

Doğal Pigmentlerin Yaşlı Tavuklarda Yumurta Sarısına Etkileri

H.E. Şamlı N. Şenköylü H. Akyürek A. Ağma

Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Tekirdağ

Bu çalışmada 53-63 haftalık yaşta beyaz yumurta tavuklarında doğal renk maddesi kaynaklarından kırmızı biber (*Capsicum annuum*) ile mısır gluten ununun mısır ve buğdaya dayalı rasyonlarda ayrı ayrı ve birlikte kullanımlarının yumurtada sarı renk pigmentasyonu, verim performansı ve yumurta kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Pigment kaynaklarını test etmek üzere gluten unu ile kırmızı biberin bazal rasyona ilavesiyle 4 muamele grubu oluşturulmuştur. Bu gruplar sırasıyla; 1) Kontrol, 2) %2 gluten unu, 3) %0.5 kırmızı biber, 4) %0.3 kırmızı biber + %1 gluten unu.

Bovans ırkı 53 haftalık yaşta beyaz yumurtacı hibritler her muamelede 6 tekerrür ve her tekerrürde 10 tavuk olacak şekilde kafeslere şansa bağlı olarak dağıtılmış ve denemede toplam 240 tavuk kullanılmıştır. Deneme yemleri %18.0 ham protein (HP) ve 2800 kcal/kg metabolik enerji (11.72 MJ/kg) içerecek şekilde izokalorik ve izonitrojenik olarak Trakya Üniversitesi Zootečni Bölümü Yem Ünitesinde hazırlanmıştır.

Yem ve su tavuklara ad libitum olarak verilmiş, aydınlatma 16 saat/gün olarak uygulanmıştır. Yumurta sarısında renk ölçümleri, her gruptan 6 yumurta rasgele alınarak Roche renk yelpazesi (Roche Color Fan, RCF) ile yapılmıştır. Yumurta verimi, yumurta ağırlığı, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı haftalık olarak hesaplanmıştır. Verilerin varyans analizleri Statistica (1994) programı ile yapılmış ve gruplar arası farklar için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Sonuç olarak, pigment kaynaklarının RCF değerine etkisi önemli ($P<0.001$) bulunmuş olup, %0.5 oranında kırmızı biber kullanılan grupta RCF en yüksek değer olan 13.0'e çıkmıştır. Muamelelere göre RCF değerleri sırasıyla 11.4, 12.0, 13.0 ve 12.5 bulunmuştur. Yumurta verimi, yem tüketimi ve canlı ağırlık bakımından gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Gluten unu içeren gruba ait yumurtalar 63.3 g ile diğer gruplardan önemli derecede düşük çıkmıştır ($P<0.05$). Yemden yararlanma oranı gluten unu içeren grupta 1.98 ile diğer gruplardan önemli derecede yüksek elde edilmiştir. Bu denemenin koşulları altında yumurtada en iyi altın sarısı renk oluşumu, %0.3 kırmızı biber ile %10 mısır gluten ununun kullanılması ile sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: pigmentasyon, kırmızıbiber, gluten unu, yumurta tavukları.

Effects of Natural Pigments on Old Hens' Yolk

To test the effects of red pepper (*Capsicum annuum*) and corn gluten meal as pigment sources on egg yolk pigmentation, performance and egg characteristics, they were added into corn and wheat based diets of white layers in separate and in combination at an age between 53-63 wks period. Four treatment groups were consisted to examine the effects of these pigment sources. Dietary treatments were; 1) Control, 2) 2% Gluten meal, 3) 0.5% Red pepper, 4) 1% Gluten meal + 0.3% Red pepper.

Each of dietary treatments has 6 replicates to which 10 Bovans white of 53 wks aged hens were randomly assigned. Hence, 240 hens in total were fed with experimental diets which were formulated and mixed to be isocaloric and isonitrogenic with 18% crude protein and 2800 kcal/kg metabolizable energy content in experimental units of Department of Animal Science of Trakya University.

Feed and water were given ad libitum, whereas daily light regimen was adjusted to 16 h light and 8 h dark. Egg yolk color was measured using Roche Color Fan (RCF) by randomly collecting 6 eggs from each group. Egg production, egg weight, feed intake and feed conversion ratio (FCR) were calculated weekly.

