

かんきつ果皮給与が卵黄中の β -クリプトキサンチン含量 及び産卵性に及ぼす影響

佐々木健二・巽 俊彰・市川隆久・市ノ木山浩道¹・三島 隆²・後藤正和³

三重県科学技術振興センター畜産研究部, 三重県松阪市嬉野町 1444-1 515-2324

¹ 三重県科学技術振興センター農業研究部, 三重県松阪市嬉野川北町 530 515-2316

² 三重大学生物資源学部紀伊・黒潮生命地域フィールドサイエンスセンター附帯施設農場,
三重県津市高野尾町 2072-2 514-2221

³ 三重大学生物資源学部, 三重県津市栗真町屋町 1507 514-0102

みかん果皮 5%, 2% 添加飼料にペクチナーゼを添加した飼料及び無添加飼料の 3 種類の試験飼料を産卵鶏に給与し, 卵黄中 β -クリプトキサンチン含量, 産卵性及び卵質に及ぼす影響を検討した。試験開始後, みかん果皮給与により, 卵黄中の β -クリプトキサンチン含量が増加し, 2 週間目で一定に達し, 14~28 日目の含量は, 対照区に対してみかん果皮 2% 及び 5% 添加区が対照区に対して各々約 2 倍及び 4 倍に達した。産卵成績は, みかん果皮添加区が対照区と比較して試験期間中の飼料利用性が向上し, 卵質成績は, みかん果皮添加区が対照区と比較して卵殻質及びハウユニットが改善される傾向がみられ, このことは, ペクチナーゼ添加効果と果皮成分の生理的作用と推察された。

以上の結果から, みかん果皮を飼料の一部を代替して給与することにより, β -クリプトキサンチンを高濃度に含有する鶏卵を効率的に生産すること及び高品質な鶏卵生産の可能性が示唆された。

キーワード: β -クリプトキサンチン, みかん果皮, 鶏卵, 産卵鶏, ペクチナーゼ

緒 言

三重県尾鷲市, 熊野市, 北牟婁郡, 南牟婁郡を含む東紀州地域において, 平成 10 年度に三重県が開発した地域特産鶏「東紀州地どり」は年間およそ 1 万羽の鶏肉が生産され, 地域特産物としてその評価を高めつつある。この東紀州地どりは, 肉用鶏として開発された品種で出荷適正日齢 91~120 日齢で茶褐色羽装で強健性を備え, その交配用式は合成品種 (三重県原産シャモとニューハンプシャー種) の雄に名古屋種の雌を交雑したもので, 肉質はブロイラーより旨味, 歯ごたえ等に優れ, 地域での評価は高い (巽ら, 2001)。また, 一部採卵用としても活用されていることや資源循環型農業推進及び地産地消への取り組み経緯から, 東紀州地どりへの地域未利用資

源の機能性成分を賦与することが強く望まれている。特に近年の消費者の健康意識への高まりから, 保健機能性食品への関心が高く, 特に毎日 1 個摂取する鶏卵へ保健機能性成分を賦与することは, 日本人の食生活の面からも非常に重要であると考えられる。

この地域は, 温暖な気候を生かしたかんきつ類の栽培が盛んで, 現地の選果場や加工場では, 規格外や搾汁粕などの廃棄果実, 現地の果樹園では摘果果実, 傷害や病虫害等被害果実が大量に処分されている。以前は, 飼料コスト削減を目的にかんきつ類の加工工程で産出される粕, 果皮をサイレージ調製して乳牛へ給与する取り組みが行われていた (岩永ら, 1974; 小山ら, 1981) が, その機能性には着目されていなかった。近年, かんきつ類に比較的多く含まれるカロテノイド化合物は, 発ガン抑制効果などの生理活性を有することが明らかにされている。こうしたかんきつ類に含まれる機能性成分を畜産物へ賦与することができれば, 極めて有益である。

