



Etlık Piliç Rasyonuna İlave Edilen Fukoksantinın Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkisi

Recep Gümüş*, Halit İmik

¹Cumhuriyet Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, 58140 Sivas, Türkiye

²Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, 25240 Yakutiye/Erzurum, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş 23 Ağustos 2017
Kabul 10 Ekim 2017

Anahtar Kelimeler:

Etlık piliç
Fukoksantin
Lipit profili
Metabolik parametreler
Serum

*Sorumlu Yazar:

E-mail: recepgumus58@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışma, etlik piliç rasyonuna ilave edilen fukoksantinın serumda lipid profili ve bazı metabolik parametreler üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada toplam 180 adet günlük erkek civciv (Ross 308) kullanılmıştır. Deneme 42 gün sürdürülmüştür. Gruplandırma Kontrol (K), F1 ve F2 grupları şeklinde yapılmıştır ve gruplara bazal rasyona ilave olarak sırasıyla 0, 100 ve 200 mg/kg rasyon fukoksantin katılmıştır. Biyokimyasal analizler çalışmanın sonunda (43. gününde) her gruptan 10 adet hayvandan alınan serum numunelerinde yapılmıştır. Fukoksantin uygulamasının sadece F2 grubunda serum trigliserit (TG) seviyesini arttırdığı, total kolesterol (TK), yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol (HDL-K) ve düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol (LDL-K) seviyelerini etkilemediği tespit edilmiştir. Serum glikoz, kalsiyum, fosfor ve magnezyum seviyelerinin tüm gruplarda benzer olduğu belirlenmiştir. F2 grubunun total protein ve albümin seviyeleri K grubuna benzer olurken F1 grubuna göre önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca F2 grubunun ürik asit seviyesinin K grubuna göre önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak fukoksantinın serum parametrelerini sınırlı düzeyde etkilediği görülmüştür.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 5(11): 1379-1382, 2017

Effect of Dietary Fucoxanthin Supplementation on Some Blood Parameters in Broilers

ARTICLE INFO

Research Article

Received 23 August 2017
Accepted 10 October 2017

Keywords:

Broiler
Fucoxanthin
Lipid profile
Metabolic parameters
Serum

*Corresponding Author:

E-mail: recepgumus58@hotmail.com

ABSTRACT

In this study, the effect of dietary fucoxanthin on the serum lipid profile and some metabolic parameters was investigated. In the study, one day old 180 male broilers were used. The experiment lasted 42 days. Chicks were assigned to 1 control group (C) and 2 trial groups (F1 and F2) of 60 animals. Groups C, F1 and F2 were fed on a basal diet supplemented with 0, 100 and 200 mg/kg of fucoxanthin, respectively. At the end of study (day 43), blood samples were collected from jugular vein of the ten animals per group, for use in biochemical analyses. It was determined that fucoxanthin administration increased triglyceride levels only in the F2 group but, it was not affect total cholesterol (TC), high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) and low density lipoprotein cholesterol (LDL-C) levels. Serum glucose, calcium, phosphorus, and magnesium levels were similar in all groups. While total protein and albumin levels of the F2 group were similar to the C group, significantly decreased compared to the F1 group. Also, It was determined that the level of uric acid of the F2 group was significantly lower than that of the C group. As a result, it was seen that fucoxanthin had a limited effect on serum parameters.

Giriş

Fukoksantinler kahve renkli deniz yosunundan elde edilen karotenoid ailesinin bir üyesi olup karotenoid üretiminin yaklaşık olarak %10'unu karşılamaktadırlar (Matsuno, 2001). Karotenoidler yaygın olarak yüksek bitkilerde, bazı mikroorganizmalarda ve deniz yosunlarında bulunan, onlara doğal renklerini veren pigmentler olup güçlü antioksidan aktiviteye sahiptirler (Stahl ve Sies, 2005; Pérez-Gálvez ve Mínguez-Mosquera, 2005). Karotenoid ailesinin 600'dan fazla renk pigmenti içerdiği bilinmektedir (Armstrong, 1997). Deniz yosunları da içerdiği pigmentlere göre kahverengi (*Phaeophyta*), kırmızı (*Rhodophyta*) ve yeşil (*Chlorophyta*) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Miyashita ve ark., 2013). Kahverengi yosunlar, deniz yosunlarının en büyük ikinci grubu olup antioksidan, antimikrobiyal, antikoagülan, anti-trombotik ve anti-inflamatuar etkileri nedeniyle biyomedikal alanlarda (gıda, ilaç, kozmetik, gübre, yem ve biyoenerji) yaygın olarak kullanılmaktadır (Synytsya ve ark., 2010; Eom ve ark., 2012; Jang ve ark., 2012). Yine kahverengi deniz yosunlarının içerdiği lipidler omega-3, omega-6, araşidonik asit, fukoksanthin, fukosterol ve bazı polifenoller gibi birçok biyoaktif bileşiği kapsamaktadır (Miyashita ve ark., 2011). Bu bileşikler arasında, fukoksantin önemli bir karotenoid kaynağı olup ayrıca benzersiz moleküler yapısı sayesinde antioksidan aktivite başta olmak üzere çeşitli fizyolojik etkilere sahip olduğundan nutrasötik (besleyici ve sağlık üzerine yararlı) bileşik olarak kabul edilmektedir (Miyashita ve ark., 2011; Eom ve ark., 2012).

