

아스타잔틴 생성 균주 (*Xanthophyllomyces dendrohous*)의 급여가 오리의 성장과 육질에 미치는 영향

김경수^{1*} · 이민경¹ · 이우진² · 최양일³ · 조성구³

¹(주)Organic Bio Tech 한국생명과학연구소, ²(주)주원산오리, ³충북대학교 농업생명환경대학

Effect of Dietary Astaxanthin Producing Bacteria (*Xanthophyllomyces dendrohous*) on the Growth Performance and the Meat Quality of Ducks

Kyeong-Su Kim^{1*}, Min-kyoung Lee¹, Woo-Jin Lee², Yang-Il Choi³ and Seong-Ku Cho³

¹Korea Bio Science Research Institute, Organic Bio Tech Co., Ltd., 316 Munjin-ro, Munbaek-myeon, Jincheon-gun, Chungbuk 365-861, Korea, ²Joowon Asta Ducks Co., Ltd., 941-5 Jingwang-ro, Gwanhyewon-myeon, Jincheon-gun, Chungbuk 365-834, Korea, ³College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, 410 Sungbong-ro, Heungduk-gu, Chungbuk 361-763, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to investigate astaxanthin producing “*Xanthophyllomyces dendrohous*” on growth performances and meat quality in ducks. A total of 450 ducks (cherryberry) were allotted into 3 groups. The three groups were control (commercial feed), treatment 1 (0.1% feed additives), and treatment 2 (0.2% feed additives). Each group had 3 replicates. Viable cell number of “*Xanthophyllomyces dendrohous*” is 1.0×10^8 cfu/g. Growth performance carried out during 39 days. Average weight gain was significantly higher ($p < 0.05$) in treatment 2 than that of control. Feed conversion was significantly lower ($p < 0.05$) in treatment 1 and 2 than that of control. The results of nutrients composition analysis of duck meat showed that treatment 1 and 2 had significantly lower ($p < 0.05$) fat and cholesterol levels. Water holding capacity showed significantly higher ($p < 0.05$) value than that of control. Both treatment groups showed lower ($p < 0.05$) value than control in drip loss and shear force. Control showed higher unsaturated fatty acids (palmitic acid, stearic acid) content than treatment 1 and 2. Treatment 1 and 2 showed significantly lower ($p < 0.05$) saturated fatty acids (oleic acid, linoleic acid) levels than control. These results suggested that the supplementation of feed additives containing “*Xanthophyllomyces dendrohous*” might be used effectively for improving productivity and meat quality of ducks.

(Key words : *Xanthophyllomyces dendrohous*, Astaxanthin, Growth performance)

서 론

건강·보양식품 중의 하나인 오리고기는 다른 고기와 달리 알칼리성 식품으로 필수 지방산인 linoleic acid와 linolenic acid 등을 다른 육류에 비하여 많이 함유하고 있어 동맥경화나 고혈압 같은 성인병 예방에 탁월한 효과를 발휘하는 것으로 알려져 소비자들의 각광을 받고 있는 식품이다 (Park, 1998). 따라서 오리고기의 육질 개선에 따른 기호도를 향상시키고 영양성분을 높이기 위해서 기능성 물질을 사료에 첨가 급여하는 연구가 증가하고 있다. 국내에서는 안전한 고품질의 육류를 생산하고자 돼지에게 생봉독을 처리하거나 (Cho 등, 2005; Lee 등, 2001), 비타민 E (Hong 등, 2001; Chu와 Ahn, 2004), 키토산 (Lee 등, 2001; Kim 등, 2003),

Streptococcus faecium (Kim 등, 1991)을 사료에 첨가하여 육류의 품질을 개선하고자하는 연구개발이 보고되었다.

Xanthophyllomyces dendrohous 균주는 astaxanthin이란 물질을 생성하는 균주이다. Astaxanthin이란 자연계에 존재하는 지용성 색소인 carotenoids의 일종으로 연어나 송어 등의 육질의 홍색 빛깔, 갑각류 등의 적색 빛깔의 원인이 되는 물질이다. 이러한 어류나 갑각류 등은 astaxanthin을 자가 합성하지 못하기 때문에 인공양식장에서는 사료로 첨가해 주어야 한다. 특히, 뛰어난 항산화 효과를 보이고 있는 astaxanthin은 식용색소, 의약품의 첨가물질 및 기능성 화장품 첨가물질 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 항산화제는 첨가수준과 가축에게 급여하는 기간 등에 따라 육색과 막조직에 함유된 다가불포화지방산의 산화를 방지하여 식육의 저장기간 연장

* Corresponding author : Kyeong-Su Kim, Korea Bio Science Research Institute, Organic Bio Tech Co., Ltd. Tel: +82-43-532-8841, Fax: +82-43-532-8840, E-mail: kskim@obtkorea.com

