

Effects of diet with brown algae on the quality characteristics of eggs

Kil-Suk Jo

Department of Food Processing and Distribution, College of Life Science,
Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

갈조류 첨가 사료로 식이한 산란계 계란의 품질 특성

조길석

강릉원주대학교 생명과학대학 식품가공유통학과

Abstract

This study was performed to determine the effect of brown algae on the egg quality of laying hens fed a non-supplemented diet (Control) and a diet supplemented with 10% *Undaria pinnatifida* (A), *Laminaria religiosa* (B), and *Hijikia fusiforme* (C), respectively. Isa Brown (28 weeks old) were raised for 8 weeks. The darkness, redness, and blueness of the egg yolks increased with the addition of brown algae, especially *Undaria pinnatifida* (A). The fucoxanthin contents were observed to be only 21.3-34.8 mg% level in the brown algae but they were nearly traced in the egg yolks. Among the analyzed minerals, the Ca, Fe, K contents increased to 391.2, 6.3, and 450.5 mg%, respectively, but the amount of P was reduced to 110.5 mg%. The total mineral contents were higher in the egg yolk with *Hijikia fusiforme* (C) (1,155.1 mg%) than with any other supplement. The brown algae diet reduced the saturated fatty acid level from 38.3 to 32.1% but increased the unsaturated fatty acid level from 61.5 to 69.6% owing to the rise of the level of polyunsaturated fatty acids.

Key words : brown algae, egg quality, mineral, color, fatty acid

서 론

한국에서 생산되는 해조류는 연간 1,007,070 ton에 달하고 이 중 미역, 다시마, 톳 등 갈조류 3종의 생산량이 67%에 달한다(1). 이들 갈조류를 구성하는 성분은 단백질, 탄수화물, 무기질이 주성분인데, 단백질의 아미노산 조성은 콩, 어육 단백질과 유사하여 영양적으로 우수하며, 무기질 성분은 칼슘, 마그네슘, 유황, 요오드, 철 등이 풍부히 함유되어 있는 것이 특징이다. 이들 갈조류에는 다당류가 다량 함유되어 있는데 alginic acid, laminarin, fucoidan 등이 대표적이다(2,3). Alginic acid는 그 대표적인 다당류로 현재 점증제 등의 식품첨가물로 이용되고 있다. 또한 갈조류에는 중성 다당류인 laminarin과 황산기를 함유한 산성 다당류가 다량 함유되어 있는데 그 대표적인 함 황 산성 다당류는 fucoidan이다. Fucoidan은 모든 갈조류에 존재하는 수용성

다당류로서 함 황 다당류인 heparin과 그 구조 및 생리적 특성이 유사하여 항 혈액 응고 작용을 나타낼 뿐 아니라 항암작용 등 다양한 기능이 있다(4-6). 이 외에도 중금속배출작용, 장벽을 자극하기 때문에 정장작용 및 배변촉진 작용, 혈 중 콜레스테롤의 상승 억제작용, 혈당 상승 억제 및 인슐린 절약효과, 계면활성제 등의 기능 특성이 보고되고 있다(7-10). 또한 갈조류의 특징은 fucoxanthin 색소가 함유되어 있는데 이는 카로테노이드계 색소의 하나이고 식물이 빛을 통해 에너지를 생산하는 광합성 과정에서 핵심적인 역할을 한다. 지구상에는 약 600여종의 카로테노이드가 존재하는데, 최근 들어 활성산소로 인한 세포의 손상과 노화에 대한 이론이 정립되면서 관심을 받기 시작하였다. 즉 산소와 결합하기 쉬운 카로테노이드가 우리 신체에서 생성되는 해로운 산소원자인 활성산소와 반응함으로써 이를 무해하게 만들어 준다. 이런 카로테노이드는 식물에서만 생성되는 물질이기 때문에, 우리는 음식으로 이를 섭취할 수밖에 없는데, fucoxanthin은 일반 식물에서 발견되는 다양한 색소 중에서 가장 그 효과가 큰 것으로 알려져 있다

*Corresponding author. E-mail : ksjo@gwnu.ac.kr
Phone : 82-33-640-2339, Fax : 82-33-640-2339

(11-15). Fucoxanthin의 기능으로는 항산화작용과 종양세포 치사작용(apoptosis 작용), 신생혈관 억제작용, 항당뇨병작용 등과 우리 몸의 신진대사를 활발하게 하고 생체 밸런스를 잡아주는 독특하고 다양한 생리활성효과를 갖고 있다(16,17). Fucoxanthin이 주목을 받게 된 것은 지방을 태워 비만을 예방해 주는 효과가 있는데, 백색 지방세포, 특히 내장 지방 세포의 생성을 억제하고 이를 감소시키는 역할을 한다(18,19).

