

BUĞDAY-SOYA KÜSPESİ AĞIRLIKLI RASYONLARA DOĞAL RENK MADDESİ OLARAK ASPIR TAÇ YAPRAĞI EKSTRAKTI İLAVESİNİN BILDIRCINLARDA YUMURTA SARI RENGİNE ETKİSİ

Alp Önder YILDIZ*

Sinan S. PARLAT*

Biroi DAĞ*

Musa ÖZCAN**

ÖZET

Bu çalışma, damızlık Japon bildircini rasyonlarına farklı seviyelerde ilave edilen aspir taç yaprağı ekstraktının yumurta sarı rengine etkisini tespit etmek için yapılmıştır. Toplam 210 adet (43 günlük yaşta) dişi bildircin her birinde 30 adet olmak üzere 7 muamele grubuna ayrılmıştır. Buğday-soya küspesine dayalı rasyona 0, 5, 10, 15, 20 mg/kg seviyelerinde aspir taç yaprağı ekstraktı, sentetik renklendirici olarak 20 mg/kg Sunset yellow ve mısır-soya küspeli rasyon olmak üzere hazırlanan 7 farklı rasyon 42 gün boyunca *ad-libitum* olarak yedirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek HCYC, RCF ve LT değerleri mısır-soya küspesi grubunda gerçekleşmiştir ($P<0.05$). Aspir taç yaprağı ekstraktı tüketen gruplarda yumurta sarı rengi Sunset yellow tüketen gruplarla benzer bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Aspir taç yaprağı ekstraktı, sunset yellow, yumurta sarı rengi

SUMMARY

The effect of safflower petal extract as natural colorant on egg yolk pigmentation in based on wheat-soybean meal diets of laying quails

This study was conducted to determine the effect of safflower petal extract supplementation on egg yolk pigmentation in based on wheat-soybean meal diets in laying Japanese quails. Quails were divided into seven experimental groups of 30 birds. The quails were fed the control diet supplemented with 0, 5, 10, 15, 20 mg/kg safflower petal extract, 20 mg/kg Sunset yellow and based on corn-soybean meal diet. Feed and water were given as *ad-libitum*. The maximum HCYC, RCF and LT values were found in the corn-soybean meal group ($P<0.05$). HCYC, RCF and LT values of groups containing safflower petal extract were found to be similar to the group containing Sunset yellow.

Key Words: Egg yolk pigmentation, safflower petal extract, sunset yellow

GİRİŞ

Hayvansal üretim açısından önemli bir potansiyele sahip olan ülkemizde, hayvansal ürünlerin miktar, sağlık, kalite ve standartlara uygunluk yönünden iyileştirilebilmesi için yem maddelerinden yararlanılmaktadır (Kırkpınar ve Erkek 2000). Ancak, bilim ve teknolojiye paralel olarak tüketicilerin bilinçlenmesi ve doğala dönüş eğilimi ile birlikte sağlıklı beslenme, tüketilen gıdanın güvenilirliği ve çevre sağlığı gibi konularda oluşabilecek potansiyel tehlikelere karşı gösterilen ilgi giderek artmaktadır.

Görsel unsurlara yönelik gıda kalite kriterleri gerek tüketimi gerekse sindirim fizyolojisini yakından ilgilendirmektedir. Özellikle, kanatlı ürünlerinde tüketici ürünün kaliteli olup olmadığına, besin değerini etkilemediği halde, genellikle rengine bakarak karar vermektedir. Gıda rengi insanlarda göz, hipotalamus ve merkezi sinir sistemi vasıtasıyla sindirim enzimlerinin salgılanmasını teşvik ederek, sindirim sisteminde "bekleyiş" dönemini başlatmaktadır. İştah da denilen bu mekanizma, gıdanın tüketimini ve sindirilebilirliğini artırmaktadır. Gıda renginin arzu edilmeyen bir durumda olması halinde ise enzim salgılanması engellenerek iştah kesilebilmekte ve zoraki tüketim sonucu sindirim bozuklukları ve sindirim sistemi rahatsızlıkları görülebilmektedir (Schaeffer ve ark. 1987).