The collected data were subjected to ANOVA using Statistica (1994) software, and Duncan test was used to differentiate the means.

Consequently, pigment sources significantly ($P<0.001$) affected RCF. The highest RCF value (13.0) was belong to the group fed with 0.5% red pepper. RCF values of the dietary treatments were 11.4, 12.0, 13.0 and 12.5, respectively. Pigment sources did not significantly ($P>0.05$) affect egg production, feed intake and weight gain, while egg weight and FCR were affected ($P<0.05$). Egg weight was the lowest (63.3g) in the group fed with 0.5% red pepper. As a result FCR was also the highest (1.98) in this group. Under the

condition of this experiment it was concluded that to obtain the best golden yellow yolk color pigmentation 1% gluten meal+0.3% must be added into layer diets as natural pigment sources.

Key words: yolk pigmentation, red pepper, corn gluten meal, layers

Giriş

Tüketicilerin tercih ettiği yumurta sarısı ve deri rengi, yemlerdeki doğal renk maddeleri (mısırdaki karotinoidler, yeşil bitkiler, biber, çeşitli çiçekler) ve yemlere katılan yapay maddeler ile sağlanabilmektedir (Jeroch, ve ark., 1993). Yumurta tavuğu yemlerinin önemli yapı taşlarından olan karotenoidler, ksantofiller ve oksikarotenoidler olarak bilinmekte olup, yumurta sarısının rengini etkilemektedirler (Latscha, 1990). Sarı renk lutein-sarı, zeaksantin-altınsarı ve kırmızı renk kapsantin, copsorubin gibi maddelerce sağlanmaktadır. Bunlar da kadife çiçeği, alg, mısır, mısır gluten unu ve yonca gibi doğal yem maddelerinde bulunmaktadır (NRC, 1994; Leeson ve Summers, 1997). Önemli olan kırmızı ve sarı rengi sağlayan renk maddelerinin yemde istenilen oranda bulunmasıdır (Jeroch, ve ark., 1999). Karotenoidlerin gerek yumurta sarısındaki pigmentasyon, gerekse yumurta tavuklarında embriyonal gelişimde ve diğer çok sayıdaki fizyolojik olaylarda rolleri vardır. Karotenoidler, bioaktif maddelerdir ve esas olarak bitkilerde sentezlenirler. Moleküler yapıları, 600 ün üzerinde farklı form ve biyolojik fonksiyon göstermektedir. Ayrıca, biyolojik sistemlerde antioksidan, endokrin ve immun sistemde vitamin A'nın ön maddesi olarak da görev alırlar (Bortolotti ve ark., 2003). Köy tipi işletmelerde tavuklar dolaşarak gereksinim duydukları renk maddelerini yeşil otlar, böcekler ve gübrelerden sağlarlar. Ancak günümüzde artık bu tür üretim, yerini kapalı sistemlere bıraktığından gereksinim duyulan tüm renk maddeleri yemlere katılmaktadır (Kırkpınar ve Erkek, 1999a). Ancak, yumurta tavukları ksantofilleri sentezleyemediklerinden, istenilen üniform bir renk yemdeki karotenoidlerin renklendirme kapasitesine ve stabilitesine bağlıdır (Nys, 2000).

Yapılan bir çalışmada (Kırkpınar ve Erkek, 1999a) en yüksek RCF değeri (12.17) kırmızı biber ile sağlanmıştır. Keza, Gürbüz ve ark., (2003) da ksantofil içeriği 400 mg/kg, karoten içeriği ise 6.54 mg/kg olan kırmızı biberin %3 ve %4 ilave edildiği buğday+sarı mısıra dayalı rasyonları tüketen gruplarda pigmentasyonun