및 고기의 안정성에 기여하는 것으로 알려져 있다(Buckley 등, 1995). 미국 FDA의 자료에 따르면 astaxanthin은 비타민 E 보다 약 550배, 베타카로틴보다 약 10배의 효과를 갖는 것으로 알려져 있다(Burton, 1988; Mik, 1991). Astaxanthin이 식이원으로 연구되어온 것으로는 1970년대 초반 발견되어 산업적으로 주목을 받아 온 red yeast (*Xanthophyllomyces dendrorhous*)가 대표적인 것으로 다른 carotenoids 합성능이 보고된 효모와 비교하여 매우 호기성이고, 단백질, 지질, 비타민 B 등 필수 영양분이 풍부하며, 효모 자체가 가축의 영양원이 되므로 효모로부터 색소를 추출할 필요가 없으며 astaxanthin을 생성하는 조류에 비해 생산속도가 빠르다는 장점이 있다(Johnson 등, 1980).

Astaxanthin을 함유하는 *Xanthophyllomyces dendrorhous* 효모를 송어에 급여시 과산화지질의 생성을 억제하고 간 기능을 정상화시킬 뿐만 아니라 육색개선의 효과가 있다(Nakano 등, 1999). *Xanthophyllomyces dendrorhous* 효모를 닭에게 급여시 닭고기의 육색이 개선됨을 볼 수 있었으며(Akiba 등, 2001; Matsushita 등, 2000) 계란 노른자의 색소형성에 영향을 미치는 것을 확인하였다(Akiba 등, 2000). 또한 Astaxanthin의 항산화 기능을 통해 육용 닭의 저장성을 좋게 한다는 보고가 있다(An 등, 2004). *Xanthophyllomyces dendrorhous* 균주를 포함한 복합생균제의 급여가 오리 및 돼지의 성장과 육질개선에 효과가 있다고 보고되어 있다(Kim 등, 2005).

본 연구는 astaxanthin을 생성하는 *Xanthophyllomyces dendrorhous* 균주를 0.1%와 0.2%의 첨가수준으로 갖 부화한 오리에게 급여함으로써 생산성 향상 및 육질 개선 등에 미치는 효과를 규명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 사양실험설계

(주)주원산 오리에서 제공한 1일령 육용오리(체리베리)의 개시체중은 평균 52 g으로 3개 처리구에 총 450수, 처리구당 150수(암수 동수)를 공시하였다. 대조구는 일반 배합사료만 급여하였고, 처리구 1은 사료의 0.1% 수준으로 *Xanthophyllomyces dendrorhous*가 함유된 사료첨가제를 섞어 급여하였다. 처리구 2는 사료의 0.2% 수준으로 *Xanthophyllomyces dendrorhous*가 함유된 사료첨가제를 섞어 급여하였으며 각 처리구별로 3반복 처리구를 두었다(Table 1). Astaxanthin을 생성하는 *Xanthophyllomyces dendrorhous*는 (주)오비티 부설 한국생명과학연구소에서 보유중인 균주로 한남대 도서관 앞 자작나무 앞에서 분리하였다. *Xanthophyllomyces dendrorhous* 분말은 24℃에서 3일간 배양한 후 원심분리하여 균체를 수집하였다. 수집된 균체 100 g을 각각의 단일보호제(10% skim milk) 100 ml와 섞어서 초저온냉동고(DF8514, (주)일신랩)에서 -70℃로 48시간 동결한 후 동결건조기(PVTFD 50R, (주)일신랩)에 균체를 넣고 진공을 걸어 30℃로 72시간 동안

Table 1. Experimental design for growth performance

	No. of replication	No. of Ducks	Total
Control	3	50	150
Treatment 1	3	50	150
Treatment 2	3	50	150
Total			450

건조하였다. 사료첨가제 내의 *Xanthophyllomyces dendrorhous*의 보증균수는 1.0×10^8 cfu/g이었다.

2. 급여사료 및 사양관리

시험 사료는 Table 2와 같고, 사양관리는 육용오리 전용사료를 사용하여 1일령에서 7일령까지는 1호 크럼블 사료를, 8일령에서 17일령까지는 1호 펠렛 사료를 18일령에서 39일령까지는 2호 펠렛사료를 급여하였다. 육용오리의 사육은 진천군 광혜원면 죽현리에 소재한 (주)주원산오리의 실험농장에서 사육하였다. 일반관리는 (주)주원산오리 계열사육농가의 관행방법에 준하여 실시하였다.

Table 2. Chemical composition of experimental diets

Chemical composition	Duck phase 1	Duck Phase 2
Crude protein (%)	21.00	18.00
Crude fat (%)	4.00	4.00
Crude fiber (%)	6.00	6.00
Crude ash (%)	8.00	9.00
Calcium (%)	0.80	0.80
Phosphorus (%)	1.50	1.50
TME (kcal/kg)	2,900.00	3,000.00

3. 조사항목 및 조사방법

(1) 육성율, 증체량, 사료요구율

체중 측정은 시험 1, 15, 29, 39일에 측정하였으며, 증체량은 종료시 체중에서 개시 체중을 뺀 값으로 총 증체량 및 일당 증체량을 구하였다. 사료요구율은 사료섭취량을 체중 증가량으로 나누어 산출하였다.

$$\text{증 체 량} = \text{종료체중} - \text{개시체중}$$

$$\text{사료요구율} = \text{사료섭취량} / \text{체중증가량}$$

$$\text{일당증체량} = \text{증체량} / \text{사육일수}$$

(2) 일반 성분 분석

수분, 단백질, 지방 및 회분(%)은 AOAC방법(AOAC, 1995)에 따라 측정하였다.