한편 식생활의 고급화, 다양화와 더불어 계란의 소비는 꾸준히 증가하여 우리나라 양계산업의 양적인 성장을 가져왔다고 할 수 있다. 그러나 최근의 조류 인플루엔자, 사스 등 양계산업과 관련된 일련의 변화를 경험한 소비자들은 보다 더 양질의 계란을 요구하는 경향이다. 양질의 계란을 생산하기 위한 연구로는, Kim(20)은 우렁쉥이 껍질 첨가가 계란 품질에 미치는 영향의 연구에서 우렁쉥이는 합성 착색제(carophyll red)를 대체 할 수 있을 뿐 아니라 난각의 강화제로서의 가능성을 보고하였다. 또한 Kim 등(21)의 양계 사료에 성체 껍질을 첨가한 연구와 Lee 등(22,23)의 목초액을 첨가 식이한 연구에서 칼슘이 강화된 계란을 얻을 수 있을 뿐 아니라 DHA가 높게 나타났다는 연구 결과도 있다. 한편 Sung 등(24)은 산란계의 키토산의 급여효과의 연구에서, Lee 등(25)은 최 추출물 급여가 계란의 저장성 및 혈청 콜레스테롤 수준에 미치는 효과의 연구에서, 그리고 Park(26)은 베타 사이클로덱스트린을 식이한 산란계 연구에서 이들 사료 첨가는 난황의 콜레스테롤 함량을 낮추어 주는 역할을 한다고 보고한바 있다. 최근 Jo(27)는 일반 양계사료에 녹차 분말을 첨가한 혼합 사료를 산란계에 식이한 연구결과에서 계란 흰자의 Ca 이온은 2.9배, Fe 이온은 3.4배 증가하였다고 하였고, 포화지방산은 32.0%에서 27.4%으로 감소하고, 불포화지방산은 68.0%에서 72.6%으로 증가하는 경향이었다고 하였다.

본 연구는 미역, 다시마, 톳 등 갈조류 3종의 첨가 사료가 산란계 계란의 품질에 미치는 영향을 확인하기 위하여 난황의 색깔, fucoxanthin 함량, 무기질 함량 및 지방산 조성을 분석하였다.

재료 및 방법

재 료

산란계용 일반사료는 황성 지역의 A사에서 생산되는 것을 사용하였다. 또한 일반사료에 첨가할 미역, 다시마, 톳 등 해조류 3종은 전라남도 남해 연안에서 양식된 것을 2013년 6월 20일 원주 중앙시장에서 구입한 다음 담수에 1시간 불린 후 5분간 수세하여 과량의 소금을 제거하였다. 수세한 해조류는 40~60℃로 유지되는 송풍식 건조기에서 건조하고 100~120 mesh로 분쇄한 후, 산란계용 일반사료에 각

10% (w/w) 단위로 첨가하였다. 혼합한 사료 분말은 산란계의 식이 효율성을 높이기 위해 밀가루 풀을 혼합한 다음 2~3 mm 크기로 과립화(밀가루 0.9~1.1% 함유, 함유량: 9.3~9.8%)한 후 산란계용 사료로 사용하였다. 한편 산란계 (Isa Brown)는 28주령 100마리를 원주시 귀래면 소재 귀래농장에서 사육된 것을 사용하였다.

사육방법

산란계는 28주령된 Isa Brown 100마리를 사용하였는데, 4가지 시험구(대조구 포함)로 하여 각 시험구 당 25마리씩을 1개 케이지에서 사육하였다. 제조된 4가지 실험용 사료는 1일 당 3회로 식이 하였고, 1회 사료 양은 1마리 당 43~45 g(96±5% intake) 씩을 식이 하였다. 분석용 계란은 사육 후 8주째의 마지막 날 오전 11시 경에 각 시험구별로 10개씩 무작위로 채취하여 사용하였다.

일반성분

일반성분은 AOAC 방법(28)으로 분석하였다. 즉, 수분은 105℃ 상압가열건조법으로, 조단백질은 Kjeldahl 법으로, 조지방은 Soxhlet 법으로, 조회분은 550℃에서 직접회화법으로 분석하였다. 탄수화물함량은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 값을 뺀 것으로 산정 하였다.

