500 ppb seviyesinde karbonhidrat ve lipid metabolizması üzerine etkili olduğu ve yem katkı maddesi olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Farklı seviyelerde organik krom ilavesinin, broylerlerde performans, karkas özellikleri, karaciğer ve serum krom

konsantrasyonuna etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları denemelerinde, Cr ilavesinin serum Cr konsantrasyonu ve ölüm oranına etkisinin önemsiz olduğu (P>0.05), karaciğer Cr konsantrasyonuna etkisi önemli olduğu ve kontrol grubunda karaciğer Cr konsantrasyonu diğer gruplardan daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir (P<0.01) (29). Sıcaklık stresi altındaki broylerlerin rasyonlarına krom mayası ilavesinin but eti kalitesine etkisinin araştırıldığı deneme sonucunda; krom mayası ilavesinin broyler but eti kalitesini iyileştirdiği bildirilmiştir (30).

## SONUÇ

Literatür bilgileri mütala edildiğinde ilave kromun kanatlılarda performansı ve karkas kalitesini iyileştirdiği, karkastaki yağ oranını azalttığı, yumurta verimi ve kalitesini artırıp yumurta kolesterol düzeyini azalttığı görülmüştür. Özellikle stres koşullarında, stresi hafifletme ya da ortadan kaldırmada Cr etkili olabilmektedir. İlave Cr bu etkiyi muhtemelen bağışıklık proteinlerinin miktarını artırarak gerçekleştirmektedir. Fakat hayvanların ilave Cr'a tepkisi her zaman bu şekilde olmamıştır. İlave Cr'a gösterilen tepki Cr bakımından yetersiz rasyonlarla beslenen hayvanlarda oldukça belirgin olmaktadır. Bu nedenle eğer rasyonda Cr eksikliği sözkonusu ise rasyona Cr ilavesi beklenen olumlu etkinin görülmesini sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

1. **National Research council 1996.** Committee on animal nutrition board on agriculture national research council. Washington DC:Nati. Acad. Pr.
2. **Anderson, R. A., N. A. Bryden, M. M. Polansky and K. Gautschi. 1996.** Dietary chromium effects on tissue chromium concentrations and chromium absorption in rats. J. Trace Elem. Exp. Med. 9:11.
3. **Shwarz K. and Mertz W. 1957.** A glucose tolerance factor and its differentiation from factor. Arch. Biochem. Biophys. 72:515-518.
4. **Mertz W., Roginski E. E. and Schwarz K. 1961.** Effect of trivalent chromium complexes on glucose uptake in epididymal fat tissue of rats. J. Biol. Chem. 236:318-22
5. **Farkas T. G. and Robertson S. L. 1965.** The effect of Cr (III) on the glucose utilization of isolated lenses. Exp. Eye Res. 4:124-126.
6. **Roginski E. E. and Mertz W. 1969.** Effects of chromium (III) supplementation on glucose and amino acid metabolism in rats fed a low protein diet. Journal of Nutrition, 97, 525-530
7. **Schroeder, H.A., Balassa, J.J. and Vinton, Jr., W.H. 1965.** Chromium, cadmium and lead in rats. Effects of life span, tumors and tissue levels. J. Nutr. 86:51-66.
8. **Mertz W. 1974.** Biological function of nicotinic acid (NA) chromium complexes. Proc. Nutr. Soc. 3:659.
9. **Goldenberg S. and Blumenthal H. T. 1964.** "Diabetes Mellitus; Diagnosis and Treatment". Am. Diabetes Assoc., New York. 177.
10. **Curran G. L. 1954.** Effect of certain transition group elements on hepatic synthesis of cholesterol in the rat. J.Biol. Chem. 210:765.