(3) 콜레스테롤

샘플을 동결건조하여 0.3 g을 취한 후 chloroform과 methanol을 2:1로 혼합한 Folch solution 12 ml을 tube에 첨가한 후 4°C에서 24시간 동안 방치하였다. 여기에 3차 증류수를 10 ml를 첨가하여 잘 혼합한 후에 3,000 rpm에서 20분간 원심분리를 하였다. 원심분리시킨 샘플의 하층부(lower phase)를 주사기를 이용하여 취하여 hood 안에서 24시간 정도 두어 Folch solution이 완전히 날아가도록 한 후, glacial acetic acid 1 ml를 넣고 혼합한 시료에서 0.1 ml을 취하여 O-phthaldehyde reagent 2 ml과 Conc. H₂SO₄ 1 ml을 첨가한 후 잘 혼합하여 10분 후 spectrophotometer를 이용하여 530 nm에서 고정파장(흡광도)을 측정하였다. 표준곡선은 cholesterol standard stock solution을 10, 20, 30, 40, 50 ml과 glacial acetic acid 40, 30, 20, 10, 0 ml과 혼합하여 위와 같은 측정과정을 거쳐 흡광도를 측정한 후에 회귀식을 구하였다. 표준곡선에 의하여 측정된 양에 glacial acetic acid 첨가량과 회석배수를 곱해준 값에 total lipid weight(mg)을 곱해주고, 그 값을 다시 시료무게로 나눠 cholesterol 함량(mg/100g, dry wt.)을 분석하였다.

(4) pH

오리육 10g에 증류수 100 ml를 가한 후 pH를 측정하였다. 모든 시료는 Homogenizer (Bihon seiki, Ace, Japan)로 7,000 rpm으로 30초간 균질시킨 후, pH meter(Mteeler Delta 340, Mettler-tolede, Ltd, UK)로 측정하였다.

(5) 보수력 (Water holding capacity)

보수력은 원심분리법을 이용하였다. 분쇄된 시료 0.5±0.05 g을 원심분리관의 상부 filter 관에 넣고 80°C water-bath에 넣고 20분간 가열한 후 10분간 방냉시켰다. 상부 filter 관을 원심분리관 하부에 넣고 2,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리한 후 남은 시료를 가열 전 시료무게 비율로 표시하였다.

(6) 육즙손실 (Drip loss)

육즙손실은 2 cm 두께의 오리육 슬라이스를 원형(중량 100±5 g)으로 정형한 후 polypropylene bag에 넣고 진공포장하여 4°C 냉장고에서 24시간 보관하면서 발생된 드립 감량을 측정하여 초기 시료의 무게비율(%)로 측정하였다.

(7) 가열감량 (Cooking loss)

가열감량은 2 cm 두께의 오리육 슬라이스를 원형(중량 150±5 g)으로 정형한 후 polypropylene bag에 넣고 진공 포장하여 70°C water-bath에 넣고 40분간 가열한 후 30분간 방냉시킨 후, 가열 후 감량된 무게를 초기시료의 무게비율(%)로 측정하였다.

(8) 전단력 (Shear force test)

시료를 70°C water-bath에 넣고 40분간 가열한 후 30분간 방냉시킨 후 가로×세로×높이를 각각 1×2×1 cm가 되도록 절단하

여 Rheo meter (Model Compac-100, SUN SCIENTIFIC Co., LTD.)의 Shearing, Cutting Test로 Max weight를 측정하였다. 사용 프로그램은 R.D.S (Rheology Data System) Ver 2.01을 이용하였다. Table Speed는 110 mm/min, Graph Interval은 20 msec, Load cell (max)는 10 kg의 조건으로 하였다.

(9) 육색

오리육의 표면 육색은 백색관(L*, 89.39; a*, 0.13; b*, -0.51)을 표준화시킨 Spectro Colormeter (Model JX-777, Color Techno. System Co., japan)로 측정하였는데, 이 때 광원은 백색형광등(D65)을 사용하여 Hunter Lab 표색계의 L*, a*, b* 값으로 나타냈다. (L*=명도, a*=적색도, b*=황색도)

(10) 마이오글로빈

분쇄한 육시료 2 g을 팔콘 튜브에 담아 차가운(4°C) 40 mM phosphate buffer (pH 6.8) 용액을 튜브에 18 ml 씩 넣은 다음 휴대 homogenizer로 30초 동안 균질화한 다음 5,200 rpm, 10분간 원심분리 하였다. 원심분리된 전체 용출물을 Whatman No. 2 (Ø 150 mm) 여과지를 이용해 여과하였다. 여과액을 spectrophotometer를 이용하여 700 nm와 525 nm에서의 고정파장(흡광도)을 측정하여 총 마이오글로빈 함량을 측정하였다.

