

ウズラのためのコチニール残渣の栄養価

崔 勇権¹・佐藤勝紀¹・国枝哲夫¹・及川卓郎¹・市 隆人²

¹ 岡山大学大学院自然科学研究科, 岡山市津島中 1-1-3 700-8530

² 三栄源エフ・エフ・アイ(株) 岡山工場, 岡山県真庭市赤野 570 719-3126

本研究は、魚粉の代替として岡山県真庭市にある三栄源エフ・エフ・アイ(株) 岡山工場で生産されるコチニール残渣の栄養価について検討した。実験 1 では、コチニール残渣ならびに魚粉と置換して作成したコチニール残渣配合飼料の栄養成分について測定した。実験 2 では、コチニール残渣配合飼料を 6 週齢時のウズラの雌雛に給与し、その後の成長と産卵形質に及ぼす影響について検討した。コチニール残渣の栄養価は粗蛋白質 66.4%, 粗脂肪 10.5%, 粗灰分 3.9% であった。コチニール残渣の粗蛋白質含量は魚粉よりやや高い値を示した。しかしながら、コチニール残渣では粗灰分含量は非常に少なく、特に、Ca, P, K, Na, Mg 含量は顕著に低い値となった。コチニール残渣配合飼料での Ca, P 含量は魚粉配合飼料と比較して低い値を示したが、アミノ酸含量は魚粉配合飼料と同等であった。6 週から 29 週齢まで、ウズラを用いての対照飼料（魚粉配合飼料）と魚粉の 100% を代替したコチニール残渣配合飼料での飼育試験の結果、コチニール残渣配合飼料では卵重、飼料摂取量および体重は対照飼料に比べて劣った。しかし、魚粉の 50% を代替したコチニール残渣配合飼料では対照飼料に比較して、産卵率、卵重（28 週齢時は除く）、飼料摂取量、飼料要求率および体重は有意差が認められなかった。以上のことから、ウズラにおいては産卵期間では魚粉の半量をコチニール残渣と代替することができることが明らかになった。

キーワード: コチニール残渣, 栄養成分, ウズラ, 代替, 魚粉

緒 言

岡山県真庭市にある三栄源エフ・エフ・アイ(株) 岡山工場では、有色の植物や動物および植物廃液などから色素を抽出、生産している。コチニール（コチニールカイガラムシ科エンジウムシ, *Coccus cacti* LINNE (*Dactylopius coccus* COSTA)）は唯一動物性の色素源として利用されている。このコチニールは乾燥体でペルーから輸入されている。コチニールは食品や化粧品用の赤い染料の採取のために利用されていることから、コチニール色素に関してこれまで多くの検討がなされている。前報（佐藤ら, 2008）では、コチニール色素の本質はアントラキシン誘導体のカルミン酸で、酸性では橙色、中性で赤色、アルカリ性で赤紫色を呈する水溶性の色素で、光、熱に対しては安定であるが、蛋白質により暗紫色に変色すること、さらに天然系食用着色料の中で最も高水準の安全性が確認されていることが明らかにされている。色素抽出後のコチニール残渣は年間約 50 トンが排出され、田畑への散布、土壌還元されているが、利用できる田畑の面積は限られていること、高蛋白質を含有することなどから、魚粉の代替として有効利用を図ることが望まれている。コチニール残渣の有効利用を

図ることは農地への負荷の軽減や飼料費の節減などの面から重要な課題である。

昆虫は良質の蛋白質源として人の食料として利用（三橋, 1984; 1997）されるだけでなく、家畜・家禽、魚介類の飼料として利用する試験研究が行われている（早川, 1997）。これまでの研究ではその多くが幼虫や蛹を含めた昆虫体が対象となっており、昆虫の残渣に関してはほとんど検討がなされていない。