本研究では, みかん果皮添加による鶏卵への機能性成分賦与と産卵性への影響を調査し, 生産現場へ応用できる技術を確認することを目的に取り組むこととした。

2005 年 8 月 18 日受付, 2006 年 3 月 30 日受理

連絡者: 佐々木健二

三重県科学技術振興センター畜産研究部

Tel : 0598-42-2029

Fax : 0598-42-2043

E-mail : sasakk01@pref.mie.jp

材料及び方法

供試材料は、三重大学生物資源学部紀伊・黒潮生命地域フィールドサイエンスセンター附帯施設農場で収穫された温州みかんの果実を加工用に供した後の果皮残渣を用いた。果皮は、60℃ 24 時間通風乾燥後、1 mm メッシュサイズに粉碎して、速やかに密閉遮光保存した。試験飼料の調製は、みかん果皮 0% (対照区)、2%、5% の 3 試験区とし、2% 区及び 5% 区においてはペクチナーゼ (天野エンザイム製ペクチナーゼ G「アマノ」(食品添加物 酵素剤, 純度 90%, ケイソウ土 10%)) を給与飼料の 0.1% の割合で添加したものを供試した。基礎飼料は採卵鶏成鶏用配合飼料 (粗タンパク質 17%, 代謝エネルギー 2,830 kcal/kg) を用いた。

給与試験は、産卵の安定した 41 週齢の交雑種 (通称: 東紀州地どり) 30 羽を試験開始前 3 週間の予備試験期間において産卵数と体重を揃え、各試験区 10 羽の 3 群に区分して実施した。試験期間は、1 週間の馴致飼育後、本期 4 週間とし、供試鶏は開放鶏舎内の 1 段式の間口 24.0 cm の採卵鶏用成鶏ケージに 1 羽ずつ隔ケージへ収容し、個体間には給餌器に仕切りを設置した。飼料及び飲水は不断給与とした。

調査項目は、個体別の産卵数、卵重、試験開始時と終了時の体重、1 週間毎の飼料摂取量とし、平均卵重、産卵日量、飼料摂取日量及び飼料要求率を算出した。また、卵殻破壊強度 (卵殻強度と略す)、卵殻厚、ハウユニット、卵黄色、卵黄中 β -クリプトキサンチン及び β -カロテン含量は、試験開始日、7、14、21 及び 28 日目に産卵された全卵すべてについて測定した。

卵殻強度は油圧式卵殻強度計 (富士平工業株式会社製 FN597) で赤道部に圧力を加えて測定し、卵殻厚は卵殻厚さ計 (富士平工業株式会社製 FN595) で卵殻赤道部 3 カ所を卵殻膜を含めて測定し、その平均値を卵殻厚とした。ハウユニットは、同社製の卵質測定台 (FN-596-1) 及び卵質計 (卵白高測定器 FN596-2) により、濃厚卵白高を 3 カ所測定し、その平均値を基に算出した (算出式: $100 \times \log (\text{濃厚卵白高 (mm)}) - 1.7 \times \text{卵重}^{0.37} + 7.6$)。卵黄色は、ロッシュカラーファン値及びミノルタ社製色彩色差計 (CR-100) の 2 種類の方法で測定した。

卵黄中 β -クリプトキサンチン及び β -カロテンは、石川らの方法 (石川ら, 1999) によって分析用試液を調製し、移動相アセトニトリル:メタノール:酢酸エチル (75:15:10) で、流速 1 ml/分、東ソー社製 TSKgel ODS-80Ts (4.6×150 mm) カラムで分離した後、UV/VIS 検出器を用いて 450 nm 同定、定量した (Lin and Chen, 1995)。なお、 β -クリプトキサンチン及び β -カロテンの標準品

として、フナコシ製 β -クリプトキサンチン及び和光純薬製 β -カロテン (特級) を使用した。卵黄の脂肪酸組成は、卵黄と卵白を分離後、Folch 法 (Folch *et al.*, 1957) により脂肪を抽出し、アルカリ触媒法により脂肪酸メチルエステル化を行い、ガスクロマトグラフィーで検出した (平田ら, 1996)。温州みかん果皮及び飼料成分組成の分析は、飼料一般成分分析の定法 (亀岡ら, 1971) により行った。

各調査データについては、一元配置法により分散分析を行い、危険率 5% 以下で有意差が認められた場合には、最小有意差法により平均値間の有意差検定を行った (吉田, 1978)。