Fukoksantin kanser, hipertansiyon, obezite ve inflamasyona karşı güçlü antioksidan özelliğe sahip olduğunun anlaşılması üzerine son zamanlarda oldukça dikkat çekmektedir (Hosokawa ve ark., 2009; Quitain ve ark., 2013). Benzersiz bir allenik bağa sahip olan fukoksantin ve metabolitlerinin karaciğer ve adipoz dokuda yağ birikimini azalttığı ancak lutein, lutein epoksit ve β -karoten gibi bazı allenik olmayan karotenoidlerin bu tür etkilerinin olmadığı belirtilmiştir (Okada ve ark., 2008; Yim ve ark., 2011). Fukoksantin uygulanan farelerin plazma ve karaciğerinde trigliserid konsantrasyonlarının ve kolesterolü düzenleyen enzimlerden 3-hidroksi-3-metilglutaril koenzim A redüktaz ve açıl koenzim A'nın aktivitelerinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Woo ve ark., 2009; Jeon ve ark., 2010).

Fukoksantinler ile ilgili olarak daha çok deney hayvanları üzerinde çalışmalar yapılmış ancak kanatlı hayvanlar üzerindeki etkileri yeterince araştırılmamıştır. Bu çalışmada etlik piliç rasyonuna farklı düzeylerde fukoksantin ilave edilerek serumda lipit profili ve bazı metabolik parametreler üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Hayvanlar, Deneme Düzeni ve Yem

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Hayvan Denepleri Yerel Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır.

(Karar No: 2016/71). Çalışma Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvancılık Araştırma ve Uygulama Biriminde yürütülmüştür. Toplam 180 adet günlük yaşta etlik piliç civcivi (Ross 308) herbirinde 60 adet olmak üzere 4 tekerrürlü 3 gruba [Kontrol (K), F1 ve F2] ayrılmıştır. Çalışmada F1 ve F2 gruplarının bazal rasyonuna sırasıyla 100 ve 200 mg/kg rasyon olmak üzere Fukoksantin (ThinOgen™: orijin; *Laminaria japonica*, standart; %5 fukoksantin yağı, BBG Company, USA) ilave edilmiştir. Çalışma süresince tüm gruplara konfor sıcaklığı (ilk 3 gün 33°C, sonra sıcaklık kademeli olarak azaltılarak 14. günde 22°C'de sabitlendi ve çalışmanın sonuna kadar bu sıcaklık korundu) uygulanmıştır. Çalışmada her alt grup 100×55×35 cm ölçülerine sahip üç katlı kafeslerde barındırılmıştır. Çalışmada kullanılan bazal rasyonun içeriği ve kimyasal kompozisyonu NRC (1994) tavsiyelerine göre ayarlanmıştır. Hayvanlara yem ve su *ad libitum* olarak verilmiştir. Çalışma sonunda yemlikler saat 21:00'da kaldırılarak hayvanların 12 saat aç kalması sağlanmıştır.

Gruplara 1-21 günler arası başlangıç rasyonu, 22-42 günlerde ise büyütme-bitirme rasyonu verilmiştir (Çizelge 1).