昆虫の飼料化に関してはこれまでバッタ（Sugimura *et al.*, 1984; Wang *et al.*, 2007）、コオロギ（DeFoliart *et al.*, 1982; Finke *et al.*, 1985; Nakagaki *et al.*, 1987）、イエバエ幼虫・蛹（Calvert *et al.*, 1969, 1970; Teotia and Miller, 1973, 1974; Ocio, *et al.*, 1979; EL Boushy *et al.*, 1985; Ravindran and Blair, 1993; 稲岡ら, 1999）、非刺咬性バエ蛹（Dashefsky *et al.*, 1976; Koo *et al.*, 1980）、ヒロズキンバエ幼虫（Agunbiade *et al.*, 2007）、カイコ蛹（Ichhponani and Malik, 1971; Fagoonee, 1983; Ravindran and Blair, 1993）、アメリカミズアブ（Ravindran and Blair, 1993）、ゴミムシダマシ幼虫（Despins and Axtell, 1995）などが取り上げられ、検討されている。特に、カイコ蛹はインドで養鶏飼料として利用されている（早川, 1997）。これらの報告では、昆虫の体蛋白質含量は魚粉と類似し、給与試験で魚粉および大豆粕配合飼料と同等の生産形質の値が認められたことから、魚粉あるいは大豆粕の代替飼料として利用可能であることが明らかにされている。

本研究はコチニール残渣について魚粉の代替としての利用の可能性を明らかにするために、まずコチニール残渣（乾燥粉末）およびコチニール残渣を魚粉と代替して作成したコチニール残渣配

2009 年 11 月 10 日受付, 2010 年 1 月 6 日受理

連絡者: 佐藤勝紀

〒700-8530 岡山市津島中 1-1-1

岡山大学農学部

Tel: 086-251-8282 (農学部総務係)

Fax: 086-251-8388 (農学部総務係)

E-mail: ksato@cc.okayama-u.ac.jp

合飼料の栄養成分を検討し、次にコチニール残渣配合飼料をウズラ雛に給与し、その後の生産形質に及ぼす影響について検討した。

材 料 と 方 法

1. コチニール残渣の栄養成分の分析

乾燥コチニールは温時から熱時水で、または温時含水エタノールで抽出され、色素抽出後のコチニール残渣は60℃に設定した通風乾燥機で2日間乾燥した後、粉碎機で細粉し、乾燥粉末とした。対照として、市販の魚粉（CP65%、CP60%）を設けた。栄養成分の分析はすべて三栄源エフ・エフ・アイ（株）の研究所で行った。

水分含量は乾燥減量法（105℃、3時間）で、粗蛋白質（CP）含量はケルダール法で、粗脂肪含量はソックスレー（ヘキサン）法で、粗灰分含量は乾燥炉法（600℃、6時間）で、無機物含量は原子吸光法で、アミノ酸含量はアミノ酸自動分析装置（イオン交換カラム）でそれぞれ測定した。本実験では可溶性無窒素物と粗繊維含量は測定しなかったため、水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分含量の各々の測定値を100から差し引き、その他として表示した。

2. 試験飼料

試験飼料には対照飼料（魚粉配合飼料）とコチニール残渣配合飼料を用いた。試験飼料は日本飼養標準成分表（2001）および日本飼養標準家禽（2004）に基づいてCP含量が24%になるように調製し、コチニール残渣配合飼料は魚粉の50%（半量）および100%（全量）をコチニール残渣乾燥粉末と代替して作成した（表2）。なお、CP24%飼料を用いた理由は飼料中CP含量と産卵性との関係について調べたウズラの報告（Riet al., 2005）で、CP24%での産卵成績が最も優れたことによる。また、本実験では対照飼料の魚粉にCP65%とCP60%含量の2種類を使用した。これは成鶏飼育用配合飼料（うずら用オールマッシュ、東海起業（株））での2種類の魚粉ならびにその配合割合に準じた。上記の3種類の配合飼料の栄養成分についても、上記の魚粉、コチニール残渣乾燥粉末と同様の方法で分析した。