en yüksek düzeyde (14.30-14.45) oluştuğunu rapor etmişlerdir. En düşük pigmentasyon (1.35) ise, kırmızı biberin yer almadığı, beyaz mısır içeren buğdaysız grupta elde edilmiştir. Bu konuda yürütülen diğer bir çalışmada (Kırkpınar ve Erkek, 1999b) beyaz mısır ve buğdaya dayalı yemlere lutein, yonca unu, kadife çiçeği unu, kırmızı biber unu, β -apo-8 karotenoik asit etil ester, kantaksantin ve β -apo-8 karotenoik asit etil ester-kantaksantin karışımının (3:1) yumurta sarısı rengine ve verim değerlerine olan etkileri araştırılmış ve en yüksek RCF değerleri kantaksantin de (8.71) ve β -apo-8 karotenoik asit etil ester-kantaksantin karışımında (8.54) bulunmuştur. Doğal pigment kaynağı olarak bakteriyel bir ürün olan *Rhodocyclus gelatinosus* da 0.5, 1 ve 2 g/kg dozlarında yumurta tavuk yemlerine katılmış ve ilave dozuyla doğru orantılı olan bir tarzda yumurta sarısını güçlendirebileceği sonucuna ulaşılmıştır (Ponsano ve ark., 2004).

Benzer bir çalışmada da (Gonzales ve ark., 1999), kırmızı biber-capsaicin düzeylerinin yumurta sarısında karotenoidlerin depolanmasına etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada oleoresin ve biored (kırmızı biberden elde edilen ticari maddeler) ile kırmızı biber (guajillo) ilavesinin üç farklı capsaicin düzeyi (0.76, 12.26 ve 35.26 mg/kg yem) uygulanmıştır. Araştırmanın tüm muamelelerinde toplam karotenoid düzeyi 20-25 mg/kg olarak verilmiştir. Yumurta sarısında toplam karotenoidler her üç capsaicin düzeyli kırmızı biberli muamelelerde 30 mg/kg olarak bulunmuş ve istatistiki olarak önemli bir etkiye rastlanmamıştır. Buna karşın, yumurta sarısındaki karotenoid konsantrasyonu ticari preparatlarda daha düşük bulunmuştur.

Ülkemizde kırmızı biber üretimi 20 000 ton civarındadır (DİE, 2003). Bu doğal ürün, günümüzde sentetik preparatlara göre daha kolay bulunabilen ve üretilen bir renk maddesi kaynağıdır. Yumurta tavukçuluğunda istenen rengin elde edilmesi için yerli ve doğal kaynakların kullanımı daha rasyonel bir üretim şekli olarak düşünülebilir. Bu şekilde yemlerdeki sentetik öğelerden biri daha doğal

yoldan karşılanmış olmaktadır. Öte yandan, hayvancılıkta doğal yemlerle beslenerek elde edilen ürünlere rağbet giderek artmaktadır.

Bu çalışmada da doğal renk maddesi kaynaklarından kırmızı biber (*Capsicum*

annuum) ve mısır gluten ununun ayrı ayrı ve birlikte kullanımının mısır ve buğdaya dayalı rasyonlarda yumurta sarı renk pigmentasyonu, performans değerleri ve diğer yumurta kalitesi kriterleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Tavukçuluk Ünitesinde 10 hafta süreyle yürütülmüştür. Hayvan materyali olarak 53 haftalık yaşta Bovans beyaz yumurtacı hibritler kullanılmıştır. Tavuklar kafeslere şansa bağlı olarak dağıtılmıştır. Deneme 4 muamele, 6 tekerrür ve her tekerrürde 10 tavuk olmak üzere toplam 240 tavuk ile yapılmıştır.

Muameleler değişik pigment kaynaklarını içeren mısır, gluten unu, kırmızı biber ve karışımda bulunan apo karotenoid asit ester ile kantaksantinden gelen renk maddeleri ile aşağıdaki gibi oluşmaktadır:

1) **Kontrol, pigment içeriği 7.8 mg/kg** (mısırdan gelen ksantofiller, 5.8 mg/kg; premiksten gelen, apo karotenoid asit ester 0.5mg/kg; ile kantaksantin 1.5mg/kg).

2) **Kırmızı biber %0.5, pigment içeriği, 9.7 mg/kg** (mısırdan gelen ksantofiller, 5.5 mg/kg; premiksten gelen, apo karotenoid asit ester 0.5mg/kg; ile kantaksantin 2.2 mg/kg).

3) **Gluten unu %2, pigment içeriği, 10.7 mg/kg** (mısır ve gluten unundan gelen ksantofiller 8.7 mg/kg; premiksten gelen, apo karotenoid asit ester 0.5mg/kg; ile kantaksantin 1.5 mg/kg).