Biyokimyasal Analiz: Çalışmanın sonunda (43. gün) her gruptan rastgele seçilen 10 adet hayvan (12 saat açlık) kesilmiştir ve vena jugularisten kan örnekleri alınarak biyokimyasal analizlerde kullanılmıştır. Kan örnekleri 6 ml hacmindeki serum tüplerine (Vacusera-Disera, Türkiye) toplanmıştır ve daha sonra soğuk santrifüjde (Hettich 38R, Hettich Zentrifugen, Tuttlingen, Germany) +4°C'de ve 4000 rpm'de 10 dakika santrifüje tabi tutulmuştur. Elde edilen serum örnekleri analiz yapılabildiği kadar -80°C'de saklanmıştır.

Çizelge 1 Etlik piliçlere verilen bazal rasyonların içeriği

Rasyonun İçeriği	Başlangıç (1-21 gün)	Büyütme-Bitirme (22-42 gün)
İçindekiler, g/kg		
Mısır	514,6	562,0
Soya unu	393,5	316,5
Soya yağı	31,8	66,0
Dikalsiyum fosfat	21,1	17,3
Buğday kepeği*	15,0	15,0
Kalsiyum karbonat	9,6	8,6
Sodyum bikarbonat	2,8	2,7
Tuz	2,7	2,8
Vit-Min. karışımı**	5	5
DL-metiyonin	2,4	2,6
L-lizin HCL	0,8	0,6
L-treonin	0,7	0,9
Hesaplanan analiz değerleri		
Metabolik enerji, MJ/kg	12,22	13,40
Ham protein, %	22,21	19,21
Yararlanılabilir P, %	0,64	0,56

* Fukoksantin katılan gruplarda katıldığı miktar buğday kepeğinden düşülmüştür. ** Vitamin-mineral karışımı (her kg için): vitamin A, 3.600.000 U; vitamin D3, 800.000 U; vitamin E, 7200 U; vitamin K3, 800 mg; tiamin, 720 mg; riboflavin, 2640 mg; kalsiyum pantotenat, 4000 mg; niasin, 12.000 mg; piridoksin, 1200 mg; folik asit, 400 mg; vitamin B₁₂, 6 mg; biyotin, 40 mg; kolin, 100.000 mg; Mn, 39680 mg; Fe, 20000 mg; Zn, 33880 mg; Cu, 4000 mg; I, 400 mg; Se, 80 mg.

Serumda, total kolesterol (TC), trigliserit (TG), yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol (HDL-C), düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol (LDL-C), ürik asit, total protein, albümin, glikoz kalsiyum, fosfor ve magnezyum seviyeleri ticari kitler kullanılarak otomatik analizörde (Mindray BS-200, P.R. China) ölçülmüştür.

İstatistik analiz: Elde edilen veriler SPSS 20 (SPSS, 2011) paket programında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıklar için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak istatistiksel önemlilikler belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Serum parametreleri ile ilgili veriler Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’ye bakıldığında rasyona fukoksantin ilavesinin serumda lipit profili olarak TK, HDL-K ve LDL-K seviyelerini etkilemediği, TG seviyesini ise sadece F2 grubunda önemli seviyede arttırdığı belirlenmiştir. (P<0,05). Yine fukoksantin uygulanan grupların serum glikoz, kalsiyum, fosfor ve magnezyum seviyeleri K grubuna benzer olduğu tespit edilmiştir. (P>0,05) (Çizelge 2). F2 grubunun total protein ve albümin seviyeleri K grubuna benzer olurken F1 grubuna göre önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. (P<0,05) (Çizelge 2). Ayrıca F2 grubunun ürik asit seviyesinin K grubuna göre önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. (P<0,05) (Çizelge 2).

Hayvanların tükettikleri yem maddelerini değerlendirmelerinde birçok faktörün etkili olduğu bilinmektedir. Nitekim yemin yapısında bulunan besin maddelerinin daha iyi metabolize olması istenen bir sonuçtur. Yemlerin yapısındaki besin maddelerinin metabolize olması hayvanın ırkı, yaşı, verim özelliği, sağlık durumu vb. gibi birçok faktörlerin yanında yeme

ilave edilen katkı maddelerine de bağlı olarak da değişebilmektedir.