3. コチニール残渣がウズラの生産形質に及ぼす影響

対照飼料（魚粉配合飼料）ならびに上記の2種類のコチニール残渣配合飼料をそれぞれウズラの雛に給与し、その後の生産形質に及ぼす影響について検討した。実験に用いた雌雛はすべてブラウン系統雄とノーマル系統雌の交配で得られたもので、ブラウン羽色であった。孵化した初生雛は4週齢まで24時間点灯の豆電球と電熱器を備えた立体育雛器で育成し、その後は飼育室の産卵ケージに移し飼育した。給与実験には15羽の雌雛を用い、6週齢時に飼料区の平均体重が等しくなるように割り付け29週齢時まで飼料を自由摂取させた。給餌開始後、産卵率は毎日測定し、体重、飼料摂取量、卵重、飼料要求率は2週間ごとに測定した。なお、産卵率は1週間ごとの値を平均して算出し、飼料摂取量、卵重、飼料要求率は1週間連続の測定値を基にして算出した。

4. 統計処理

統計処理は一元配置の分散分析法を適用し、平均値の差の検定はTurkeyの多重検定で分析した。これらの分析はSPSS統計解

析ソフトを用いて行った。

結 果

表1は魚粉とコチニール残渣の栄養成分について比較したものである。コチニール残渣の粗蛋白質（CP）と粗脂肪含量は魚粉よりやや高い値を示したが、粗灰分含量は魚粉に比べて低い値となった。コチニール残渣では無機物のCa（カルシウム）、P（リン）、Mg（マグネシウム）、K（カリウム）、Na（ナトリウム）含量が顕著に低く、各々魚粉（CP65%とCP60%の平均値）の4.4、8.9、24.5、14.9、21.0%の値にとどまった。アミノ酸は、コチニール残渣では魚粉と比べて、アルギニン、グリシン、リジン、メチオニン、グルタミン酸含量がやや低く、一方、チロシン、バリン、

表 1. 魚粉およびコチニール残渣の栄養成分

成 分 (%)	魚 粉		コチニール 残渣
	CP 65%	CP 60%	
水 分	8.3	8.1	3.9
粗蛋白質	62.4	61.0	66.4
粗脂肪	7.3	7.9	10.5
粗灰分	20.1	21.2	3.9
その他 ¹⁾	1.9	1.8	15.3
カルシウム ²⁾	5.86	5.13	0.24
リン	3.49	3.24	0.30
マグネシウム	0.22	0.27	0.06
カリウム	0.56	0.65	0.09
ナトリウム	0.64	0.79	0.15
鉄	0.09	0.04	0.03
銅 (ppm)	3.0	3.0	15.0
亜鉛 (ppm)	73.0	61.0	132.0
マンガン (ppm)	9.3	36.0	14.0
アルギニン ²⁾	3.75	3.37	2.33
グリシン	4.74	4.73	3.20
ヒスチジン	1.30	1.23	1.72
イソロイシン	2.43	2.29	2.44
ロイシン	4.37	4.12	4.12
リジン	4.69	4.38	3.48
メチオニン	1.63	1.53	0.88
シスチン	0.36	0.29	0.36
フェニルアラニン	2.33	2.07	2.55
チロシン	1.70	1.57	5.48
トレオニン	2.63	2.47	2.49
バリン	2.79	2.62	3.96
セリン	2.53	2.13	3.30
プロリン	2.87	2.78	4.12
アラニン	3.96	3.99	3.38
アスパラギン酸	5.75	5.36	5.49
グルタミン酸	7.94	7.74	5.59

¹⁾ 100 - (水分 + 粗蛋白質 + 粗脂肪 + 粗灰分) = 可溶性無窒素物 + 粗繊維。

²⁾ 原物中。

表 2. 試験飼料の組成

組 成 (%)	対照飼料区	コチニール残渣配合飼料区	
		50% 代替区 ²⁾	100% 代替区 ³⁾
トウモロコシ	55.0	55.0	55.0
大豆粕	21.5	21.5	21.5
コーングルテンミール	7.0	7.0	7.0
魚粉 (CP65%)	4.0	2.0	—
(CP60%)	4.0	2.0	—
コチニール残渣	—	4.0	8.0
DL-メチオニン	0.1	0.1	0.1
食塩	0.2	0.2	0.2
炭酸カルシウム	7.35	7.35	7.35
第三リン酸カルシウム	0.6	0.6	0.6
カラープレミックス ¹⁾	0.2	0.2	0.2
トレオニン	0.05	0.05	0.05
計算値			
粗蛋白質 (%)	24.00	24.08	24.17
カルシウム (%)	3.51	3.32	3.13
総リン (%)	0.65	0.55	0.48
非フィチンリン (%)	0.47	0.36	0.26