(11) 콜라겐

삼각플라스크에 시료 약 4 g을 넣고 30 ml의 sulfuric acid solution을 첨가한 후, 뚜껑을 덮고 105°C 드라이 오븐에서 16시간 동안 가열한 것을 500 ml의 볼륨 플라스크에 넣고 3차 증류수로 희석하여 균질시켜 Whatman No. 2 (Ø150 mm) 여과지를 이용해 여과하였다. 여과액 5 ml을 넣고 100 ml로 희석한 후, test tube에 희석액 2 ml을 넣고, oxidant 용액 1 ml을 첨가하여 흔들여 준 후 상온에서 20분간 방치하였다. 그리고 각 시험관에 발색 시약(color reagent) 1 ml을 첨가하고 혼합한 후 60°C water bath에 15분간 담근 후 3분 이상 흐르는 물에서 식혀 spectrophotometer를 이용하여 558 nm에서 고정파장(흡광도)를 측정하였다. 표준곡선은 working standard 용액 2 ml를 발색과 측정 과정을 거쳐 흡광도를 측정한 후에 회귀식에 대입하여 collagen 함량(g/100 g)을 분석하였다.

(12) 관능검사

관능검사는 5인의 관정요원이 주관적으로 조직감, 육색, 전체적인 육특성의 3개 항목을 평가하였으며, 각각의 배점은 1점(조직감이 매우 나쁘다, 육색이 매우 창백하다, 심한 PSE육이다)에서 5점(조직감이 매우 우수하다, 육색이 매우 암적색이다, 심한 DFD육이다)으로 평가하였다.

(13) 지방산패도 (TBA)

오리육의 TBA는 7일간의 냉장(4°C) 저장기간 중에 0, 3, 7일마

다 조사하였다. Witte et al.(1970)의 추출방법에 따라 TBA (2-thiobarbituric acid) 수치로 측정하였으며 TBA 수치는 시료 1000g 당 mg malonaldehyde 양으로 표시하였다.

(14) 총 미생물수

오리육의 총 미생물수는 7일간의 냉장(4℃) 저장기간 중에 0, 3, 7일마다 조사하였다. 연속 희석시킨 시료를 SPC (standard plate count) 배지에 접종하여 32℃에서 48시간 배양시킨 후 측정하였다. 시료 1g 당 미생물수 (colony forming unit)로 표시하였다.

(15) 휘발성 염기태 질소 (VBN)

오리육의 VBN은 7일간의 냉장(4℃) 저장기간 중에 0, 3, 7일마다 조사하였다. 高坂(1975)의 conway 방법으로 측정하였으며, VBN가는 %/mg로 표시하였다.

(16) 지방산 조성

Tube에 시료를 넣고 Folch 방법(1957)으로 총 지질 추출을 하였다. Lepage와 Roy(1986)의 방법에 따라 100℃의 water bath에서 1시간 methylation시키고 냉각 후 여기에 hexane을 첨가하여 층이 분리된 후 상층을 취하였다. 그런 다음 capillary column (100 m × 0.25 mm i.d. × 0.20 μm film thickness)을 장착한 gas chromatograph (HP 5890II, Hewlett Packard Co.)를 이용하여 분석하였으며, 이때 carrier gas로 질소를 이용하였으며 column의 초기온도는 180℃, 최종온도는 240℃ (2℃/min)로 하였다. Injector와 detector의 온도는 250℃로 설정하였다.

(17) 통계분석

측정된 모든 실험 결과 값은 평균 ± 표준오차 (mean ± SE)로 표시하였으며, 통계처리는 SAS (1999)의 GLM (General Linear Model) 방법으로 분석하였고, 각 실험구간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test (Steel and Torrie, 1980)로 사후 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 육성율, 증체량, 사료요구율

*Xanthophyllomyces dendrohous*를 급여한 오리의 육성율, 증체량 및 사료요구율은 Table 3과 같다. 육성율은 대조구와 처리구 모두 폐사한 오리가 없었다. 대조구의 경우 1일 평균 증체량이 75.9g, 처리구 1은 76.8g, 처리구 2는 78.7g로 처리구가 대조구보다 증체량이 높게 나타났으며, 0.2% *Xanthophyllomyces dendrohous*를 급여한 처리구가 대조구와 유의적인 차이가 나타났다. 또한 사료요구율은 대조구 1.94 보다 처리구 1, 2가 각각 1.88과 1.90으로 유의적인 차이를 나타냈다. 이 결과를 통해 astaxanthin 생성 미생물의 급여가 오리의 성장과 사료요구율 개선에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

2. 일반성분 및 콜레스테롤

*Xanthophyllomyces dendrohous*의 급여에 따른 오리육의 일반 성분과 콜레스테롤 함량은 Table 4와 같다. 수분, 조단백질 함량 및 조회분은 각 처리구가 유사한 수준으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 조지방 함량은 대조구에 비해 처리구 1, 2 모두 유의적인 차이가 나타났으며 20.6~23.8% 낮았다. 또한 콜레스테롤 함량에서도 대조구에 비해 처리구 1, 2 모두 유의적인 차이가 나타났으며 13.5~15.8% 적은 결과를 보였다.