結 果

本試験に供試した温州みかん果皮 (以下、果皮とする) 及び基礎飼料の成分含量を表 1 に示した。果皮は、粗タンパク質 5.3% のほか、粗繊維 12.3%、可溶性無窒素物 69.7% が主成分で、粗脂肪と粗灰分は少なかった。基礎飼料は、粗タンパク質 17.1%、粗脂肪 4.6%、粗灰分 14.0%、可溶性無窒素物 50.97% が主成分で、粗タンパク質、粗脂肪、カルシウムを含む粗灰分は果皮よりも多く、粗繊維と可溶性無窒素物は果皮よりも少ない。一方、果皮は 100 g 当たり β -クリプトキサンチン 16.7 mg、 β -カロテン 0.2 mg を含有し、基礎飼料は 100 g 当たり β -クリプトキサンチン 0.2 mg を含有し、 β -カロテン含量は検出限界以下濃度であった。

対照区及び果皮添加区の卵黄中 β -クリプトキサンチン含量、 β -カロテンの推移を図 1 に示した。果皮添加区の卵黄中 β -クリプトキサンチン含量は試験開始から 14 日目まで徐々に増加し、2% 添加区 9.5~10.8 μg 、5% 添加区 18.2~21.9 μg で、対照区の 4.9~5.6 μg よりも有意に ($P < 0.01$) 高く推移した。また、卵黄中の β -カロテン含量も、試験開始から 14 日目まで徐々に増加し、14、21 日目では対照区よりも有意に ($P < 0.05$) 高くなった。なお、対照区、2% 添加区、5% 添加区の β -カロテン含量は 0.48~0.86 μg 、0.50~0.99 μg 、0.59~1.20 μg で推移した。

卵殻質及びハウユニットの推移を図 2、図 3 に示した。果皮添加による卵殻厚の改善効果は認められなかったが、卵殻強度とハウユニットでは果皮添加区の方が対照区よりもわずかに優れている傾向がみられた。

卵黄色の推移を図 4 に示した。果皮添加による卵黄色の変化は有意性が認められなかったものの、L 値については 14~21 日目にかけて果皮添加区において低く推移する傾向がみられた。一方、カラーファン値、a 値は果皮添加区において高く推移する傾向がうかがわれ、その濃色化傾向は 14 日目までに顕著にみられ、カラーファン

表 1. 温州みかん果皮及び基礎飼料の成分組成（風乾物中）
Table 1. Nutrient composition of mandarin orange rind and standard experimental diets (air dry matter)

	温州みかん果皮 Mandarin orange rind	基礎飼料 Standard experimental diets
水分 (%) Moisture (%)	8.15	11.0
粗タンパク質 (%) Crude protein	5.29	17.1
粗脂肪 (%) Crude fat	1.06	4.6
粗繊維 (%) Crude fiber	12.28	2.5
粗灰分 (%) Crude ash	3.49	14.0
可溶化無窒素物 (%) Nitrogen free extracts	69.73	50.9
β -クリプトキサンチン (mg/100 g) β -cryptoxanthin	16.73	0.2
β -カロテン (mg/100 g) β -carotene	0.2	N.D.

注) N.D.: 検出限界以下

N.D.: Under the detection limit.

値はその後高く推移する傾向がみられた。

卵黄中の脂肪酸組成を表 2 に示した。検出された卵黄脂肪酸は、ミスチリン酸、パルミチン酸、パルミトレン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸で、オレイン酸が最も高く、次いでパルミチン酸であった。また、これら脂肪酸組成は、果皮添加による差異は認められなかった。

産卵成績を表 3 に示した。果皮添加による産卵率、産卵量及び増体重の有意な差は認められなかったが、卵重では、果皮添加区の方が対照区よりも重くなる傾向がみられた。また、飼料摂取量では、果皮添加区の方が対照区よりも少なくなる傾向がみられ、それらの結果から飼料要求率では、果皮添加区の方が対照区よりも向上する傾向がみられた。卵重及び飼料摂取量の推移を図 5 に示した。対照区、2% 添加区、5% 添加区の卵重は、55.4~57.3 g, 56.7~59.3 g, 57.8~58.8 g で推移し、果皮添加区の方が対照区よりも試験全期間で重く推移する傾向がみられた。対照区、2% 添加区、5% 添加区の飼料摂取量は、154.1~162.4 g, 138.9~151 g, 140.9~154.0 g で試験期間中漸増し、果皮添加区の方が対照区よりも試験全期間で低く推移する傾向がみられた。