Yumurta sarısında tüketicinin hoşuna giden koyu sarı renk, köy tipi küçük aile işletmelerinde tavukların dışarıda gezinmek suretiyle yedikleri yeşil otlar, böcekler ve hayvan gübreleri ile oluşturulabilmektedir (Breithaupt ve ark. 2003; Blanch ve Hernandez 2000; Nys 2000). Fakat, son yıllarda tavukçulukta sağlanan hızlı gelişme sonucu küçük aile işletmeleri yerini modern, çevre kontrollü kümeslere bırakmış ve tavukların dışarıda serbestçe gezinme imkanları ortadan kalkmıştır. Bunun sonucu olarak, doğal yada sentetik renklendiricilerin rasyonlara katılma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Özellikle, pazarlama ve tüketici açısından önem kazanan bir iç kalite kriteri olan yumurta sarı rengi, ksantofiller olarak adlandırılan renk maddeleri tarafından oluşturulmaktadır. Tavuklar, renk maddelerini organizmada sentezleyemediklerinden yemlerle bünyelerine aldıkları renk maddelerini yumurta sarısına aktarmaktadırlar (Schiedt 1988; Blanch 1999; Perez-Vendrell ve ark. 2001). Kanatlı rasyonlarında yeterli seviyede mısır gibi yüksek miktarda ksantofil içeren doğal renk verici bileşikler bulunduğu ilave bir renk vericiye ihtiyaç olmayabilir. Ancak zaman zaman mısırın piyasada az bulunduğu veya fiyatının yüksek olduğu dönemlerde, rasyonlara çok az katıldığında veya mısırırsız

rasyonlar hazırlandığında ilave olarak renk verici maddelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla yumurta tavuğu rasyonlarına doğal ya da sentetik renk maddesi kaynakları ilave edilmektedir (Hencken 1992). Bunlar, sindirim sisteminden absorbe edildikten sonra hiçbir değişikliğe uğramadan yumurta sarısında birikmektedirler. Doğal renk kaynakları içerisinde en fazla kullanılanlar sarı mısır, kadife çiçeği ve yoncada bulunan sarı renkli lutein ile kırmızı biber ununda bulunan kapsantin ve kapsorubin gibi kırmızı renkli karotenoidlerdir (Kırkpınar ve Erkek 1999a). Luteinin yumurta sarı rengine tek başına etkisi % 70 olup, genellikle yumurta sarısını koyudan limon sarısına kadar değişen renklerde etkilemektedir. Luteinden sonra en önemli etki zeaksantin tarafından oluşturulmaktadır. Lutein ve zeaksantin yanı sıra yumurta sarısında karoten, kriptoksantin, kapsantin ve kantaksantin de izole edilmiştir. Yumurta tavukları yemle tüketilen renk maddelerinin seviyesine bağlı olarak değişmekle birlikte yemlerindeki renk maddelerinin ancak % 10-14'üncü yumurta sarısında biriktirebilmektedir (Kırkpınar ve Erkek 1999b). Özellikle mısırdaki önemli seviyede bulunan zeaksantin, kırmızı biberde bulunan kapsantin ve kapsorubin gibi kırmızı renkli karotenoidler altın sarısından portakal sarısına kadar değişen renkler oluştururlar. Sentetik kaynaklardan β -apo-8'-karotenolik asit etil ester sarı, kantaksantin ise kırmızı renklidir (Khan 1995; Kırkpınar ve Erkek 1999a).

Yumurta tavukları lutein, zeaksantin ve kantaksantini kriptoksantin, ekinenon, viyolaksantin, neoksantin ve karotenoidlerin oksidasyon ürünlerine göre daha iyi değerlendirirler (Marusich ve Bauernfeind 1981; Kırkpınar ve Erkek 1999b). Kırkpınar ve Erkek (1999a) sarı mısırın 17.39, yonca unununun 143.58, kadife çiçeği unununun 2874.88 ve kırmızı biber unununun 802.05 mg/kg ksantofil içerdiğini bildirmektedir. Yemlerle sağlanan renk maddelerinin yumurta sarısındaki etkileri ikinci yumurtadan itibaren görülmeye başlamakta ve 9-12 gün içerisinde en yüksek seviyesine ulaşmaktadır. Karma yemlerden renk maddelerinin çıkarılmasının etkileri ise daha yavaş görüldüğü ve 9-10 gün içerisinde yumurta sarı rengine yansıdığı bildirilmektedir (Hinton ve ark. 1974). Yumurta sarı pigmentasyonu kullanılan renk maddesi kaynağına, karma yemi oluşturan hammaddelere, hayvanın genetik yapısı ve yaşına, hastalık ve çevre şartlarına bağlı olarak değişmektedir (El Baushtly ve Raterink 1989).