3. 일반 육질검사 및 관능검사

Xanthophyllomyces dendrohous 급여에 따른 육질 분석과 육색, 관능검사 결과를 Table 5에 나타냈다. pH는 대조구에서 처리구 1, 2 보다 높은 수준이었지만 유의적인 차이는 없었고, 보수력에서는 처리구 1, 2가 대조구와 유의적인 차이가 나타났다. 육즙손실에서는 처리구 1, 2에 비하여 대조구가 유의적으로 낮은 수준을 나타냈으며, 처리구 1과 처리구 2는 유사한 수준을 나타냈다. 가열감량은

Table 3. Effects of dietary *Xanthophyllomyces dendrohous* on growth performance

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2
Survival ratio (%)	100	100	100
Body weights (g)			
Initial (1 day)	52.0±5.1 ^a	52.9±5.3 ^a	53.0±5.4 ^a
15 days	715±64 ^{ab}	722±70 ^a	701±65 ^b
29 days	2,015±153 ^b	2,066±162 ^a	2,040±215 ^{ab}
final body (39 days)	3,016±45 ^b	3,051±93 ^{ab}	3,123±105 ^a
Average weight gain (g)	2,963±43 ^b	2,999±82 ^{ab}	3,070±96 ^a
Average daily gain (g/day)	75.9 ^b	76.8 ^{ab}	78.7 ^a
Total feed intake (kg)	5,740±92 ^b	5,638±105 ^c	5,833±122 ^a
Feed conversion (feed/gain)	1.94 ^a	1.88 ^c	1.90 ^b

^{a,b,c} Values with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

Table 4. Effect of dietary *Xanthophyllomyces dendrohous* on nutrients composition of ducks.

		Control	Treatment 1	Treatment 2
Nutrients composition (%)	Moisture	77.66±0.20	77.65±2.18	77.93±0.34
	Crude protein	19.21±0.63	19.52±1.28	19.40±0.58
	Crude fat	2.19±0.32 ^a	1.74±0.48 ^b	1.67±0.41 ^b
	Crude ash	0.95±0.14	1.09±0.17	0.98±0.06
Cholesterol (mg/100g)		91.45±11.07 ^a	77.05±8.76 ^b	79.19±10.25 ^b

^{a,b,c} Values with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

유의적인 차이가 없었다. 그 외 전단력에서는 대조구와 처리구 1, 2에서 유의적인 차이가 있었으며, 처리구 2가 처리구 1 보다 유의적으로 낮은 수준의 전단력을 나타내어 오리육의 연도가 우수한 경향을 보였다. 보수력은 단백질의 변성 및 이온 강도의 변화 등에 따라 달라진다고 하였는데 (Wu와 Smith, 1987), 본 연구에서는 *Xanthophyllomyces dendrohous*의 급여가 육즙이 풍부하고 부드러운 오리고기 생산을 가능하게 함을 보여주었다.

오리육의 육색에서는 명도를 나타내는 L 값의 경우, 대조구와 처리구 1, 2에서 유의적인 차이가 있었으며, 처리구 2는 처리구 1 보다 유의적으로 높았다. 적색도를 나타내는 a 값에서는 처리구 2가 대조구보다 유의적으로 높은 수준을 나타냈다. 황색도를 나타내는 b 값에서는 유의적인 차이가 없었다.

총 육색소인 마이오글로빈 함량과 콜라겐 함량에서는 각 처리구 별 유사한 수준이었다.

4. *Xanthophyllomyces dendrohous* 급여가 오리육의 저장성에 미치는 영향

Xanthophyllomyces dendrohous 급여에 따른 오리육의 지방산

패도 (TBA), 총 미생물수, 휘발성염기태질소 (VBN) 결과를 Table 6에 나타냈다. 오리육 대퇴부위의 지방산패도를 측정된 결과, 저장 3일에서는 처리구 1이 대조구보다 유의적으로 낮은 수준을 나타냈고 저장 7일에서는 처리구 1, 2가 대조구보다 유의적으로 낮은 수준을 나타냈다. 오리육 대퇴부위의 총 미생물수를 측정된 결과, 저장 시간이 경과할수록 미생물 수는 증가하였으나 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 오리육 대퇴부위의 VBN 측정 결과, 저장 시간이 경과할수록 VBN 수치가 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. 이상의 결과에서 냉장 저장기간 중 처리구들의 TBA, 총 미생물 수, VBN 수치가 저장기간에 따라 다소 증가하는 경향을 보였으나, 모두 가식범위에 들어있었다. Demeyer 등 (1979)은 고기의 저장 중에 지방은 지방분해 효소에 의한 가수분해 변화와 미생물 대사에 의한 산화적 변화가 되면서 카보닐 화합물, 알코올, 케톤, 알데히드 등의 부산물로 분해되어 맛과 향에 영향을 미치게 되고 저장 기간이 경과함에 따라 TBA 값이 증가한다고 보고하였다. 이 결과에서 대조구보다 처리구 1, 2가 저장기간이 증가할수록 TBA 수치가 유의적으로 낮아지는 것으로 보아 *Xanthophyllomyces dendrohous*의 급여가 지방산화의 억제효과가 우수한 것으로 나타났다.