考 察

近年、天然食品に含まれる成分の発癌抑制作用や抗酸

化作用を利用した医学分野での研究が盛んに行われており、その一つとして、 β -クリプトキサンチンなどの天然カロテノイド類の発癌抑制機構も解明され、これら生理活性作用を有する食品の重要性が高まってきている。 β -クリプトキサンチン含量は、品種別では温州みかんが最も多く、そのうち果皮に含まれる割合も約 25% と他品種の 10% 前後に比べてはるかに多い（根角ら、1998）。本研究では、食品として利用されない果皮中の β -クリプトキサンチン等を効率的に鶏卵へ賦与するための方法として、ペクチナーゼと温州みかん果皮を混合後飼料添加を行った。

卵黄中の β -クリプトキサンチンや β カロテン含量は、果皮添加によって有意に増加し、飼料摂取量を加味すると、添加量にほぼ比例した割合で卵黄中へ移行量が増加し、2% 添加区及び 5% 添加区はそれぞれ対照区の 2 倍及び 4 倍量含まれていた。また、 β -クリプトキサンチンの移行率は、卵黄中 β -クリプトキサンチン含量が一定となった時期での飼料摂取量から勘案するとおよそ 1.6% であった。同じカロテノイド類の β -カロテンの移行率が 0.2~1.0% 程度であったとの報告（石川ら、1999, 2001）より、移行率が高かった。

従来から、飼料中の β -カロテンやカンタキサンチン、ルティン、アスタキサンチンなどのカロテノイド類が鶏卵へ移行することが報告されており（池谷ら、2002；石

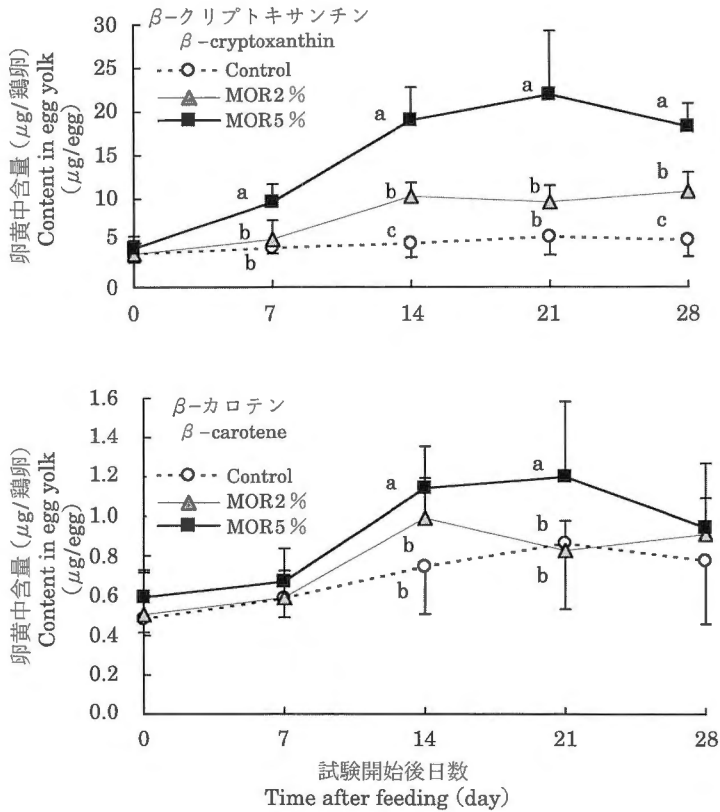


図 1. 卵黄中β-クリプトキサンチン及びβ-カロテン含量の推移
異符号間に5%水準で有意差あり

Fig. 1. Time course of β-cryptoxanthin and β-carotene in egg yolk.
Means having the different superscripts for each day are significantly different (p<0.05)