Bu çalışma, doğal renk maddesi olarak Japon bildircini rasyonlarına ilave edilen aspir taç yaprağı ekstraktının yumurta sarı pigmentasyonuna etkisini araştırmak maksadıyla yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Araştırmada hayvan materyali olarak 42 günlük yaşta 210 adet dişi Japon bildircini (*Coturnix coturnix japonica*) kullanılmıştır. Bildircinler, her birinde 30 adet olmak üzere tesadüfi olarak 7 muamele grubuna ayrılmıştır. Araştırma her alt grupta 3 adet dişi bildircin olmak üzere 10 tekerrürlü olarak ve 9 m²'lik bir odada, 5 katlı apartman tipi damızlık kafeslerde yürütülmüştür. Kümes içi sıcaklık ve nemi bildircin ihtiyaçlarına göre ayarlanmıştır. Araştırmada "16 saat aydınlık-8 saat karanlık" aydınlatma programı uygulanmıştır. Bildircinler deneme süresince *ad-libitum* olarak yemlenmişlerdir.

Deneme rasyonlarına geçilmeden önce gruplara 15 gün boyunca % 60 buğday ağırlıklı ekstra renklendirici içermeyen bir rasyon yedirilmiştir. Araştırmada buğday-soya küspesine dayalı % 20 HP, 3000 kkal ME/kg, % 1.2 lizin ve % 0.45 metiyonin içeren rasyon kontrol rasyonu olarak kullanılmıştır. Deneme süresince kullanılan rasyonlar ise şu şekilde oluşturulmuştur: I. Kontrol(K); II. K+5 mg/kg aspir ekstraktı(AE); III. K+10 mg/kg AE; IV. K+15 mg/kg AE; V. K+20 mg/kg AE; VI. K+Sunset yellow; VII. Mısır-soya küspesi(% 20 HP ve 3000 kkal ME/kg). Hazırlanan 7 farklı deneme rasyonu 42 gün boyunca gruplara yedirilmiştir. Deneme rasyonlarının hammaddesi ve hesaplanmış besin maddesi içerikleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Doğal renklendirici olarak kullanılan aspir taç yaprakları piyasadan temin edilmiştir. Aspir taç yaprağı ekstraktı elde edilirken şu işlemler uygulanmıştır: Kurutulmuş aspire ait taç yapraklar ayrılarak 0.5 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütüldükten sonra saf metanolle soksolet cihazında ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Elde edilen ham ekstraktlar evaporatörde konsantre edildikten sonra 1/10 oranında propilen glikol çözeltisinde seyreltilmiş ve kullanılıncaya kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir. Aspir taç yaprakları kartamin ve aspir sarısı olmak üzere iki renk maddesi içermekte olup, kurutulmuş aspir taç yaprakları % 20-30 aspir sarısı, % 0.3-0.6 kartamin, % 1.7-8 protein, % 3.6-6.5 eter ekstrakt, % 38-50 selüloz ve % 3 kül içermektedir (Salunkhe ve ark. 1992). Portakal sarısı bir renk veren sentetik renklendirici olarak kullanılan Sunset yellow ise özel bir firmadan temin edilmiştir. Sunset yellow, 1-P-sulfofenilazo-2-naftol-6-sulfonik asidin disodyum tuzunu içermektedir.

Denemeden elde edilen yumurtalar +4°C sıcaklıkta ışık almayan kapalı kaplarda muhafaza edilmiştir. Deneme sonunda Roche renk yelpazesi (Roche Colour Fan; RCF) ve Heimen-Carver renk çarkı (The Heimen-Carver Color Wheel; HCYC) ile görsel olarak ve Lovibon Tinctometer(LT) ile fiziksel olarak yumurta sarı renkleri belirlenmiştir.

Araştırmada elde edilen verilerin istatistik analizi tek yönlü varyans analizine göre(Minitab 1990), grup ortalamaları arasındaki farklılığın tespiti ise Duncan testi ile belirlenmiştir (Duncan 1955).