무기질 분석

무기질 성분은 유도결합 플라즈마 원자방출분광법을 이용하여 측정하였다(29). 즉 과립분말 2 g를 도가니에 넣고 전열기에서 예비 가열시킨 후 550℃의 전기 회화로에서 6시간 회화시킨 다음 방랭 하였다. 여기에 탈 이온 수 10방울을 가하고 묽은 질산(1:1) 4 mL를 넣은 다음 다시 전열기에서 수분을 제거시키고 550℃의 전기 회화로에서 1시간 회화, 방랭 하였다. 여기에 묽은 염산(1:1) 10 mL를 첨가한 다음 이를 50 mL정용플라스크에 옮겨 탈 이온 수로 정용, 여과하여 유도결합 플라즈마 원자방출 분광법(ICP-AES, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer, Jobin Yvon JY138 Ultrace, France)으로 분석하였다. 각 무기질의 검출과장은 Ca: 393.366, Mg: 279.553, Fe: 238.204, K: 766.491, P: 213.618, Mn: 257.610, Zn: 213.856, Na: 588.996 nm으로 하였다.

난황의 표면색깔 측정

계란의 색깔은 Hunter scale에 의한 L, a, b 및 ΔE 값(Color difference meter, CM-3500d, Minolta Co., Japan)으로 나타내었다.

Fucoxanthin 분석

미역, 다시마, 톳 등 갈조류 3종과, 이를 기존 양계 사료에 각 10%씩 혼합한 혼합사료 및 난황 중의 fucoxanthin 함량은

Shin 등(11)의 방법에 준하여 분석하였다. 즉, 난황은 진공 동결건조(Labconco #79340-00, Labconco Co., USA)한 것을, 그리고 갈조류 3종 및 양계 혼합 사료는 그 자체를 각각 100~120 mesh으로 분쇄하여 사용하였다. 분쇄한 양계 사료 및 난황 분말에 99.5% 에틸알코올 5배량(w/v) 가하여 40°C에서, 3시간 추출하고, 10,000 rpm에서 10분간 원심분리(Allegra 64R, Beckman Coulter, USA)한 다음 그 상등액을 fucoxanthin 함량 분석용으로 사용하였다.

Fucoxanthin 함량 분석은 fucoxanthin 시약(Sigma-Aldrich Co., USA)을 99.5% 에틸알코올에 녹여 분광광도계(T60U, Sunil Eyela Co., Korea)를 사용하여 450 nm 파장에서 측정하고 fucoxanthin 검량곡선을 작성하였다. 이 검량곡선으로부터 사료 및 난황 중의 fucoxanthin 함량을 측정하였다.

지방산 분석

유리 지방산 조성은 Bligh 등(30)의 방법으로 추출, 분리한 지방질을 12.5% BF₃-methanol로 메틸화하여 GC로 분석하였다. 이때 분석 조건은 FID를 사용하는 캐필러리 컬럼(0.25 mmx30 m, SP-2380, USA)을 사용하였다. 관의 온도를 100°C에서 5분간 유지한 다음 분당 2.5°C 속도로 230°C까지 승온한 후 5분간 유지하였다. 시료 주입구 및 검출기의 온도는 각각 230°C 및 250°C 이었으며, 헬륨을 운반기체로 하여 매 분당 40 mL의 속도로 용출 하였다. 지방산의 정량은 적분계(HP 3396, HP, USA)로 구한 다음 총 지방산에 대한 백분율로 나타내었다.

통계처리

모든 실험 결과 값은 mean±SD으로 나타내었다. 통계처리는 SPSS(12.0, Chicago, IL, USA)을 이용하여 ANOVA 분석 후 p<0.05에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 유의성 검정을 하였다.

결과 및 고찰

양계 사료의 일반성분

실험에 사용된 양계사료의 조성은 시판 사료만으로 된 대조군과, 시판 사료에 미역, 다시마, 톳 분말을 각각 10% 첨가하여 A, B 및 C 혼합 사료를 제조하고 그 일반성분 함량을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 시판 사료만으로 구성된 대조군의 일반성분은 수분 9.8%, 단백질 19.0%, 지방질 4.8%, 탄수화물 53.4%, 회분 13.0%로서 탄수화물 함량이 50% 이상을 차지하고 한다. 또한 미역, 다시마, 톳을 혼합한 A, B 및 C사료의 일반성분 함량은 단백질 16.5~17.0%, 지방질 3.9~4.3%, 탄수화물 54.0~54.4%, 회분 15.4~15.9%로서 대조군에 비하여 단백질과 지방질 함량은 감소하는 경향이고, 탄수화물과 회분 함량은 증가하는 경향

으로 나타났으나, 갈조류가 첨가된 A, B, C상호간의 성분 함량 차이는 거의 없었다.