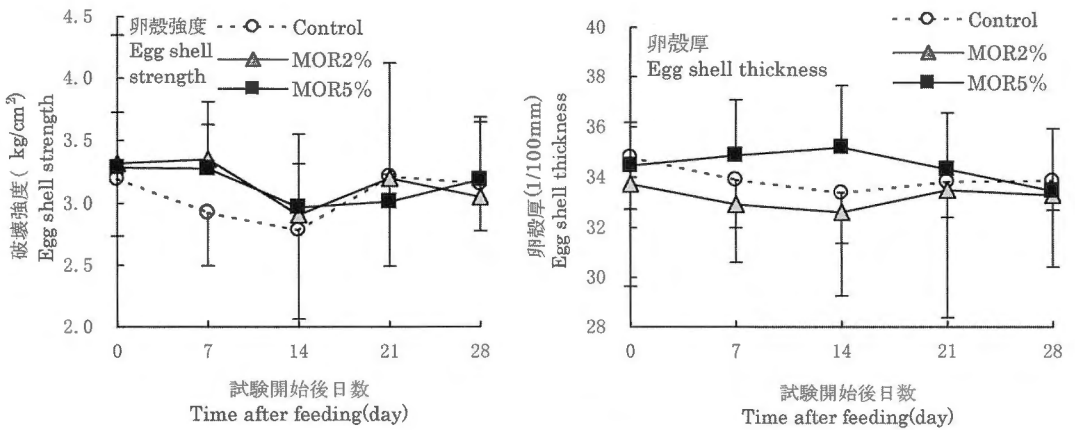


図 2. 卵殻質の推移

Fig. 2. Time course of egg shell quality.

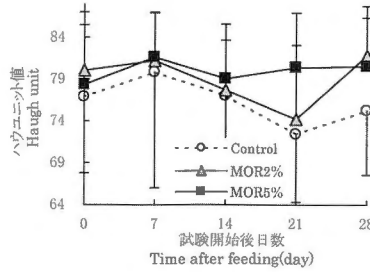


図 3. ハウユニットの推移

Fig. 3. Time course of Haugh unit.

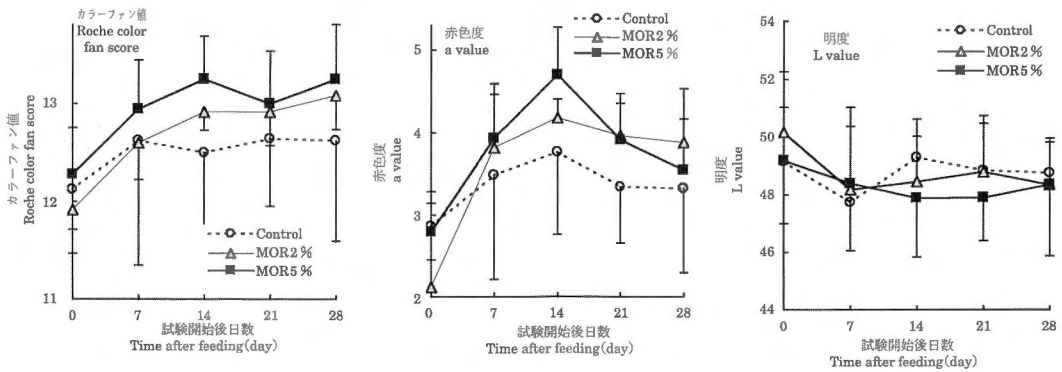


図 4. 卵黄色の推移

Fig. 4. Time course of egg yolk color.

表 2. 卵黄の脂肪酸組成 (%)

Table 2. Fatty acid composition of egg yolk

	対照区 Control	2% 添加区 With 2% added mandarin orange rind	5% 添加区 With 5% added mandarin orange rind
	%		
ミリスチン酸 (C14) Myristic acid	0.3±0.1	0.4±0.1	0.4±0.1
パルミチン酸 (C16) Palmitic acid	26.1±0.7	25.7±0.7	26.1±1.2
パルミトレイン酸 (C16:1) Palmitoleic acid	2.4±0.4	2.3±0.3	2.7±0.6
ステアリン酸 (C18) Stearic acid	9.8±1.0	9.5±1.1	9.2±0.8
オレイン酸 (C18:1) Oleic acid	50.1±1.9	50.7±1.4	49.5±2.2
リノール酸 (C18:2) Linoleic acid	11.2±2.2	11.1±1.1	12.0±2.1
リノレン酸 (C18:3) Linolenic acid	0.2±0.1	0.2±0.0	0.2±0.1

注) 試験開始 4 週齢時 (n=5), 平均値±標準偏差
4 weeks after feeding diet (n=5), Mean±Standard deviation.