Çizelge 1. Kontrol Rasyonunun Bileşimi ve Hesaplanmış Besin Maddesi İçeriği

Yem Hammaddeleri	Buğday Esaslı	Mısır-Soya Esaslı
Buğday	59.90	-
Sarı mısır	-	55.00
Soya küspesi	23.70	25.00
Balık unu	3.00	5.00
Bitkisel yağ	5.00	4.75
Mermer tozu	5.50	5.50
DCP*	1.90	1.50
Tuz	0.35	0.35
VÖK**	0.10	0.10
MÖK***	0.10	0.10
Lisin	0.20	0.05
Metiyonin	0.14	0.10
Yıkanmış deniz tuzu	-	2.55
Hesaplanmış değerler		
Ham protein, %	20.00	20.04
ME, kkal/kg	3000	3000
Kalsiyum, %	2.75	2.76
Kull. fosfor, %	0.55	0.55
Lisin, %	1.20	1.21
Metiyonin, %	0.45	0.45
Met.+sisiitin, %	0.77	0.78

*: Dikalsiyum fosfat

**: Vitamin ön karışımı rasyonun 1 kg'ında: Vitamin A, 15.000 IU; vitamin D3, 2000 IU; vitamin E, 40.0 mg; vitamin K, 5.0 mg; vitamin B1, 3.0 mg; vitamin B2, 6.0 mg; vitamin B6, 5.0 mg; vitamin B12, 0.03 mg; Niasin, 30.0 mg; Biotin, 0.1 mg; Calcium D pantothenate, 12.0 mg; Folik asit, 1.0 mg; kolin klorid, 400.0 mg temin eder.

***: Mineral ön karışımı rasyonun 1 kg'ında: Manganez, 80.0 mg; demir, 35.0 mg; bakır, 5.0 mg; iyod, 2.0 mg; kobalt, 0.4 mg; selenyum, 0.15 mg temin eder.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Damızlık Japon bildircini rasyonlarına doğal renklendirici olarak aspir taç yaprağı ekstraktının araştırma gruplarının yumurta sarı renginde meydana getirdiği değişmelere ait ortalamalar ve standart hataları Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2. Yumurta Sarısının Rengine Ait Ortalama HCYC, RCF ve LT Değerleri

Gruplar*	HCYC	RCF	LT
I	8.37 ^{b**}	4.28 ^c	11.88 ^b
II	9.91 ^b	4.37 ^c	11.98 ^b
III	10.19 ^b	5.00 ^b	11.17 ^b
IV	10.80 ^b	5.55 ^b	10.97 ^b
V	11.19 ^b	5.98 ^b	11.82 ^b
VI	3.28 ^c	5.85 ^b	10.05 ^b
VII	20.91 ^a	14.37 ^a	50.10 ^a
OSH***	2.25	0.25	1.12

*: I. K; II. K+5 mg/kg AE; III. K+10 mg/kg AE; IV. K+15 mg/kg AE; V. K+20 mg/kg AE; VI. K+20 mg/kg Sunset yellow; VII. Mısır-soya küspesi

**: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05)

***: Ortalamaların standart hatası.

Çizelge 2'de HCYC değerlerinin 3.28 ile 20.91 arasında değiştiği görülmektedir. Yani, HCYC ile görsel değerlendirme sonuçlarına göre en yüksek HCYC değeri VII nolu grupta, yani mısır-soya küspesine dayalı rasyonla yemlenen grupta gerçekleşmiştir. Bu metoda göre 3.28 ile en düşük değer sentetik renklendiricinin kullanıldığı grupta bulunmuştur. Aspir taç yaprağı ekstraktı ilave edilen gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Diğer bir görsel değerlendirme metodu olan RCF'de (Çizelge 2) skala değerleri 5.85 ile 14.37 arasında değişmiş olup, en yüksek RCF değeri 14.37 ile mısır-soya küspesine dayalı rasyonla beslenen grupta gerçekleşmiştir. Aspir taç yaprağı ekstraktı ilave edilen gruplarda (özellikle 10 mg/kg) yumurta sarı renginde bir iyileşme gözlenmiştir. Kontrol grubu ile 5 mg/kg AE ilave edilen grup arasındaki farklılıklar ile 10, 15 ve 20 mg/kg AE ve sentetik renklendirici ilave edilen gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Lovibon Tinctometer (LT) ile elde edilen fiziksel değerlendirme sonuçlarına göre (Çizelge 2) değerler 10.05 ile 50.10 arasında değişmiş olup, en yüksek değer mısır-soya küspesine dayalı rasyonu tüketen grupta gerçekleşmiştir. Aspir taç yaprağı ekstraktının 0-20 mg/kg arasında ilave edildiği gruplar ile sentetik renklendiricinin ilave edildiği grupta yumurta sarı rengi bakımından herhangi bir farklılık gözlenmemiştir.