Table 1. Proximate composition of various diets

Diets ¹⁾	Compositions				
	Moisture	Crude Protein	Crude lipid	Nitrogen Free extract	Crude ash
Control	9.8±0.1 ²⁾	19.0±0.3 (21.1) ³⁾	4.8±0.3 (5.3)	53.4±1.5 (59.2)	13.0±0.5 (14.4)
A	9.3±0.1	17.0±0.5 (18.7)	3.9±0.3 (4.3)	54.4±2.3 (60.0)	15.4±0.8 (17.0)
B	9.7±0.3	16.7±0.7 (18.5)	4.1±0.1 (4.5)	54.1±2.1 (59.9)	15.4±0.6 (17.1)
C	9.3±0.1	16.5±0.4 (18.2)	4.3±0.3 (4.7)	54.0±1.7 (59.5)	15.9±0.5 (17.4)

¹⁾Control : 100% commercial diet for laying hen, A, B and C : mixed diet with 90% commercial feed and 10% *Undaria pinnatifida*, *Laminaria religiosa* and *Hijikia fusiforme*, respectively.

²⁾All values are expressed as means±standard deviation (n=5).

³⁾All values in parenthesis are expressed as dry basis.

난황의 색깔

갈조류 식이가 계란 난황의 표면색깔에 미치는 영향을 보기위해 난황의 색깔을 Hunter scale에 의한 L, a, b 및 ΔE값으로 측정하여 나타낸 결과는 Table 2와 같다. 시판 사료만으로 식이한 대조군의 L값은 58.90, a값은 16.60, b값은 34.88, ΔE값은 53.56이었고, 미역, 다시마, 톳 등 갈조류 3종을 첨가하여 식이한 혼합 사료구(A, B 및 C처리구)의 L값은 41.06~50.68, a값은 17.74~25.15, b값은 26.88~31.17, ΔE값은 57.77~66.09로 변화하여 갈조류 종류에 관계없이 해조류 3종을 첨가한 것이 시판 사료만으로 된 대조구 보다 L값, a값 및 ΔE값은 증가하고, b값이 감소하는 경향으로 나타나 전체적인 색깔은 적갈색으로 변화함을 알 수 있었다. 한편 갈조류 3종의 식이에 따른 난황 색깔변화를 보면 미역을 첨가하여 식이한 A처리구의 L값은 41.06,

Table 2. Surface color values of egg yolk from laying hen with different feeding

Diets ²⁾	Egg yolk			
	L ¹⁾	a	b	ΔE
Control	58.90±4.83 ^{a3)}	16.60±2.43 ^a	34.88±3.00 ^a	53.56±5.31 ^a
A	41.06±5.23 ^b	25.15±3.62 ^b	26.88±2.89 ^b	66.09±5.45 ^b
B	50.68±5.33 ^c	17.74±2.34 ^a	31.17±3.33 ^c	57.77±4.71 ^{ac}
C	47.34±4.34 ^c	19.66±2.06 ^a	29.44±3.33 ^{bc}	60.14±5.43 ^c

¹⁾L, lightness; a, a plus value indicates redness and a minus value greenness; b, a plus value indicates yellowness and a minus value blueness, and ΔE, total color difference. Standard values of L, a and b were 95.83, -0.13 and -0.12, respectively.

²⁾Control : 100% commercial diet for laying hen, A, B and C : mixed diet with 90% commercial feed and 10% *Undaria pinnatifida*, *Laminaria religiosa* and *Hijikia fusiforme*, respectively.

³⁾Mean values within a same column with different superscript letters were significantly different at p<0.05.

a값은 25.15, b값은 26.88, ΔE값은 66.09로서 다시마를 첨가한 B 및 톳을 첨가한 C처리구보다 현격하게 변화하여 가장 강한 적갈색을 나타냄을 알 수 있었다. 난황의 색깔은 계란 품질평가 인자 중의 하나로 알려져 있어 난황의 색깔을 개선하기 위한 연구가 시도되고 있다. 즉, 일반 양계장에서는 기본 사료에 인공 착색제인 carophyll red를 사료에 첨가하여 사용하고 있는 경향이다(31). 그러나 인공착색제는 사용 한계가 있어 이를 대체할 천연소재의 개발 연구가 수행되고 있는데, carotenoid계 색소 함량이 많은 우렁쉥이 껍질을 이용한 연구(20), 녹차를 이용한 연구(27) 등이 보고되고 있다. 이러한 일련의 연구들을 볼 때 갈조류에 함유된 carotenoid계 색소가 계란의 난황에 전이될 가능성이 있지 않을까 추정해 볼 수 있었다.