Kolesterol plazma membranlarının ve lipoproteinlerin temel bir bileşeni olup ayrıca kortikosteroidlerin, cinsiyet hormonlarının ve safra asitlerinin öncüsüdür. Kan ve dokulardaki kolesterol seviyeleri, biyosentez ve katabolizma reaksiyonları arasında sırasıyla 3-hidroksi-3-metil-glutaril-CoA (HMG-CoA) redüktaz ve kolesterol 7 α -hidroksiraz (CYP7A1) enzim aktiviteleri tarafından oluşturulan bir denge ile düzenlenmektedir (Woo ve ark., 2009; Beppu ve ark., 2012). Bu çalışmada rasyona katılan fukoksantin 100 ve 200 mg/kg dozunun serumda TK, HDL-K ve LDL-K seviyeleri üzerine etkisinin olmadığı, 200 mg/kg dozunun ise TG seviyesini önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu bulgulardan farklı olarak yapılan bazı çalışmalarda fukoksantin trigliserit seviyesini düşürdüğü bildirilmiş olmasına rağmen bu etkisini hangi mekanizma üzerinden yaptığı tam olarak açıklanamamıştır (Woo ve ark., 2010; Ha ve Kim, 2013). Yine farelerde yapılan çalışmada rasyona ilave edilen %0,2 dozundaki fukoksantin serumda TK ve HDL-K seviyelerini önemli oranda arttırdığı ancak hepatik kolesterol düzeyini ise düşürdüğü tespit edilmiştir (Beppu ve ark., 2012). Yine oral fukoksantin uygulamasının farelerde TK düzeyini arttırdığı belirtilmiştir (Kadekaru ve ark., 2008; Beppu ve ark., 2009). Buna karşılık, Woo ve ark. (2010) fukoksantin (yemde 0,05 ve %0,2) yüksek yağ içeren yem ile beslenen farelerde plazma kolesterol ve triaçilgliserol düzeylerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bu çalışmada ve diğer yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara bakıldığında fukoksantin kolesterol seviyesi üzerine etkisi tam olarak belirgin olmayıp, kolesterol taşınım ve metabolizması üzerine etkilerini daha ayrıntılı olarak ortaya çıkarmak için yeni araştırmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 2 Etlik piliç rasyonuna ilave edilen fukoksantin serumda lipit profili ve bazı metabolik parametreler üzerine etkisi.

Parametreler	Gruplar			P değeri
	K	F1	F2	
Glikoz, mg/dL	259,88±6,03	238,25±7,83	245,44±9,51	0,191
Total Protein, g/dL	2,94±0,05 ^{ab}	3,51±0,37 ^a	2,72±0,11 ^b	0,038
Albümin, g/dL	1,04±0,02 ^{ab}	1,09±0,04 ^a	0,93±0,05 ^b	0,024
Ürik asit, mg/dL	5,16±0,65 ^a	3,91±0,22 ^{ab}	3,41±0,37 ^b	0,031
Kalsiyum, mg/dL	9,84±0,19	10,14±0,17	11,46±1,02	0,190
Fosfor, mg/dL	5,99±0,14	6,05±0,20	6,66±0,45	0,255
Magnezyum, mg/dL	2,00±0,04	2,22±0,10	2,96±0,20	0,101
Lipid Profili, mg/dL				
TK	110,75±3,90	112,00±6,92	106,00±5,50	0,720
TG	28,63±3,50 ^b	41,50±3,89 ^{ab}	48,67±7,81 ^a	0,040
HDL-K	79,63±2,60	79,25±15,76	76,33±3,06	0,803
LDL-K	46,38±2,26	50,13±2,97	43,22±3,62	0,296

^{a, b}: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir (*: P<0,05). Kontrol; sadece bazal rasyon, F1; bazal rasyon + 100 mg/kg rasyon fukoksantin, F2; bazal rasyon + 200 mg/kg rasyon fukoksantin. TK; total koelsterol, TG; trigliserit, HDL-K; yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol, LDL-K; düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol.

Kan glikoz seviyesinin hepatik glukonejik enzim aktiviteleri ile pozitif yönde ilişkisinin olduğu, ancak hepatik glukokinaz aktivitesi ile negatif ilişkisinin olduğu ve fukoksantin hepatik glukokinaz/glukoz-6-fosfataz ve glikojen içeriğini artırarak insülin direncini azaltabileceği bildirilmiştir (Park ve ark., 2011). Iwasaki ve ark. (2012)’ da farelerin diyetine katılan %0,1 düzeyindeki fukoksantin kan glikoz seviyesini önemli ölçüde düşürdüğünü bildirmişlerdir. Yine fukoksantin