Her üç renk değerlendirme ölçütlerine göre de, sarı mısır esaslı grupta gözlemlenen değerler gerek yapay gerekse aspir taç yaprağı ekstraktı gruplarından üstün bulunmuştur. Yani, her iki ürün de sarı mısıra alternatif olamamaktadır. Ancak, yapay renk maddesi ve aspir taç yaprağı ekstraktı grupları arasındaki farklılıkların önemsiz bulunması, aspir taç yaprağı ekstraktının sunset yellow isimli yapay ürüne alternatif olabileceğini göstermektedir.

Yumurta tavuklarında, yumurta sarı pigmentasyonu için çeşitli renk maddelerinin rasyonlara ilave edilerek yapılan çeşitli araştırmalar mevcuttur (Philip ve ark. 1976; Tyczkowski ve Hamilton 1986a,b; Schaffer ve ark. 1988; Hamilton ve ark. 1990; Lai ve ark. 1996; Kırkpınar ve Erkek 1999a,b; Nys 2000; Perez-Vendrell ve ark. 2001). Çalışmaların çoğu yumurta sarısındaki karotenoidlerin çeşit ve miktarı üzerine yoğunlaşmıştır. Bazı çalışmalarda da mısıra ilaveten kadife çiçeği ve kırmızı biberin yumurta sarı pigmentasyonuna etkisi incelenmiş, tüketici isteklerine uygun portakal-sarı tonunda koyu sarılı yumurtalar elde edilebildiği bildirilmiştir. Ancak, bu çalışmalarda doğal renklendirici olarak aspir taç yaprağı ekstraktı kullanılmadığı için bu araştırmaların sonuçları ile mevcut araştırmanın sonuçları mukayese edilememiştir.

Kanatlı endüstrisinde yumurta tavuklarında yumurta sarı rengi ve etlik piliçlerde deri rengi için kullanılan karotenoidlerin çoğu kadife çiçeği ve kırmızı biberden orijin almaktadırlar (Tyczkowski ve Hamilton 1991; Kırkpınar ve Erkek 1999a,b; Blanch ve Hernandez 2000; Breithaupt ve ark. 2003). Kadife çiçeğindeki karotenoidlerin % 95'den fazlasını lutein oluşturmakta ve kırmızı biberdeki hakim karotenoidin ise kapsantin olduğu bildirilmektedir (Breithaupt ve Schwack 2000). Ancak, yemlere katılan sentetik karotenoid kaynaklarının yem maliyetini artırması ve ülkemiz gibi sentetik karotenoid kaynaklarını ithalat yoluyla temin eden ülkelerde, dışa bağımlılık ve döviz kaybı gibi nedenlerle, kendi kaynaklarının araştırılması ve uygun doğal karotenoid kaynaklarının incelenmesi gerekmektedir. Doğal renk maddesi kaynaklarının bir diğer ve belki de daha önemli bir avantajı ise renk maddesi olarak sentetik bileşiklerin kullanılmaları halinde insan sağlığı ile ilgili endişelerin, bu doğal renklendiriciler ile söz konusu olmamasıdır.

Sonuç olarak, aspir taç yaprağı ekstraktının pratikte Sunset yellow kadar kullanım potansiyeli olabileceği ve sarı mısır içermeyen pratik damızlık Japon bildircini rasyonlarına sentetik ürün yerine doğal renk maddesi olarak aspir taç yaprağı ekstraktının kullanılabileceği söylenebilir.

4. KAYNAKLAR

- BLANCH, A., 1999. Getting the color of yolk and skin right. *World's Poultry Sci.* , 15(9):32-33.
- BLANCH, A. AND HERNENDEZ, J. M., 2000. Red carotenoids for optimal yolk pigmentation. *Feed Mix.* 8:9-12.
- BREITHAUPT, D. E. AND SCHWACK, W., 2000. Determination of free and bound carotenoids in paprika by LC/MS. *Eur. Food Res. Technol.*, 211:52-55.
- BREITHAUPT, D. E., WELLER, P. AND GRASHORN, M. A., 2003. Quantification of carotenoids in chicken plasma after feeding free or esterified lutein and capsanthin using high-performance liquid chromatography and liquid chromatography-mass spectrometry analysis. *Poultry Sci.* 82:395-401.
- DUNCAN, D. B., 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1-42.
- EL BAUSHLY, A. R. AND RATERINK, R., 1989. Various aspects of egg yolk pigmentation explored. *Feedstuffs*, 30:41.
- HAMILTON, P. B., TIRADO, F. J. AND GARCIA-HERNANDEZ, F., 1990. Deposition in egg yolks of the carotenoids from saponified and unsaponified oleoresin of red pepper fed to laying hens. *Poultry Sci.* 69:462-470.
- HENCKEN, H., 1992. Chemical and physiological behaviour of feed carotenoids and their effects on pigmentation. *Poultry Sci.*, 71:711-714.
- HINTON, C. F., FRY, J. L. AND HARMS, R. H., 1974. Influence of xanthophylls free pullet grower diet on subsequent egg yolk pigmentation. *Poultry Sci.*, 53:223.
- KHAN, N., 1995. Pigmentation properties of carotenes. *Feed Mix.* Vol. 3. No. 3. 18.
- KIRKPINAR, F. VE ERKEK, R., 1999a. Sarı mısır temeline dayalı karma yemlere ilave edilen bazı doğal ve sentetik renk maddelerinin yumurta sarısının rengi ve verim üzerine etkileri. *Tr. J. of Veterinary and Animal Sci.* 23:15-21.