Table 5. Effect of dietary *Xanthophyllomyces dendrohous* on meat quality of ducks

		Control	Treatment 1	Treatment 2
Meat quality	pH	6.83±0.09	6.74±0.24	6.75±0.13
	Water holding capacity (%)	55.23±6.21 ^b	63.18±5.26 ^a	63.41±5.82 ^a
	Drip loss (%)	4.60±0.84 ^a	3.07±1.42 ^b	2.39±0.79 ^b
	Cooking loss (%)	34.57±2.39	33.46±3.74	33.01±3.44
	Shear force (kg)	1.74±0.45 ^a	1.31±0.44 ^b	1.07±0.29 ^c
Meat color	L* (lightness)	43.43±8.52 ^c	47.16±4.88 ^b	49.49±3.66 ^a
	a* (redness)	15.13±1.72 ^b	16.21±1.71 ^{ab}	16.56±1.35 ^a
	b* (yellowness)	8.87±1.82	8.94±1.69	8.80±1.81
Myoglobin (mg/100g)		9.28±0.96	10.47±1.86	10.32±1.04
Collagen (mg/100g)		11.21±0.14	11.25±0.07	11.20±0.12
Organoleptic examination	Texture	2.88±0.61	3.00±0.54	2.96±0.66
	Meat color	2.85±0.59	3.12±0.48	3.03±0.41
	Meat quality	2.82±0.43	3.02±0.49	3.01±0.45

^{a,b,c} Values with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

Table 6. Effect of dietary *Xanthophyllomyces dendrohous* on Storage test of ducks

Items	Storage (DAY)	Control	Treatment 1	Treatment 2
TBA (mg malonaldehyde/ 1,000g)	0	0.14±0.03	0.10±0.02	0.09±0.03
	3	0.18±0.02 ^a	0.12±0.04 ^b	0.14±0.03 ^{ab}
	7	0.27±0.07 ^a	0.16±0.04 ^b	0.13±0.04 ^b
총미생물수 (Log cfu/g)	0	3.58±0.43	3.78±0.51	3.72±0.27
	3	4.23±0.40	4.23±0.22	4.16±0.44
	7	5.27±0.31	5.14±0.33	5.34±0.25
VBN (%/mg)	0	7.70±0.99	7.49±0.56	7.65±0.98
	3	13.31±2.70	12.90±3.14	12.29±2.16
	7	21.71±1.70	20.48±1.41	20.31±1.61

^{a,b,c} Values with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

Table 7. Effect of dietary *Xanthophyllomyces dendrohous* on fatty acid of ducks

Items	Control (n=15)	Treatment 1 (n=15)	Treatment 2 (n=15)
C10:0	0.39±0.13	0.30±0.02	0.25±0.04
C12:0	0.57±0.19	0.41±0.03	0.34±0.04
C14:0	0.34±0.07	0.33±0.05	0.30±0.03
C14:1	0.02±0.00	0.03±0.01	0.03±0.00
C15:0	0.77±0.39	0.76±0.63	0.74±0.24
C15:1	2.18±0.20	1.91±0.37	1.85±0.22
C16:0	23.15±0.82 ^a	20.42±0.64 ^b	20.64±0.32 ^b
C16:1	1.41±0.29	0.37±0.17	0.30±0.04
C17:0	0.20±0.03	0.18±0.11	0.19±0.07
C17:1	1.09±0.09	1.13±0.19	1.03±0.15
C18:0	7.52±0.62 ^a	6.95±1.42 ^{ab}	6.73±0.72 ^b
C18:1	44.26±1.02 ^b	48.42±2.25 ^a	47.24±1.14 ^a
C18:2	12.16±0.98 ^b	14.16±1.17 ^a	13.92±0.42 ^a
C18:3	1.37±0.05	1.44±0.12	1.43±0.04
C20:0	0.03±0.01	0.04±0.02	0.03±0.01
C20:1	0.99±0.03	1.06±0.04	1.07±0.02
C20:2	0.23±0.04	0.29±0.05	0.32±0.02
C20:3	1.47±0.07	1.54±0.07	1.60±0.09
C22:0	0.02±0.01	0.05±0.01	0.04±0.01
C22:1	0.27±0.08	0.36±0.08	0.35±0.05
C22:3	0.38±0.07	0.37±0.06	0.50±0.15
C24:1	1.04±0.36	1.37±0.27	1.60±0.20
Saturated Fatty Acid (SFA)	32.99±1.42	29.44±3.49	29.26±1.26
Single Unsaturated Fatty Acid (SUFA)	51.26±2.18	54.65±7.24	53.47±1.50
Multiple Unsaturated Fatty Acid (MUFA)	15.61±1.41	17.80±3.28	17.77±1.09
Total Unsaturated Fatty Acid (USFA)	66.87±1.54	72.45±4.21	71.24±1.42
SUFA/SFA	1.55±0.08	1.86±0.19	1.83±0.08
MUFA/SFA	0.47±0.02	0.60±0.02	0.61±0.03