表 3. 産卵成績及び増体重 (全試験期間)

Table 3. Performance of egg production and body weight against (Total period)

	対照区 Control	2% 添加区 With 2% added mandarin orange rind	5% 添加区 With 5% added mandarin orange rind	標準 誤差 S.E	LSD ($\alpha=0.05$)
産卵率 (%) Egg production (%)	81.7±9.1	75.9±7.9	81.4±8.1	5.2	10.6
卵重 (g) Egg weight (g)	56.8±2.8	58.1±2.8	58.5±3.9	2.0	4.1
産卵量 (g/羽/日) Daily egg yield (g/hen/day)	46.3±4.7	44.1±5.3	47.4±3.9	2.8	5.8
飼料摂取量 (g/羽/日) Feed intake (g/hen/day)	157.2±20.2	147.9±18.7	148.0±13.3	10.7	22.1
飼料要求率 Feed conversion	3.43±0.57	3.39±0.53	3.13±0.20	0.28	0.57
増体重 (g/羽) Body weight against (g/hen)	253±214	198±112	147±71	88	181

注) 平均値±標準偏差 (n=10)

Mean±Standard deviation (n=10).

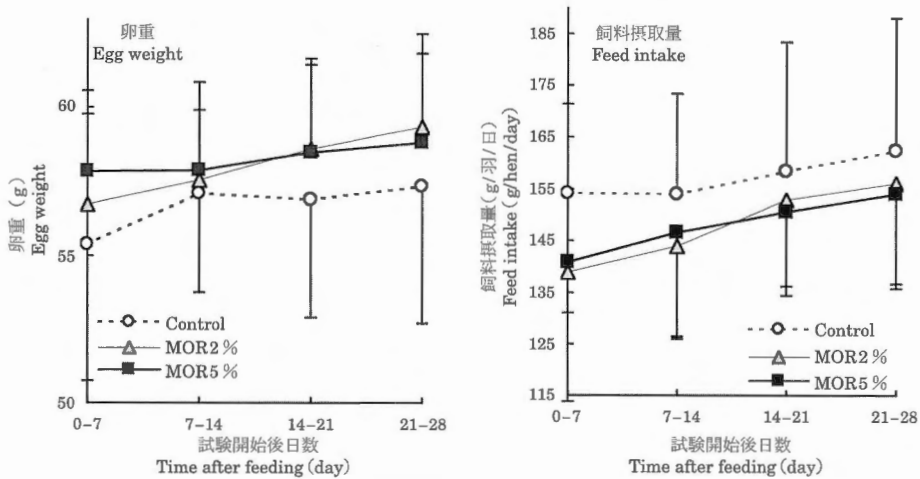


図 5. 卵重及び飼料摂取量の推移

Fig. 5. Time course of egg weight and feed intake.

川ら, 1999, 2001; Jonathanl *et al.*, 1987), かんきつ類に多量に含まれる β -クリプトキサンチンの鶏卵への移行も報告されている (Jonathanl *et al.*, 1987; 白田ら, 2003)。白田ら (2003) は, 乾物 100 g に β -クリプトキサンチンを 50 μ g 含むすだち搾り粕を給与飼料に 3% 添加した場合, 無添加区の β -クリプトキサンチン含量が乾燥卵黄 100 g あたり 120 μ g に対し, 190 μ g の β -クリプトキサンチンを含有し, 卵殻質やハウユニットへの影響はなかったとしている。これは, すだち搾り粕を給与飼

料に 3% 添加した場合, 鶏卵 1 個あたり約 5 μ g 移行したことになり, 本実験の果皮 2% 添加区の移行量と同程度で, 移行率も同程度であった。

果皮の添加により, 卵黄色が濃くなる傾向がみられた。これは, 果皮に含まれるカロテノイド色素によるもので石川ら (1999, 2001) も同様の現象を認めている。カロテノイド化合物で卵黄の着色に関係のあるキサントフィル類は, 脂溶性で体内では脂肪とともに吸収されるため, 飼料中の油脂含量によって, 卵黄色に影響を及ぼ

すことが報告され、(古閑ら, 2001; Hamilton and Parkhurst, 1990), 水流ら (1999) は、飼料中の油脂含量が増加するほど、卵黄色の着色効果のほか機能性成分の β -カロテンの卵黄へ移行率も高まったとしており、 β -クリプトキサンチンでも同様の事象が現れると推察でき、今後様々な要因による移行率向上のために検討が必要と考えられる。