Table 3에는 산란계 혼합 사료에 사용된 갈조류 3종과, A, B 및 C 혼합 사료 및 난황에서의 fucoxanthin 함량을 측정하여 나타내었다. 원료 갈조류에서의 fucoxanthin 함량을 보면, 대조구인 일반사료에서 0.4 mg%, 미역에서 34.8 mg%, 다시마에서 21.3 mg%, 톳에서 23.8 mg%로 측정되었고, 갈조류가 첨가된 A, B 및 C 혼합사료 에서도 각각 10.8 mg%, 8.8 mg% 및 6.5 mg%로 측정되어 미역에서의 fucoxanthin 함량이 다시마, 톳의 경우보다 많이 함유되어

있었다. 그러나 난황에서의 fucoxanthin 함량은 각각 0.4 mg%, 1.6 mg%, 1.5 mg%, 1.5 mg%로 측정되어 갈조류를 식이 함으로서 fucoxanthin 함량은 0.4 mg%에서 1.5~1.6 mg%로 증가되는 경향이었는데 그 증가량은 대조구가 80%로 가장 높고, 미역이 14.8%로 가장 낮은 경향이었다. 또한 Table 2에서 갈조류 첨가 군에서 적갈색화가 일어나는 결과로 볼 때 갈조류의 적갈색인 fucoxanthin이 난황으로 전이되는 것으로 잠정 추정할 수 있었다. 그러나 본 연구에서 fucoxanthin 측정법은 알코올 추출물을 세부 전처리 없이 분광광도계로 450 nm 파장에서 분석하는 방법이고, 또 산란계 개체 간 차이, 식이량 등을 고려할 때 측정된 1.5~1.6 mg% 값으로는 fucoxanthin이 난황으로 전이되었다고 확신할 수 없다고 사료된다. 현재 보완 연구의 일환으로 HPLC/MS, NMR 등을 이용한 확인, fucoxanthin 대사산물과 난황 색깔과의 관계 등의 연구가 진행 중에 있다.

무기질 함량

갈조류로 식이한 계란 난황의 무기질 함량을 분석하여 나타낸 결과는 Table 4와 같다. 즉, 무기질 8종을 대상으로 그 함량을 조사한 결과 대조구의 Ca 값은 300.2 mg%, P 값은 199.4 mg%, Fe 값은 4.5 mg%, Na 값은 2.5 mg%, K 값은 350.8 mg%, Mg 값은 97.7 mg%, Zn 값은 3.4 mg%, Mn 값은 0.3 mg%로서 K 함량이 가장 많고, 다음이 Ca, P순이었다. 해조류가 첨가된 군(A, B 및 C처리구)의 Ca 값은 328.2~391.2 mg%, P 값은 110.5~149.5 mg%, Fe 값은 4.9~6.3 mg%, Na 값은 88.2~99.7 mg%, K 값은 402.2~450.5 mg%, Mg 값은 83.2~105.6 mg%, Zn 값은 2.5~3.4 mg%, Mn 값은 0.2~0.3 mg%로 나타나 해조의 종류에 관계 없이 해조를 첨가한 처리구가 대조구에 비하여 대체로 증가하고, P, Mg의 함량은 감소하는 경향으로 나타났으나, Na 함량은 2.5 mg%에서 99.7 mg%로 가장 크게 증가하였는데 이는 원료 갈조류에 다량의 Na이 함유되어 있기 때문이다(32). 한편 해조 갈조류 3종의 식이에 따른 난황 무기질함량 변화를 비교해 보면 톳을 첨가하여 식이한 C처리구가 미역을 첨가한 A처리구 및 다시마를 첨가한 B처리구보다 Ca

Table 3. Fucoxanthin contents in raw material, feeding and egg yolk of laying hen

Raw material	Fucoxanthin contents	Diets ¹⁾	Fucoxanthin contents (Dry basis, mg%)	
			Feeding	Yolk
Control	0.4±0.0 ²⁾	Control	0.5±0.0	0.4±0.0
<i>Undaria pinnatifida</i>	34.8±3.2	A	10.8±1.7	1.6±0.8
<i>Laminaria religiosa</i>	21.3±2.6	B	8.8±1.8	1.5±0.5
<i>Hijikia fusiforme</i>	23.8±4.1	C	6.5±1.1	1.5±0.8

¹⁾Control : 100% commercial diet for laying hen, A, B and C : mixed diet with 90% commercial feed and 10% *Undaria pinnatifida*, *Laminaria religiosa* and *Hijikia fusiforme*, respectively.