diyabetik/obez farelerde hiperglisemiyi düzenlediği belirtilmiştir (Hosokawa ve ark., 2010). Ancak bu çalışmada fukoksantin serum glikoz seviyesini matematiksel olarak düşürmesine rağmen istatistiksel olarak etkilemediği, bu durumda çalışmada rasyona katılan doz ve hayvan türünden kaynaklı olabileceği söylenebilir. Rasyona katılan 100 mg/kg fukoksantin serumda total protein ve albümin seviyelerini arttırırken, 200 mg/kg dozun düşürdüğü belirlenmiştir. Bu sonuçlar

fukoksantin yüksek dozunun protein metabolizması üzerine etkisinin daha belirgin olduğu anlamına gelebilir. Yapılan çalışmalarda tavuklarda serum ürik asit seviyesinin normal tavuklarda 5 mg/dL, hastalıklı hayvanlarda ise 8,3 mg/dL olduğu belirtilmiştir (Ley ve ark., 1983). Ayrıca fukoksantin amino asit metabolizmasının son ürünü olan ürik asit metabolizması üzerine etkisi dikkat çekicidir. Bu çalışmada ürik asit seviyesinin F2 grubunda (3,41 mg/dL) K grubuna (5,16 mg/dL) göre önemli seviyede azaldığı belirlenmiştir. Kanatlılarda ürik asit amino asit metabolizmasının son ürünü olduğu için (Panigrahy ve ark., 1986) bu hayvanlar tarafından alınan proteinlerin daha iyi değerlendirildiği belirtilebilir. Fukoksantin mineral metabolizması üzerine etkilerini gösteren çalışmalara literatürde rastlanılmamakla birlikte diyetle alınan fukoksantin osteoporoz ve romatoid artrit gibi kemik hastalıklarının önlenmesinde etkili olduğu belirtilmektedir (Kim ve Pangestuti, 2011). Özellikle osteoporoz hastalığında kalsiyum ve emilimi oldukça önemli olup bu çalışmada da kullanılan fukoksantin dozu ile paralel olarak serum kalsiyum, fosfor ve magnezyum seviyelerinde istatistiksel olmasa da rakamsal bir artışın olması önemli olarak söylenebilir.

Sonuç

Broyler rasyonuna katılan fukoksantin 200 mg/kg dozunun serumda trigliserit, total protein, albümin, ürik asit seviyelerine etkisinin 100 mg/kg katılan dozuna göre daha etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca 100 mg/kg dozunun ise etkisinin ise değişken olduğu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar neticesinde yem katkı maddesi olarak kullanılan fukoksantin etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğu söylenebilir.