これまでの未利用資源を活用した研究では、飼料費の節減並びに近年では機能性成分賦与や廃棄物処理を目的とした研究が行われてきた。生産性を損なわずに機能性鶏卵を生産するためには、栄養価の低い添加物や混合飼料は、コスト面や生産性に影響を及ぼすことから、本研究では、機能性成分賦与だけでなく、果皮の飼料添加による栄養的なマイナス効果を抑えるために、果皮乾燥粉末に給与飼料の0.1%量に相当するペクチナーゼを添加した。その結果、果皮の添加により、飼料摂取量が少なく、飼料要求率が改善される傾向がみられた。このことは試験期間の増体重が小さかったことが起因していると考えられた。また、結果的に増体重は小さくなったが、増体重の斉一性が高く、また体重に反して卵重は大きくなった。また、一般的に卵重が重くなるほど、卵殻質が低下する傾向にあるが、本試験では、まったく逆の結果が得られ、卵殻質の向上効果傾向もみられた。以上のことは、ペクチナーゼ添加効果と果皮成分(フラボノイド、カロテノイドなど)の生理的作用と推察された(Iwaseら, 2000; Narisawaら, 1999; 西野, 1999)。すなわち、ペクチナーゼ添加により鶏の代謝機構が改善され、その結果、果皮添加による低CP飼料にもかかわらず、飼料効率や卵質向上効果が現れたものと考えられた。

ペクチナーゼの添加により、栄養価が低く、食物繊維(ペクチン)を多く含む果皮の消化利用性の向上に大きく寄与したと考えられるため、その他飼料配合内容を調整すれば、さらに果皮の添加割合を増やすことができる可能性を示唆している。実用化にあたっては、飼料添加物として認可されているペクチナーゼを含んだ複合酵素を用いる必要があることから、長期的な実験や消化試験を実施していく必要がある。

人の健康に維持増進のためには、カロテノイド化合物を1日5~10mgの摂取が必要であると考えられ、 β -クリプトキサンチンもその一翼を担うカロテノイド化合物であることが明らかとなっている。温州みかんの消費は、季節的な影響が大きく、国民1人あたりの温州みかんの消費量は、ピーク時の3分の1程度に低下していることから、季節による摂取量にあまり差がない鶏卵に β -クリプトキサンチンなどの機能性成分を含ませることは、人の健康増進上の意義が大きいものとなる。一方、

このような鶏卵を生産するための飼料は、1年中安定的に供給される必要があり、みかんなどの生産が季節的な偏りがあるため、ある一定期間保存する必要がある。しかし、収穫時期等により、その含有量が変動すること(浜崎ら, 2000)や摘果時に廃棄される幼果、さらには収穫時期が異なる品種の活用などを含めて原料を確保することや保存方法や乾燥調製方法の検討が、実用化にあたっての課題といえる。

謝 辞

本研究を推進するにあたり、主に飼養管理、データ収集にご協力くださった三重県科学技術振興センター畜産研究部の紀平三生氏、岡 秀和氏、田中秀明氏、中西圭一氏に厚くお礼を申し上げます。

引 用 文 献

- Folch J Lees M and Stanley GHS. *Journal of Biological Chemistry*, 226: 497. 1957.
- 浜崎 櫻. ウンシュウミカンにおける β -クリプトキサンチンの含有量増加のための栽培及び加工技術に関する研究. *園芸学会雑誌*, 69 (別2): 514. 2000.
- Hamilton PB and Parkhurst CR. Improved deposition of oxycarotenoids in egg yolks by dietary cottonseed oil. *Poultry Science*, 69: 354-359. 1990.
- 平田芳明ら. 新食品分析法. 日本食品科学工学会新・食品分析法編集委員会 520-527. 光琳. 東京. 1996.
- 池谷昌久・池谷守司. アオサ粉末給与が採卵鶏およびブロイラーの生産性および生産物に及ぼす影響. *静岡中小家畜試験場研究報告*, 13: 19-26. 2002.
- 石川寿美代・村上 斉・山崎 信・武政政明. にんじん茎葉の給与が卵黄中の β -カロテン含量および卵質に及ぼす影響. *日本家禽学会誌*, 36: 275-283. 1999.
- 石川寿美代・立川昌子・早川 博. にんじん茎葉の給与が卵黄中の β -カロテン含量および卵質に及ぼす影響 第2報. *日本家禽学会誌*, 38: J167-J1176. 2001.
- 岩永法昭・吉田直治・亀川 昭・荒木 勉. 搾乳牛のみかんジュース粕給与試験. *長崎県畜産試験場試験研究成績書*, 9-10. 1974.
- Jonathan Schaeffer, Juliusz Tyczkowski, Carmen Parkhurst, and Patb Hamilton. Carotenoid composition of serum and egg yolks of hens fed diets varying in carotenoid composition. *Poultry Science*, 67: 608-614. 1988.
- 亀岡暄一ら. 森本宏監修. *動物栄養試験法*. 第1版. 280-298. 養賢堂. 東京. 1971.
- 古閑護博・山崎 信・村上 斉・水流正裕・小林亮英・武政政明. 飼料中の油脂の種類が卵黄への β -カロテンの移行および卵黄色に及ぼす影響. *日本家禽学会誌*, 38: J160-J166. 2001.
- 小山 弘・地久幹夫・大元良晃. みかん加工残渣利用によるサイレージ調製および給与試験. *静岡県中小家畜*