^{a,b,c} Values with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

5. *Xanthophyllomyces dendrohous* 급여가 오리육의 지방산 조성에 미치는 영향

*Xanthophyllomyces dendrohous*을 급여한 오리육의 지방산 조성은 Table 7에 나타났다. 오리육의 지방산 분석 중 포화지방산의 주된 지방산은 C16:0 (palmitic acid)과 C18:0 (stearic acid)인것을 확인하였다. C16:0은 대조구가 처리구 1, 2 보다 유의적으로 높았으며 C18:0은 대조구가 처리구 2 보다 유의적으로 높았다. 그 외 포화지방산의 함량에서는 적은 수준의 지방산이 검출되었으며, 처리구간 유사한 경향이였다. 오리육의 불포화지방산 중 주된 지방산은 C18:1 (oleic acid)과 C18:2 (linoleic acid)이었다. C18:1은 처리구 1, 2가 대조구에 비해 유의적으로 높았으며 필수지방산인 C18:2 또한 처리구 1, 2가 대조구에 비해 유의적으로 높은 수준을 나타냈다. 그 외 불포화지방산에서는 적은 수준의 지방산 함량이 검출되었으며, 처리구간 유사한 경향이였다.

단일 불포화 지방산은 다량 섭취시 혈중 중성지방이나 콜레스테롤의 감소를 가져오므로 동맥경화증과 같은 성인병에 유익한 효과가 있다고 하였고(Grundy, 1987), 또한 oleic acid 함량이 높으면 식육의 맛을 좋게 한다는 보고가 있다(Lunt와 smith, 1991). 지방산분석 결과 대조구에 비해 *Xanthophyllomyces dendrohous* 첨가구는 필수지방산을 포함한 총 불포화지방산 함량이 높은 경향을 나타내어 고품질의 건강식품이 될 것으로 판단된다.

요 약

항산화물질인 astaxanthin을 함유한 균주 *Xanthophyllomyces dendrohous*를 급여하여 오리의 성장 및 육질에 미치는 영향을 확인하였다. 1일령 오리 450수를 공시하여 배합사료만을 급여한 대조구와 *Xanthophyllomyces dendrohous*가 함유된 사료첨가제를 사료의 0.1%, 0.2%씩 첨가한 처리구를 두었다. 오리의 성장과 육질을 분석한 결과, 평균중체량은 대조구에 비해 0.2% 처리구에서 유의적으로 높았고 사료요구율은 처리구가 유의적으로 높은 결과를 보였다. 일반성분검사 결과에서는 처리구의 오리고기 지방함량이 유의성 있게 낮았으며, 콜레스테롤 함량 역시 낮게 나타났다. 육질 검사 결과 보수력, 육즙손실 및 전단력에 있어서도 처리구가 유의적으로 우수한 결과를 나타냈다. 지방산 함량분석 결과는 포화지방산인 palmitic acid과 stearic acid이 대조구에 비해 유의적으로 낮았으며 불포화지방산인 oleic acid과 linoleic acid는 대조구에 비해 유의적으로 높은 수준을 보였다.

본 연구결과 *Xanthophyllomyces dendrohous*가 함유된 사료첨가제의 처리는 오리의 성장 및 육질개선과 지방산 조성 등에 있어 효과가 인정되어 고품질의 오리육 생산에 기여할 것으로 생각된다.

(주제어: *Xanthophyllomyces dendrohous*, astaxanthin, 가축 사양)