4) **Kırmızı biber %0.3 + gluten unu %1, pigment içeriği, 10.52 mg/kg** (mısır ve gluten unundan gelen ksantofiller 7.2 mg/kg; premiksten gelen, apo karotenoid asit ester 0.5mg/kg; ile kırmızı biber ve premiksten gelen kantaksantin 2.82 mg/kg).

Araştırma yemleri %18.0 ham protein (HP), 2800 kcal/kg metabolik enerji (11.72 MJ/kg) içerecek şekilde izokalorik ve izonitrojenik olarak Trakya Üniversitesi Zootekni Bölümü Yem Ünitesinde hazırlanmıştır (Çizelge 1).

Yem ve su tavuklara ad libitum olarak verilmiştir ve aydınlatma 16 saat/gün olarak uygulanmıştır. Yumurta sarısında renk ölçümleri Roche renk yelpazesi kullanılarak haftada bir yapılmıştır. Bu ölçümler için her gruptan 6 yumurta analize tabi tutulmuştur. Yumurta verimi, yumurta ağırlığı yem tüketimi haftalık olarak hesaplanmıştır. Yemden yararlanma oranı ise tüketilen yemin üretilen yumurta kütlesine oranından hesaplanmıştır. İstatistik analizler Statistica (1994) programı ile yapılmıştır. Gruplar arası farklar için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Araştırma gruplarının 53-63. haftalar arasındaki performans değerleri, standart hatalar (SEM) ve olasılık düzeyleri (P) Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’de görüldüğü gibi yumurta verimi % 88.9-90.2 arasında değişmekte olup muameleler arasında önemli bir fark bulunmamaktadır. Yem tüketimleri ise 109.2 g-112.1 g arasında değişmekte ve yine muameleler arasında önemli bir fark bulunmamaktadır. Yumurta ağırlıkları ise muamelelere göre, sırasıyla 64.4 g, 64.1 g, 63.3 g ve 64.3 g olarak bulunmuştur. Gluten unu içeren gruba ait yumurtalar 63.3 g ile en düşük ağırlığa sahip olup, diğer gruplardan istatistiki olarak farklıdır ($P<0.05$). Bu farkın nedeni, enerji ve protein düzeylerinin tüm gruplarda eşit olması için gluten unu içeren rasyonlara daha düşük oranda soya küspesi ve bitkisel yağ ilave edilmiş olmasıyla açıklanabilir. Nitekim bu gruba ilişkin yemdeki ham yağ oranı %6.66 ile diğerlerinden daha düşük düzeyde kalmıştır. Bu grupta yemden yararlanma oranının düşük olması da bu muameledeki yumurta ağırlığının düşük olmasından kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 1. Yemlerin Hammadde ve Besin Madde Kompozisyonları

Yem hammaddeleri, %	Kontrol	Kırmızı biber	Gluten unu	Kırmızı biber + gluten unu
Mısır	29.0	28.3	29.6	28.5
Buğday	27.5	27.5	28.5	28.5
Soya fasulyesi küspesi (%48)	15.3	15.3	12.1	13.6
Ayçiçeği küspesi (%36)	10.0	10.0	10.0	10.0
Kireçtaşı	10.0	10.0	10.1	10.0
Soya yağı	4.63	4.82	4.04	4.48
Balık unu	2.0	2.0	2.0	2.0
Gluten unu	-	-	2.0	1.0
Kırmızı biber	-	0.5	-	0.3
DCP	0.83	0.83	0.84	0.84
Tuz	0.280	0.280	0.280	0.275
Premiks ^A	0.250	0.250	0.250	0.250
DL-Metiyonin	0.070	0.070	0.050	0.062
L-Lisin HCl	0.050	0.060	0.150	0.103
Fitaz	0.090	0.090	0.090	0.090
Besin madde kompozisyonu				
Metabolik enerji, kcal/kg (11.72 MJ/kg)	2800	2800	2800	2800
Ham protein, %	18	18	18	18
Ham yağ, %	7.24	7.41	6.66	7.05
Kalsiyum, %	4.00	4.00	4.00	4.00
Fosfor _{varayışlı} , %	0.38	0.38	0.38	0.38
Metiyonin, %	0.40	0.40	0.40	0.40
Lisin, %	0.92	0.92	0.92	0.92