- KIRKPINAR, F. VE ERKEK, R., 1999b. Beyaz mısır ve buğday temelinde dayalı karma yemlere ilave edilen bazı doğal ve sentetik renk maddelerinin yumurta sarısının rengi ve verim üzerine etkileri. *Tr. J. of Veterinary and Animal Sci.* 23:9-14.
- KIRKPINAR, F. VE ERKEK, R., 2000. Yem Katkı Maddeleri Kullanımı, Gelişmeler, Sorunlar. *International Animal Nutrition Congress.* 4-6 Eylül Isparta, 286-293.
- LAI, S. M., GRAY, J. I., FLEGAL, C. J. AND COOPER, T., 1996. Deposition of carotenoids in eggs from hens fed diets containing saponified and unsaponified oleoresin paprika. *J. Sci. Food Agric.*, 72:166-170.
- MARUSICH, W. L. AND BAUERNFEIND, J. C., 1981. Oxycarotenoid in poultry feeds. *Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors.* J. C. Bauernfeind ed., Academic Press Inc., New York, N. Y.
- MINITAB, 1990. Minitab reference manuel (release 10.1). Minitab Inc. State University. Michigan, USA.
- NYS, N., 2000. Dietary carotenoids and egg yolk coloration-a review. *Arch. Geflügelkund.*, 64:45-54.
- PEREZ-VENDRELL, A. M., HERNANDEZ, J. M., LLAURADO, L., SCHIERLE, J. AND BRUFAU, J., 2001. Influence of source and ratio xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poultry Sci.*, 80:320-326.
- PHILIP, T., WEBER, C. W. AND BERRY, J. W., 1976. Utilization of lutein and lutein-fatty acid esters laying hens. *J. Food Sci.*, 41:23-25.
- SALUNKHE, D. K., CHAVAN, J. K., ADSULE, R. N. AND KADAM, S. S., 1992. World Oilseeds Chemistry, Technology and Utilization. Safflower, 326-363. Van Nostrand Reinhold, NY.
- SCHAEFFER, J. L., TYCZKOWSKI, J. K. AND HAMILTON, P. B., 1987. Alteration in carotenoid metabolism during ochratoxigenesis in young broiler chickens. *Poultry Sci.*, 66(2):318-324.
- SCHAEFFER, J. L., TYCZKOWSKI, J. K. AND PARKHURST, C. R., 1988. Carotenoid composition of serum and egg yolks of hens fed diets varying in carotenoid composition. *Poultry Sci.*, 67:608-614.
- SCHIEDT, K., 1988. Absorption and metabolism carotenoids in birds, fish and crustaceans. Pages 285-358 in: *Biosynthesis and Metabolism Carotenoids.* Vol. 3. G. Britton, S. Liaaen-Jensen and H. Pfander, ed. Birkhäuser Verlag, Basel, Switzerland.
- TYCZKOWSKI, J. K. AND HAMILTON, P. B., 1986a. Lutein as model hydroxycarotenoid for the study of pigmentation in chickens. *Poultry Sci.*, 65:1141-1145.
- TYCZKOWSKI, J. K. AND HAMILTON, P. B., 1986b. Absorption, transport and deposition in chickens of lutein diesters a carotenoid extracted from marigold petals. *Poultry Sci.*, 65:1526-1531.
- TYCZKOWSKI, J. K. AND HAMILTON, P. B., 1991. Preparation of purified lutein and its diesters from extracts of marigold. *Poultry Sci.*, 70:651-654.