²⁾All values are expressed as means±standard deviation (n=5).

Table 4. Mineral composition of egg yolk from laying hen with different feeding

Diets ¹⁾	Mineral (Unit : mg%, dry basis)								Total
	Ca	P	Fe	Na	K	Mg	Zn	Mn	
Control	300.2±15.1 ²⁾	199.4±10.0	4.5±0.8	2.5±0.3	350.8±19.2	97.7±9.9	3.4±0.5	0.3±0.0	958.8±18.3 ³⁾
A	333.2±18.5	143.1±11.1	4.9±0.6	88.6±9.6	402.2±17.1	90.0±10.1	3.4±0.8	0.3±0.0	1,065.7±18.3 ^{b)}
B	328.2±20.8	149.5±9.4	4.9±1.1	99.7±8.4	420.1±20.7	83.2±8.8	2.5±0.5	0.3±0.0	1,088.4±21.5 ^{bc)}
C	391.2±13.9	110.5±8.9	6.3±1.0	88.2±11.2	450.5±19.9	105.6±10.1	2.6±0.8	0.2±0.0	1,155.1±19.8 ^{cd)}

¹⁾Control : 100% commercial diet for laying hen, A, B and C : mixed diet with 90% commercial feed and 10% *Undaria pinnatifida*, *Laminaria religiosa* and *Hijikia fusiforme*, respectively.

²⁾All values are expressed as means±standard deviation (n=3).

³⁾Mean values within a same column with different superscript letters were significantly different at p<0.05.

값 391.2 mg%, Fe 값 6.3 mg%, K 값 450.5 mg%, Mg 값 105.6 mg%로 높게 나타났으나, P 값은 110.5 mg%로 낮게 나타나는 경향이였다. 총 무기질 함량에서도 대조군 958.8 mg%에 비하여 해조 첨가군에서 1,065.7~1,155.1 mg%로 높게 나타났고, 톳을 첨가한 C처리구의 무기질 총량이 가장 높은 경향을 보였다. 결론적으로 시판 사료에 해조를 첨가하여 식이 함으로서 계란 난황 중의 무기질 함량은 유의적으로 높게 나타났으나 해조 3종간의 유의 차이는 없으므로 나타났다.

지방산 조성

미역, 다시마 및 톳의 첨가 사료가 계란의 지방질에 미치는 영향을 알아보기 위해 난황의 지방산 조성을 분석하여 나타낸 결과는 Table 5와 같다. 시판 사료만으로 식이한 대조구의 중요 지방산은 oleic acid 45.5%, palmitic acid 26.6%, linoleic acid 13.8%로 포화지방산 38.3%와 불포화지방산 61.5%로 구성되어 있다. 그러나 해조가 첨가된 A, B 및 C처리구는 해조의 종류에 관계없이 포화지방산은 감소하고, 불포화지방산은 증가하는 경향으로 나타나 전체적으로 포화지방산은 38.3%에서 30.4~32.1%로 감소하고,

Table 5. Fatty acid compositions of egg yolk from laying hen with different feeding

Fatty acids	Diets ¹⁾			
	Control	A	B	C
C14:0	0.3±0.0 ²⁾	0.3±0.0	0.2±0.0	0.0±0.0
C16:0	26.6±1.8	22.8±1.4	22.0±1.5	23.8±2.0
C16:1	1.6±0.1	1.3±0.1	1.0±0.0	1.7±0.2
C18:0	11.4±1.2	8.0±0.9	7.5±0.8	7.8±1.0
C18:1	45.5±3.3	44.6±2.9	43.4±3.9	43.1±4.8
C18:2	13.8±1.1	13.2±1.8	12.9±2.0	12.0±0.9
C18:3	0.3±0.0	0.5±0.0	0.4±0.0	0.7±0.0
C18:4	0.0±0.0	4.5±0.4	6.0±0.9	2.3±0.7
C20:0	0.3±0.1	0.3±0.1	0.8±0.0	0.4±0.0
C20:4	0.0±0.0	1.9±0.2	2.0±0.9	3.3±0.5
C20:5	0.1±0.0	1.3±0.1	2.4±0.0	3.9±0.2
C22:6	0.1±0.0	1.3±0.1	2.3±0.2	1.0±0.1
Saturated fatty acids	38.3±1.2 ³⁾	31.5±1.5 ^{bc}	30.4±1.2 ^b	32.1±1.4 ^{cd}
Unsaturated fatty acids	61.5±3.0 ^d	68.6±1.9 ^b	69.6±2.9 ^b	68.1±3.5 ^b
Monoenoic fatty acids	47.1±2.7 ^a	45.9±1.9 ^{ab}	44.4±2.2 ^b	44.8±2.1 ^b
Polyunsaturated fatty acids	14.4±0.4 ^a	22.7±0.6 ^b	25.3±0.8 ^c	23.4±0.5 ^d

¹⁾Control : 100% commercial diet for laying hen, A, B and C : mixed diet with 90% commercial feed and 10% *Undaria pinnatifida*, *Laminaria religiosa* and *Hijikia fusiforme*, respectively.