¹⁾ 飼料 1 kg あたりの添加量 (mg): ビタミン A 20.4; ビタミン B₁ 1.0; ビタミン B₂ 4.3; ビタミン B₆ 1.7; ビタミン₁₂ 0.3; ビタミン D 36.5; ビタミン E 10.6; ビタミン K 32.5; パントテン酸カルシウム 6.1; ニコチン酸 8.1; 塩化コリン 333.3; 葉酸 0.2; 炭酸マンガ 3.2; 硫酸鉄 65.2; 硫酸銅 11.4; 炭酸亜鉛 70.4; ヨウ素酸カルシウム 0.6; キサントフィル 848.0.

²⁾ 魚粉の 50% (半量) をコチニール残渣で代替した区.

³⁾ 魚粉の 100% (全量) をコチニール残渣で代替した区.

プロリン含量がやや高い値を示した。表 2 は給与試験に用いた試験飼料の原料の組成とその配合割合を示したが、飼料の作成にあたっては、魚粉とコチニール残渣以外の原料はすべて同じ配合割合とした。計算された飼料中のカルシウム量は 3.13~3.51%, 総リン量は 0.48~0.65%, 非フィチンリン量は 0.26~0.47% となり、コチニール残渣の代替割合が高くなるにつれてそれらの値は低くなった。

表 3 に示したように、CP 含量の分析値は対照 (魚粉配合) 飼料では魚粉の 100% を代替したコチニール残渣配合飼料よりもやや高い値となった。粗脂肪含量はいずれも対照飼料と類似した値を示したが、粗灰分量はやや低い値であった。無機物含量について比較した結果、Ca, P 含量は魚粉の 100% をコチニール残渣で代替したコチニール残渣配合飼料では対照飼料に比較してやや低い値を示した。飼料中のアミノ酸含量についてみると、アルギニンからバリンまでの必須アミノ酸量はフェニルアラニンとチロシンを除いて魚粉の 100% を代替したコチニール残渣配合飼料では対照飼料に比べて少ない傾向がみられたが、コチニール残渣配合飼料と対照飼料でのアミノ酸量は近似した。

次に、コチニール残渣配合飼料を給与した時のウズラの産卵形質、飼料摂取量、飼料要求率および体重に及ぼす影響について検討した (表 4)。6~28 週齢までの産卵率はいずれの飼料区も 88~92% の値となり、魚粉の 50% を代替したコチニール残渣配合飼

料が最も高い値を示した。卵重は魚粉の 100% を代替したコチニール残渣配合飼料では対照飼料に比較していずれの週齢でも有意に低い値となったが、一方、魚粉の 50% を代替したコチニール残渣配合飼料では対照飼料と類似した値を示した。飼料摂取量も魚粉の 100% を代替したコチニール残渣配合飼料では低く、10 週齢と 28 週齢時で他の飼料区との間に有意差がみられた。飼料要求率は 10 週齢以外の週齢ではコチニール残渣配合飼料と対照飼料の間に有意差は認められなかった。体重は対照飼料とコチニール残渣配合飼料との間に有意差がみられなかったが、魚粉の 100% を代替したコチニール残渣配合飼料では他の飼料区に比べて低い傾向が認められた。なお、試験期間中における供試雛の死亡は認められなかった。