Kaynaklar

- Armstrong GA. 1997. Genetics of eubacterial carotenoid biosynthesis: a colorful tale. *Annu. Rev. Microbiol.*, 51(1): 629-659.
- Beppu F, Niwano Y, Tsukui T, Hosokawa M, Miyashita K. 2009. Single and repeated oral dose toxicity study of fucoxanthin (FX), a marine carotenoid, in mice. *J. Toxicol. Sci.*, 34(5): 501-510.
- Beppu F, Hosokawa M, Niwano Y, Miyashita K. 2012. Effects of dietary fucoxanthin on cholesterol metabolism in diabetic/obese KK-A y mice. *Lipids Health Dis.*, 11(1): 112.
- Eom SH, Kim YM, Kim SK. 2012. Antimicrobial effect of phlorotannins from marine brown algae. *Food Chem. Toxicol.*, 50(9): 3251-3255.
- Ha AW, Kim WK. 2013. The effect of fucoxanthin rich power on the lipid metabolism in rats with a high fat diet. *Nutr. Res. Pract.*, 7(4): 287-293.
- Hosokawa M, Okada T, Mikami N, Konishi I, Miyashita K. 2009. Bio-functions of marine carotenoids. *J. Food Sci Biotechnol.*, 18(1): 1-11.
- Hosokawa M, Miyashita T, Nishikawa S, Emi S, Tsukui T, Beppu F, Miyashita K. 2010. Fucoxanthin regulates adipocytokine mRNA expression in white adipose tissue of diabetic/obese KK-Ay mice. *Arch. Biochem. Biophys.*, 504(1): 17-25.
- Iwasaki S, Widjaja-Adhi MAK, Koide A, Kaga T, Nakano S, Beppu F, Miyashita K. 2012. In vivo antioxidant activity of fucoxanthin on obese/diabetes KK-A y mice. *Food Nutr. Sci.*, 3(11): 1491-1499
- Jang SS, Shirai Y, Uchida M, Wakisaka M. 2012. Production of mono sugar from acid hydrolysis of seaweed. *Afr. J. Biotechnol.*, 11(8): 1953-1963.
- Jeon SM, Kim HJ, Woo MN, Lee MK, Shin YC, Park YB, Choi MS. 2010. Fucoxanthin-rich seaweed extract suppresses body weight gain and improves lipid metabolism in high-fat fed C57BL/6J mice. *Biotechnol. J.*, 5(9): 961-969.
- Kadekaru T, Toyama H, Yasumoto T. 2008. Safety evaluation of fucoxanthin purified from *Undaria pinnatifida*. *J. Jpn. Soc. Food Sci.*, 55 (6): 304-308.
- Kim SK, Pangestuti R. 2011. 9 Biological activities and potential health benefits of fucoxanthin derived from marine brown algae. *Adv. Food Nutr. Res.*, 64: 111.
- Ley DH, Yamamoto R, Bickford AA. 1983. The pathogenesis of infectious bursal disease: serologic, histopathologic, and clinical chemical observations. *Avian Dis.* 27: 1060-1085.
- Matsuno T (2001). Aquatic animal carotenoids. *Fish. Sci.*, 67: 771-783.
- Miyashita K, Nishikawa S, Beppu F, Tsukui T, Abe M, Hosokawa M. 2011. The allenic carotenoid fucoxanthin, a novel marine nutraceutical from brown seaweeds. *J. Sci. Food Agr.*, 91(7): 1166-1174.
- Miyashita K, Mikami N, Hosokawa M. 2013. Chemical and nutritional characteristics of brown seaweed lipids: A review. *J. Func. Foods.*, 5(4): 1507-1517.
- NRC. 1994. National research council. Nutrient requirements of poultry. 9th rev.ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Okada T, Nakai M, Maeda H, Hosokawa M, Sashima T, Miyashita K. 2008. Suppressive effect of neoxanthin on the differentiation of 3T3-L1 adipose cells. *J. Oleo Sci.*, 57(6): 345-351.
- Quitain AT, Kai T, Sasaki M, Goto M. 2013. Supercritical carbon dioxide extraction of fucoxanthin from *Undaria pinnatifida*. *J. Agr. Food Chem.*, 61(24): 5792-5797.
- Panigrahy B, Rowe LD, Corrier DE. 1986. Haematological values and changes in blood chemistry in chickens with infectious bursal disease. *Res. Vet. Sci.*, 40(1): 86-88.
- Park HJ, Lee MK, Park YB, Shin YC, Choi MS. 2011. Beneficial effects of *Undaria pinnatifida* ethanol extract on diet-induced-insulin resistance in C57BL/6J mice. *Food Chem. Toxicol.*, 49(4): 727-733.
- Pérez-Gálvez A, Mínguez-Mosquera MI. 2005. Esterification of xanthophylls and its effect on chemical behavior and bioavailability of carotenoids in the human. *Nutr. Res.*, 25(7): 631-640.
- SPSS. 2011. Statistical packages for the social sciences, 20 ed. IBM Inc., Chicago.
- Stahl W, Sies H. 2005. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. *BBA-Mol. Basis Disease.*, 1740(2): 101-107.
- Synnytsya A, Kim WJ, Kim SM, Pohl R, Synnytsya A, Kvasnička F, Park YI. 2010. Structure and antitumour activity of fucooidan isolated from sporophyll of Korean brown seaweed *Undaria pinnatifida*. *Carbohydr. Polym.*, 81(1): 41-48.
- Woo MN, Jeon SM, Shin YC, Lee MK, Kang M, Choi MS. 2009. Anti-obese property of fucoxanthin is partly mediated by altering lipid-regulating enzymes and uncoupling proteins of visceral adipose tissue in mice. *Mol. Nutr. Food Res.*, 53(12): 1603-1611.
- Woo MN, Jeon SM, Kim HJ, Lee MK, Shin SK, Shin YC, Choi MS. 2010. Fucoxanthin supplementation improves plasma and hepatic lipid metabolism and blood glucose concentration in high-fat fed C57BL/6N mice. *Chem. Biol. Interact.*, 186(3): 316-322.
- Yim MJ, Hosokawa M, Mizushima Y, Yoshida H, Saito Y, Miyashita K. 2011. Suppressing effects of amarouciaxanthin A on 3T3-L1 adipocyte differentiation through down-regulation of PPAR γ and C/EBP α mRNA expression. *J. Agr. Food Chem.*, 59(5): 1646-1652.