^A Yemin her kg'nda: apo karotenoid asit ester, 0.5 mg; vitamin A, 12.000 IU; vitamin D₃, 2.000 IU; vitamin E, 35 mg; vitamin K₃, 5 mg; vitamin B₁, 3 mg; vitamin B₂, 6 mg; vitamin B₆, 5 mg; vitamin B₁₂, 15µg; vitamin C, 50 mg; niasin, 20 mg; demir, 60 mg; folik asit 0.75 mg; D-kalsiyum pantotenat, 6 mg; d-biyotin, 0.045 mg; kolin klorit, 125 mg; bakır, 5 mg; mangan, 80 mg; çinko, 60 mg; selenyum, 0.15 mg; kantaksantin, 1.5 mg.

^B NRC (1994) yem değerlerine göre hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Araştırma Yemlerinin Performans Değerlerine Etkileri (53-63 haftalar arası)

	Yumurta verimi (%)	Yem tüketimi (g/tavuk/gün)	Yumurta ağırlığı (g/yumurta)	Yumurta kütlesi (g/tavuk/gün)	YDO (g yem/g yumurta)
Kontrol	90.2	112.1	64.4 a	58.1 a	1.929 ab
Gluten unu	89.4	110.8	63.3 b	56.6 b	1.958 a
Kırmızı biber	90.2	110.1	64.1 a	57.8 a	1.905 b
Kırmızı biber +gluten unu	88.9	109.2	64.3 a	57.2 ab	1.909 b
SEM	0.230	0.917	0.141	0.216	0.019
P değeri	0.106	0.743	0.032	0.060	0.782

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (P<0.05).

Çizelge 3. Yumurta İçi Kalitesine İlişkin Parametreler (53-63 haftalar arası)

	Albumen yüksekliği (mm)	Albumen ağırlığı (g)	Sarı ağırlığı (g)	Haugh birimi	RCF
Kontrol	6.9	35.7	18.3	81.4	11.4 b
Gluten unu	6.6	35.9	18.0	79.2	12.0 b
Kırmızı biber	7.0	35.6	17.8	82.4	13.0 a
Kırmızı biber +gluten unu	7.3	34.6	18.3	84.0	12.5 ab
SEM	0.134	0.254	0.131	0.853	0.152
P değeri	0.491	0.312	0.505	0.247	<0.001

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (P<0.001).

Çizelge 3'te yumurta içi kalitesine ilişkin parametreler özetlenmiştir. Albumen yüksekliği, albumen ağırlığı, sarı ağırlığı ve Haugh birimi değerleri arasında pigment kaynaklarının etkisi açısından önemli derecede bir fark bulunmamıştır (P>0.05). RCF değerleri ise, muamelelere göre sırasıyla 11.4, 12.0, 13.0, 12.5 olarak bulunmuştur. Kontrol grubundaki RCF (11.4) ile kırmızı biber ilave edilen grupta (13.0) ve kırmızı biberin gluten unu ile birlikte katıldığı grup (12.5) arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmuştur (P<0.001). Kırmızı biber ilave edilen grup gluten unu içeren gruptan istatistiksel olarak daha yüksek RCF değerlerine sahip bulunmuştur (P<0.001). Pigment düzeyi 9.7 mg/kg olan kırmızı biberli grupta yumurta sarısı diğer gruplara göre 13.0 ile daha yüksek RCF değeri ile sonuçlanmıştır. Daha çok kantaksantin içeren kırmızı biberli grup özellikle kontrol grubu ve gluten unu grubuna göre oldukça önemli ve daha belirgin bir renk değişimi ortaya çıkarmıştır. Ksantofil içeriği tüm gruplarda yaklaşık aynı olmasına

karşın ortaya çıkan RCF değerindeki fark kantaksantin kapsamının farklılığına bağlanabilir. Bu sonuç Kırkpınar ve Erkek (1999a) ile Gürbüz ve ark. (2003) tarafından elde edilen bulgular ile paralellik göstermektedir.