考 察

本研究は色素抽出後のコチニール残渣についてこれまで報告されている昆虫体と同様に魚粉の代替として利用が可能かどうかを明らかにするために、はじめにコチニール残渣の栄養成分の分析を行った。その結果、粗蛋白質含量は 66.4%, 粗脂肪含量は 10.5%, 粗灰分量は 3.9% の値となり、粗蛋白質、粗脂肪含量は魚粉よりもやや高い値となり、一方、粗灰分含量は非常に少ない値であった。これまで報告されている昆虫のバクダ、コオロギ、イエバエ幼虫・蛹、非刺咬性バエ幼虫、カイコ蛹などの栄養成分につ

崔ら：コチニール残渣の栄養価

表 3. 試験飼料の栄養成分

成 分 (%)	対照飼料	コチニール残渣配合飼料	
		50% 代替区 ³⁾	100% 代替区 ⁴⁾
水 分	8.9	9.4	9.8
粗蛋白質	25.7	25.0	24.6
粗脂肪	3.8	3.7	3.8
粗灰分	10.6	9.5	8.4
その他 ¹⁾	51.0	52.5	53.3
カルシウム ²⁾	3.26	2.92	2.58
リ ン	0.75	0.63	0.51
マグネシウム	0.18	0.17	0.16
カリウム	0.76	0.71	0.66
ナトリウム	0.20	0.18	0.16
鉄	0.015	0.017	0.020
銅	0.001	0.001	0.001
亜鉛	0.007	0.006	0.006
マンガン	0.005	0.005	0.005
アルギニン ²⁾	1.43	1.38	1.26
グリシン	1.20	1.05	0.99
ヒスチジン	0.66	0.66	0.62
イソロイシン	1.01	0.89	0.86
ロイシン	2.20	2.15	2.10
リジン	1.41	1.43	1.24
メチオニン	0.41	0.36	0.34
フェニルアラニン	1.74	1.84	1.81
チロシン	0.39	0.58	0.80
トレオニン	0.91	0.88	0.88
バリン	1.21	1.24	1.16
セリン	1.10	1.15	1.19
プロリン	1.57	1.69	1.57
アラニン	1.66	1.64	1.49
アスパラギン酸	2.17	2.10	1.99
グルタミン酸	3.95	3.55	3.37

¹⁾ 100 - (水分 + 粗蛋白質 + 粗脂肪 + 粗灰分) = 可溶性無窒素物 + 粗繊維.²⁾ 原物中.³⁾ 魚粉の 50% (半量) をコチニール残渣で代替した区.⁴⁾ 魚粉の 100% (全量) をコチニール残渣で代替した区.

いてみると、粗蛋白質含量は、42.0～76.0% (報告値の平均 59.7%)、粗脂肪含量は 6.7～35.0% (報告値の平均 16.4%)、粗灰分含量は 4.2～28.9% (報告値の平均 7.9%) であり、いずれの成分も大きいバラツキを示している。三橋 (1984) はこれらの成分の値は昆虫の種類、雌雄、発育段階、栄養条件などで変わってくると指摘しており、これらの要因がバラツキを大きくしたものと推察される。上記の昆虫の平均値と本実験で得られたコチニール残渣の値を比較してみると、コチニール残渣は上記の昆虫と同様に高い蛋白質含量を有しているものの、粗灰分含量はやや低いことが明らかとなり、コチニール残渣を魚粉の代替として利用する場合はその特性を十分考慮する必要があることが示唆された。

昆虫の Ca, P の無機物含量についても検討がなされ、コオロギ

(Nakagaki *et al.*, 1987), イエバエ幼虫・蛹 (Teotia and Miller, 1974; Ravindran and Blair, 1993; 稲岡ら, 1999), カイコ蛹 (Ravindran and Blair, 1993), アメリカミズアブ (Ravindran and Blair, 1993), ゴミムシダマシ幼虫 (Despins and Axtell, 1995) などで検討されている。Ca 量は 0.13～1.0% (報告値の平均 0.6%)、P 量は 0.85～3.0% (報告値の平均 1.3%) である。本実験で得られたコチニール残渣の Ca 量は 0.24%、P 量は 0.30% となり、いずれも昆虫の平均値より低く、特に P 量は昆虫のどの報告値よりも低い値となっている。本実験では Ca, P に加えて、Mg, K, Na 量もコチニール残渣では非常に低いことを認めている。