²⁾All values are expressed as means±standard deviation (n=3).

³⁾Mean values within a same row with different superscript letters were significantly different at p<0.05.

불포화지방산은 61.5%에서 68.1~69.6%로 증가하는 경향으로 나타났다. 불포화지방산의 증가를 주도하는 지방산은 polyunsaturated fatty acid로서 14.4%에서 22.7~25.3%로 크게 증가하는 경향이였다. 이와 같은 결과로 볼 때 해조류에 함유된 고도 불포화지방산들(33)이 산란계의 대사 과정을 통하여 계란의 난황에 전이된 것으로 추정되나, 식이 및 대사과정 중에 일어날 수 있는 제반 기작에 관해서는 향후 보완 연구가 필요하다고 사료된다.

요 약

미역, 다시마, 톳 등 갈조류 3종이 산란계의 계란 품질에 미치는 영향을 조사하기 위해 기존의 양계사료(대조구)에 미역(A처리구), 다시마(B처리구), 톳(C처리구)을 각각 10% 첨가하여 8주간 사육한 후 생산된 계란의 표면색깔, fucoxanthin, 무기질, 지방산 조성을 분석한 결과는 다음과 같다. 갈조류 첨가에 의해 난황의 표면색깔은 적갈색으로 변화하는 경향이였고, 미역을 첨가한 A처리구가 가장 크게 일어났다. Fucoxanthin 함량은 원료 갈조류에서 21.3~34.8 mg%로 검출되었으나, 난황으로 이행되었다고 확인할 수는 없었다. 무기질 함량으로 Ca은 300.2 mg%에서 328.2~391.2 mg%로, Fe는 4.5 mg%에서 4.9~6.3 mg%로, Na은 2.5 mg%에서 88.2~99.7 mg%로, K는 350.8 mg%에서 402.2~450.5 mg%로 증가하는 경향이였으나, P는 199.4 mg%에서 110.5~149.5 mg%로 감소하는 경향으로 나타났다. 총 무기질 함량은 톳이 첨가된 C처리구에서 1,155.1 mg%로 가장 높게 나타났다. 지방산 조성으로 포화지방산은 38.3%에서 30.4~32.1%로 감소하고 불포화지방산은 61.5%에서 68.1~69.6%로 증가하였는데, 다가 불포화지방산에서 현저하게 증가하는 경향이였다.

References

1. Ministry for Food Agriculture, Forestry and Fisheries (2012) Food Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook. Korea, p 299-322
2. Jo KS, Do JR, Koo JG (1996) Studies on the development of utilization technology of aquacultural seaweeds. Final Report of KFRI, Bundang, Korea, KFRI G1160-0750
3. Jo KS, Do JR, Koo JG (1998) *Pretreatment conditions of Porphyra yezoensis, Undaria pinnatifida, and Laminaria religiosa for functional algae tea*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 27, 175-280
4. Koo JG (1994) Studies on the isolation, purification and characterization of fucoidans from brown algae. Ph D