인 용 문 헌

- An, G. H., Song, J. Y., Chang, K. S., Lee, B. D., Chae, H. S. and Jang, B. G. 2004 Pigmentation and delayed oxidation of broiler chickens by the red carotenoid, astaxanthin, from chemical synthesis and the yeast, *Xanthophyllomyces dendrohous*. Asian-australasian journal of animal sciences. 17(9):1309-1314.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Akiba, Y., Sato, K. and Takahashi, K. 2001. Meat Color Modification in Broiler Chickens by Feeding Yeast *Phaffia rhodozyma* Containing High Concentrations of Astaxanthin. J APPL POULT RES, 10:154-161.
- Buckley, D. J., Morrissey, P. A. and Gray, J. I. 1995. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. J. Anim. Sci. 71:3122-3130.
- Burton, G. A. 1988. Antioxidant action of carotenoids. Amer. Inst. Nutr. 13:109-111.
- Cho, S. K., Kim, K. S. and Lee, S. C. 2005. Effects of honeybee(*Apis mellifera ligustica*) venom treatment on the productivity in pigs. J. Ani. Sci. & Technol. 47(2):293-304.
- Chu, G. M. and Ahn, B. H. 2004. Effects of dietary vitamin C and E on carcass grade and fatty acid composition of hanwoo steers. J. Ani. Sci. & Technol. 46(3):387-396.
- Demyer, DI. and Vanderkerckhove, P. 1979. Compounds determining pH in dry sausage. Meat Sci. 3:161-165.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226:497-509.
- Grundy, SM., 1987. Monounsaturated fatty acids, plasma cholesterol and coronary heart disease. Am J Clin Nutr, 45:1168-1172.
- Hong, J. W., Kim, I. H., Kang, J. O., Hong, E. C., Lee, S. H. and Han, Y. J. 2001. Effect of vitamin E supplementation in diets on pork quality. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 21(4):344-348.
- Johnson, EAm., Villa, TG. and Lewis, MJ. 1980. Phaffia rhodozyma as an astaxanthin source in salmonid diets. Aquaculture, 20:123.
- Kim, K. S., Chee, K. M., Lee, S. J., Cho, S. K., Kim, S. S. and Lee, W. 1991. Effect of Dietary *Streptococcus faecium* on the performance and the changes of intestinal microflora of broiler chicks. K. J. Poul. Sic. 18(2):97-119.
- Kim, J. W., Kim, J. D., Seong, K. S. and Kang, S. N. 2003. Addition of fermented chitosan on carcass composition and physico-chemical characteristics of meat i. J. Anim. Sci. & Technol. 45(3):463-472.
- Kim, K. S., Lee, J. H., Shin, M. S., Cho, M. S., Kim, Y. P., Cho, S. K. and Kang, Y. J. 2005. Effect of dietary probiotics

- supplementation contained with astaxanthin produced by *Phaffia rhodozyma* on the productivity and meat quality of ducks. K. J. Poul. Sci. 32(2):73-80.
- Ko-ichi Matsushita, Hisashi Komiyama, Yukio Akiba, Kan Sato, Kazuaki Takahashi, Masaaki Toyomizu, Hiroshi Tsunekawa and Hidenori Nagao. 2000. Influence of feeding duration and dietary level of *Phaffia rhodozyma*, a yeast containing high concentration of astaxanthin, with or without supplementation of lecithin and α -Tocopherol on meat color development in broiler chickens. Jpn. Poult. Sci. 37:341-348.
- Lee, J. I., Choi, C. S., Park, J. D., Park, J. C., Kim, Y. H., Moon, H. K., Joo, S. T. and Park, G. B. 2001. Effects of conjugated linoleic acid(CLA) on pork quality. J. Ani. Sci. & Technol. 43(5):735-746.
- Lee, J. R., Hur, S. J., Kang, G. H., Joo, S. T. and Park, G. B. 2001. The effect of chitosan supplementation on the pH, shear force, moisture and color of pork. Korean J. Food. Sci. Ani. Resour. 21(3):200-207.
- Lunt, Dk and Smith, SB. 1991. Wagyu beefs holds profit potential for U.S. feed lot Feedstuffs. 19:18-24.
- Mik, W. 1991. Biological functions and activities of animal carotenoids. Pure Apple. Cem. 63:141-146.
- Park, H. K. 1998, The science and use of meat, Sunjin media publisher. p:100.
- Steel, R. G. and Torrie, J. H. 1980. Principles and procedures of statistics. Mcgraw-Hillbokk. N.Y.
- Toshiki Nakano, Tomoaki Kanmuri, Minoru Sato and Masaaki Takeuchi. 1999. Effect of astaxanthin rich red yeast (*Phaffia rhodozyma*) on oxidative stress in rainbow trout. Biochimica et Biophysica Acta 1426:119-125.
- Witte, V. C., Krause, G. F. and Bailey, M. E. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values for pork and beef during storage. J. Food Sci. 35:585.
- Wu, F. Y. and Smith, S. B. 1987. Ionic strength and myofibrillar protein solubilization. J. Anim. Sci. 165:597-602.
- Yukio Akiba, Kan Sato, Kazuaki Takahashi, Yoko Takahashi, Akemi Furuki, Shigeru Konashi, Hiroshi Nishida, Hiroshi Tsunekawq, Yutaka Hayasaka and Hidenori Nagao. 2000. Pigmentation of Egg Yolk Yeast *Phaffia rhodozyma* containing high concentration of astaxanthin in laying hens fed on a low-carotenoid diet. Jpn. Poult. Sci. 37:77-85.
- 高坂知久. 1975. 肉製品の鮮度保持と測定. 食品工業. 18(4):105-108.

(Received Nov. 18, 2010; Revised Mar. 11, 2011; Accepted Mar. 15, 2011)