- 試験場研究報告, 7: 149-153. 1981.
- 水流正裕・山崎 信・村上 斉・石川寿美代・武政政明. 飼料中の油脂含量が卵黄中 β -カロチン含量および卵黄色に及ぼす影響. 日本家禽学会誌, 36: 329-335. 1999.
- 根角博久・中野睦子・吉田俊雄. カンキツのフラベドおよび果汁に含まれる β -クリプトキサンチン含量の品種差異. 園芸学会雑誌, 67 (別2): 108. 1998.
- SD Lin and AO Chen. Major Carotenoids in Juices of Ponkan Mandarin and Liucheng Orange. *Journal of food biochemistry*, 18: 273-283. 1995.
- 西野輔翼. 抗酸化食品の臨床的可能性. 診断と治療, 87: 443-447. 1999.
- 白田英樹・山崎 信・小林亮英. 地域未利用資源利用による高品質鶏卵生産の検討. 日本家禽学会誌春季大会号, 40: 38. 2003.
- 巽 俊彰・伊藤英雄. 東紀州地どり飼養管理システム確立. 三重科学技術振興センター畜産研究部試験成績書, 140-150. 2001.
- T Narisawa, Y Fukuura, S Oshima, T Inakuma, M Yano and H Nishino. Chemoprevention by the oxygenated carotenoid β -cryptoxanthin of N-methylnitrosourea-induced colon carcinogenesis in F344 rats. *Japanese Journal of Cancer Research*, 90: 1061-1065. 1999.
- Y Iwase, Y Takemura, M Ju-ichi, H Fukawa, S Kawai, M Yano, Xiao yang Mou, J Takayasu, H Takuda and H Nishino. Inhibitory effect of flavonoids from Citrus Plants on Epstein-Barr virus activation and two-stage carcinogenesis of skin tumors. *Cancer Letters*, 154: 101-105. 2000.
- 吉田 実. 畜産を中心とする実験計画法. 訂正第2版. 養賢堂. 東京. 1978.

Effect of Mandarin Orange Rind Supplementation on Egg Yolk β -cryptoxanthin and Laying Performance in Laying Hens

Kenji Sasaki, Toshiaki Tatsumi, Takahisa Ichikawa, Hiromichi Ichinokiyama¹,
Takashi Mishima² and Masakazu Goto³

Livestock Research Division, Mie Prefectural Science and Technology Promotion Center,
Matsuzaka Mie 515-2324, Japan

¹ Agricultural Research Division, Mie Prefectural Science and Technology Promotion Center,
Matsuzaka Mie 515-2316, Japan

² Field Science Center of Kii-Kuroshio Life Area, Faculty of Bioresources, Mie University,
Tsu Mie 514-2221, Japan

³ Department of Sustainable Resource Science, Faculty of Bioresources Mie University,
Tsu Mie 514-0102, Japan

An experiment was conducted to determine whether dietary mandarin orange rind (MOR) added pectinase supplementation for laying hens would have an influence on β -cryptoxanthin content of egg yolk, egg quality and laying performance. Ten hens (41-wk-old) were fed experimental diet supplemented with either 0, 2 or 5% of MOR.

The β -cryptoxanthin content of egg yolk increased and reached a plateau at 14 days, and with 2-5% added MOR it was nearly 2-4 times as high as the control. The feed efficiency showed a tendency be better in the MOR diets than in the control diets. Egg shell quality and haugh units showed a tendency be more excellent in the MOR diets than in the control diets.

These results suggest that MOR added pectinase may be used as farm product of improving egg quality by which the market value of eggs is elevated.

(Japanese Journal of Poultry Science, 43 : J37-J45, 2006)

Key words : β -cryptoxanthin, egg, laying hens, mandarin orange rind, pectinase