11. **Lambert B. and Jacquemin C. 1979.** Inhibition of epinephrine induced lipolysis in isolated white adipocytes of aging rabbits by increased alpha-adrenergic responsiveness. *Journal of Lipid Research*. 20: 208-216.
12. **Gorfinkel A. S., Nilsson-Ehale P. and Schotz M. C. 1976.** Regulation of lipoprotein lipase induction by insulin. *Biochemica and Biophysica Acta.*, 424:264-269.
13. **Howard, B. V., Schneiderman N., Falkner B., Haffner S. M. and Laws A. 1993.** Insulin, health behaviors, and lipid metabolism. *Metabolism* 42(9,suppl. 1): 25-35.
14. **Denton R. M., Rosen O. M. and Rubin C. S. 1979.** Regulation of pyruvate metabolism in mammalian tissue. *Essays in Bioch.* 15: 37-77.
15. **Brownsey R. W., Edgell N. J., Hepkirk T. J. and Eenton R. M. 1984.** Studies of insulin-stimulated phosphorylation of acetyl-CoA carboxylase, ATP citrate lyase and other proteins in rat epididymal adipose tissue. *Bioche.l Jour.*, 218: 733-743.
16. **Jensen L.S., Maurice D. V. and Murray M. W. 1978.** Evidence for a new biological function of chromium. *Fed. Proc.* 37:404
17. **Cupo M. A. and Donaldson W. E.1987.** Chromium and vanadium effects on glucose metabolism and lipid synthesis in the chick. *Poult. Sci.* 66:120-126.
18. **Anderson R.A., Bryden N.A., Polansky M.M., Richards M.P. 1989.** Chromium supplementation of turkeys: Effects on tissue chromium. 1–80. In: Sell JL *The Role of Chromium in Animal Nutrition.* National Academy Press Washington.
19. **Liarn T. F., Chen S., Horng Y. and Hu C. Y. 1993.** The effects of adding chromium picolinate on the growth performance , serum traits, liver ATP-citrate lyase, fructose-1,6- diphosphatase activities, and carcass characteristics of broilers. *Taiwan J. Vet. Med. Anim. Husb.*62:1.
20. **Hossain S. 1995.** Effect of chromium yeast on performance and carcass quality of broilers. In: Lyons TP, Jacques KA *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 11th Annual Symposium.* Nottingham University Press, England.
21. **Hossain S.M., Barrento S.L., Silva C.G. 1998.** Growth performance and carcass composition of broiler fed supplemental chromium from chromium yeast. *Anim. Feed Sci. Technol.* 71, 217–228.
22. **Chen K. L., Lu J.J., Lien T. F., and Chiou W. S.2001.** Effects of chromium nicotinate an performance, carcass characteristics and blood chemistry of growing turkeys. *Br. Poult. Sci.* 42:399-404.
23. **Afifi M. 2001.** Role of Inorganic Chromium in Modulating Performance and Immunity in Broilers. *Vet. Med. J. Giza*, 49(1):147-162.
24. **Chwen L.T., Ling F.H., Manti R. and Koon T.B. 2002.** Effect of dietary chromium picolinate on abdominal fat and lipid metabolism in broilers. *Online J. of Vet. Res.* 6 : 47-52
25. **Sands J. S. and Smith M. O. 2002.** Effect of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation on plasma insulin, glucagon, glucose and serum lipids in broiler chickens reared under thermoneutral or heat stress conditions. *Inter. J. of Pout. Sci.* 1(5):145-149.
26. **Şahin K., Küçük O., Şahin N. 2002:** Effects of dietary chromium picolinate supplementation on performance and plasma concentrations of insulin and corticosterone in laying hens under low ambient temperature. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 85, 142–147.
27. **Şahin K., Küçük O., Şahin N., Ozbey O. 2003.** Effect of dietary chromium picolinate supplementation on egg production, egg quality and serum concentrations of insulin, corticosterone, and some metabolites of Japanese quails. *Nutrition Research* 21: 9, 1315-1321.
28. **Amatya J. L., Haldart S. and Ghosh T. K. 2004.** Effects of chromium supplementation from inorganic and organic sources on nutrient utilization, mineral metabolism and meat quality in broiler chickens exposed to natural heat stress. *Anim. Sci.* 79:241-253
29. **Göçmen, R., Yazgan O. 2006.** Rasyona Krom İlavésinin Etlik Piliçlerde Besi Performansı, Karkas Özellikleri, Karaciğer ve Serum Krom Konsantrasyonuna Etkisi. *Hasat Hayvancılık Dergisi*, 22(259), 58-64.
30. **Toghyani M, Gheisari A.B., Khodani A., Toghyani M., Mohammadrezaei M. and Bahaderon 2010.** Effect of dietary chromium yeast on thigh meat quality of broiler chicks in heat stres condition. *International Journal of Biological and Life Sciences.*6:4, 196-199.
31. **Hill C. H. and Matrone G.1970.** Chemical parameters in the study of in vivo and in vitro interactions of transition elements. *Fed. Proc.*29:1474-1481.
32. **Kroliczewska B., Zawadzki W., Dobrzanski Z., and Kacmarek-Oliwa A.2004.** Changes in selected serum parameters of broiler chicken fed supplemental chromium. *Anim. Physiol.* 88:393-400.