Kırmızı biber, içerdiği yoğun kantaksantin nedeniyle yumurta sarısında daha koyu bir renk oluşmasına neden olmaktadır. Pigment kaynağı olarak kırmızı biberin tek başına kullanılması istenilmeyen kırmızı renk oluşumuna neden olmaktadır (Kırkpınar ve Erkek, 1999b). Bu nedenle, tüketiciler tarafından tercih edilen altın sarısı renk oluşumu için kırmızı biberin tek başına kullanımı yerine, gluten unu ile birlikte kullanımı daha çok tercih edilen rengi sağlayabilir. Buna karşın, yumurta sarısı renginin kırmızıya çalması halinin tüketiciler tarafından tercih edildiği durumlarda ise, kırmızı biber doğal bir renk maddesi olarak tek başına yumurta tavuğu yemlerinde kullanılabilir.

Sonuç

Bu deneme ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- 1) Yumurta sarısı rengi oluşumunda pigment kaynağının niceliği yanında niteliği de önem taşımaktadır.

- 2) %0.5 oranında kırmızı biber kullanımı RCF değerini (13.0) yükseltmektedir.
- 3) Yumurta sarısında altın sarısı renk oluşumu için kırmızı biberin mısır gluten unu ile birlikte kullanımı gerekmektedir.

Kaynaklar

DİE, 2003. Tarımsal Yapı (Üretim, Fiyat, Değer)
2001. Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası, Ankara.

Bortolotti, G.R., J.J. Negro, P.F. Surai and P. Prieto,
2003. Carotenoids in eggs and plasma of red-legged partridges: Effects of diet and

- reproductive output. *Physiological and Biochemical Zoology*. 76(3): 367-374.
- Gonzales, M., E. Castano, E. Avila and E.G. de Mejia, 1999. Effect of capsaicin from red pepper (*Capsicum* sp) on the deposition of carotenoids in egg yolk. *J. Sci. Food and Agric*. 79(13): 1904-1908.
- Gürbüz, Y., S. Yaşar and M. Karaman, 2003. Effects of addition of the red pepper from 4th harvest to corn or wheat based diets on egg-yolk colour and egg production in laying hens. *Int. J. Poult. Sci*. 2(2): 107-111.
- Hamilton, P.B., F.J. Tirado and F. Garcia-Hernandez, 1990. Deposition in egg yolks of the carotenoids from saponified and unsaponified oleoresin of red pepper (*Capsicum annuum*) fed to laying hens. *Poult. Sci*. 69: 462-470.
- Jeroch, H., G. Flachowsky and F. Weißbach, 1993. *Futtermittelkunde*. Gustav Fischer Verlag Jena-Stuttgart, 422 p.
- Jeroch, H., W. Drochner and O. Simon, 1999. *Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere*. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 525 p.
- Kırkpınar, F. ve R. Erkek, 1999a. Sarı mısır temeline dayalı karma yemlere ilave edilen bazı doğal sentetik renk maddelerinin yumurta sarısının rengi ve verim üzerine etkileri. *Tr. J. of Vet. and Anim. Sci*. 23: 15-21.
- Kırkpınar, F. ve R. Erkek, 1999b. Beyaz mısır ve buğday temeline dayalı karma yemlere ilave edilen bazı doğal sentetik renk maddelerinin yumurta sarısının rengi ve verim üzerine etkileri. *Tr. J. of Vet. and Anim. Sci*. 23: 9-14.
- Latscha, T., 1990. *Carotenoids in Animal Nutrition*. F.Hoffmann La-Roche, Basel, Switzerland.
- Leeson, S. And J.D. Summer, 1997. *Commercial Nutrition of Poultry*. University Books , Guelph, Ontario, Canada.
- NRC, 1994. National Research Council. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C.
- Nys, Y., 2000. Dietary carotenoids and egg yolk coloration- a review. *Arch. für Geflügelkunde*. 65 (2): 45-54.
- Ponsano, E.H.G., M.F. Pinto, M.G.Neto, and P.M. Lacava, 2004. *Rhodocyclus gelatinosus* biomass for egg yolk pigmentation. *J.Appl. Poult. Res*. 13:421-425.
- Statistica, 1994. Statsoft, Inc. Tulsa OK, Statistica for the WINDOWSTM Operating System.