- Thesis. Korea University, Seoul, Korea, p 3-14
5. Anderson MA, Stone BA (1985) A radiochemical approach to the determination of carboxylic acid groups in polysaccharides. *Carbohydr Polym*, 5, 115-120
 6. Anno K, Terahata H, Hayashi Y, Seno N (1966) Isolation and purification of fucoidan from brown seaweed. *Agr Biol Chem*, 30, 495-502
 7. Jo KS, Koo JG, Do JR (1993) A study on the development of physiological active foods from seaweeds. Final Report of KFRI, Bundang, Korea, KFRI E1224-0407
 8. June LK (1978) A review of research on effects of fiber intake on man. *Am J Clin Nutr*, 31, 142-159
 9. Yamamoto I, Maruyama H (1985) Effects of dietary seaweed preparations on 1,2-dimethylhydrazine-induced intestinal carcinogenesis in rats. *Cancer Letters*, 26, 241-249
 10. Lu YF (1989) Effects of dietary fibers in early weaning on later response of serum and fecal steroid levels to high-cholesterol diet in rat. *Nutr Res*, 9, 345-352
 11. Shin SC, Ahn MW, Lee JS, Kim YS, Park KP (2013) Extraction of fucoxanthin from *Undaria pinnatifida* and stability of fucoxanthin. *Korean Chem Eng Res*, 51, 42-46
 12. Lee BM, Kim CJ, Kim CT, Seo JJ, Kim IH (2009) Concentration of fucoxanthin from *Ecklonia cava* using supercritical carbon dioxide. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 1452-1456
 13. Kim SJ, Kim HI, Moon JS, Kim JM (2004) Characteristic and extraction of fucoxanthin pigment in *Undaria pinnatifida*. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33, 847-851
 14. Kanazawa K, Ozaki Y, Hashimoto T, Matsushita S, Hirano M, Okada T, Nakatsuka (2008) Commercial-scale preparation of biofunctional fucoxanthin from waste parts of brown sea algae *Laminaria japonica*. *Food Sci Technol Res*, 14, 573-582
 15. Kim SM, Kang SW, Kwon ON, Chung D, Pan CH (2012) Fucoxanthin as a major carotenoid in *Isochrysis aff. galbana*: Characterization of extraction for commercial application. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 55, 477-483
 16. Jung HA, Islam MN, Lee CM, Jeong HO, Chung HY, Woo HC, Choi JS (2012) Promising antidiabetic potential of fucoxanthin isolated from the edible brown algae *Eisenia bicyclis* and *Undaria pinnatifida*. *Fish Sci*, 78, 1321-1329
 17. Sangeetha RK, Bhaskar N, Divakar S, Baskaran V (2010) Bioavailability and metabolism of fucoxanthin in rats: structural characterization of metabolites by LC-MS (APCI). *Mol Cell Biochem*, 333, 299-310
 18. Yan X, Chuda Y, Suzuki M, Nagata T (1999) Fucoxanthin as the major antioxidant in *Hijikia fusiformis*, a common edible seaweed. *Biosci Biotechnol Biochem*, 63, 605-607
 19. Peng J, Yuan JP, Wu CF, Wang JH (2011) Fucoxanthin, a marine carotenoid present in brown seaweeds and diatoms: metabolism and bioactivities relevant to human health. *Mar Drugs*, 9, 1806-1828
 20. Kim EM (2002) The effects of supplementation of ascidian tunic shell into laying hen diet on egg quality. *J Anim Sci Technol*, 44, 45-54
 21. Kim KK, Jeong YJ, Kim OM, Park NY, Lee KH (2002) Effect of sea urchin shell on egg quality. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 31, 373-377
 22. Li HL, Ryu KS (2001) Effect of feeding various wood vinegar on performance and egg quality of laying hens. *J Anim Sci Technol*, 43, 655-662
 23. Seong KS, Rho JH, Han CK, Kim YB, Lee BH, Jeong JH, Maeng WJ (1997) Effect of addition of activated carbon absorbing pyrolytic acid to layer feed on the physicochemical properties of egg yolk. *Korean J Food Sci Ani Resour*, 17, 162-170
 24. Sung HC, Suk YO, Han SM, Yu KH, Sung YK (2002) Effect of feeding with chitosan on egg production rate and yolk cholesterol level. *J Chitin Chitosan*, 7, 29-32
 25. Lee CH, Nam KT, Kim JB, Han SH (1996) The effects of extracts from *Puerariae radix* roots on the storage stability of egg and serum cholesterol level in the laying hens. *Korean J Food Sci Ani Resour*, 16, 102-105
 26. Park BS (2004) Effect of dietary β -cyclodextrin on egg quality and cholesterol content of egg yolks. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33, 614-620
 27. Jo KS (2010) Effect of a diet containing green tea powder on the physicochemical properties of eggs. *Korean J Food Preserv*, 17, 328-333
 28. AOAC (1996) Official Methods of Analysis. 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, p 210-219
 29. AOAC (1996) Official Methods of Analysis. 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, p 878-884
 30. Bligh EG, Dyer WJ (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol*, 37, 911-922
 31. Herrick GM (1971) Repletion and depletion of pigmentation in broiler skin and shanks. *Poultry Sci*, 50, 1467-1474
 32. Rural Nutrition Institute, R.D.A. (1991) Food Composition

Table. Fourth Revision, p 170-175

33. Park YH, Jung DS, Kim SB (1995) Marine food processing. Hyungseul Press, Korea, p 298-302

(접수 2013년 12월 05일 수정 2014년 2월 4일 채택 2014년 2월 17일)