必須アミノ酸であるアルギニン、リジン、メチオニンの含量はコチニール残渣では魚粉に比べて少ない傾向が認められた。稲岡

表 4. コチニール残渣が産卵成績, 飼料摂取量, 飼料要求率および体重に及ぼす影響

項 目	週 齢	対照飼料	コチニール残渣配合飼料	
			50% 代替区 ²⁾	100% 代替区 ³⁾
産卵率 (%)	6~28	89.5±2.3 ¹⁾	92.4±1.4	88.1±1.6
卵 重 (g)	6	8.6±0.07	8.3±0.13	8.4±0.07
	10	9.5±0.03 ^{ad)}	9.4±0.02 ^a	9.2±0.05 ^b
	20	10.1±0.07 ^a	9.9±0.04 ^a	9.5±0.04 ^b
	28	10.2±0.05 ^a	9.9±0.04 ^b	8.9±0.04 ^c
飼料摂取量 (g/羽/日)	6	18.1±0.4	18.2±0.3	17.5±0.4
	10	19.8±0.2 ^a	19.2±0.3 ^a	17.8±0.2 ^b
	20	19.8±0.3	20.0±0.4	18.8±0.3
	28	19.9±0.6 ^a	20.6±0.2 ^a	17.9±0.3 ^b
飼料要求率	6	2.1±0.04	2.2±0.03	2.1±0.05
	10	2.1±0.02 ^a	2.0±0.03 ^{ab}	1.9±0.02 ^b
	20	2.0±0.03	2.0±0.05	2.0±0.04
	28	1.9±0.05	2.1±0.02	2.0±0.03
体 重 (g)	6	107.5±2.2	107.5±2.3	107.6±2.3
	10	129.7±2.0	130.1±2.3	124.1±2.2
	20	136.3±2.4	135.7±2.3	132.9±1.9
	28	138.6±2.3	137.5±2.4	133.7±3.0

¹⁾ 平均値±標準誤差.²⁾ 魚粉の 50% (半量) をコチニール残渣で代替した区.³⁾ 魚粉の 100% (全量) をコチニール残渣で代替した区.⁴⁾ 異符号間で有意差あり (P<0.05).

ら (1999) によると, イエバエ幼虫・蛹のアミノ酸組成は魚粉と全体的に類似したものの, アルギニン, リジン, メチオニンの含有率は魚粉よりやや低かったことを認めており, 本実験で得られたコチニール残渣の結果と類似している。Calvert *et al.* (1969), El Boushy *et al.* (1985) はイエバエ幼虫・蛹では魚粉に比べて全体的にアミノ酸含量が低かったことを報告し, Ravindran and Blair (1993), Sugimura *et al.* (1984) もバタで同様の結果を得ている。DeFoliart *et al.* (1982) はコオロギのアミノ酸含量は大豆粕と比較して必須アミノ酸のアルギニン, リジン, メチオニン・システニンに加えてフェニルアラニン, トリプトファンも不足していることを報告している。このように, コチニール残渣では昆虫と同様に必須アミノ酸含量は少ないことが明らかになった。

対照 (魚粉配合) 飼料とコチニール残渣配合飼料の栄養成分についてみると, CP 含量は魚粉の 100% を代替したコチニール残渣配合飼料では魚粉配合飼料よりも約 1% 低い分析値が得られた。飼料配合前のコチニール残渣の CP 含量は魚粉よりも高い分析値が得られていること, 飼料配合の際には魚粉の半量あるいは全量をそのままコチニール残渣で置き換えているが, 他の飼料原料は同じ割合で配合されていることを考慮すると, 矛盾した結果となっている。この理由としてはコチニール残渣の抽出・乾燥の技術的問題, コチニール残渣の吸水性, ロット差, 試料の不均一性など考えられる。卵殻の形成や骨の発育に必要な Ca と P の無機物に着目してみると, 魚粉を半量あるいは全量代替したコチ

ニール残渣配合飼料での Ca 量は各々 2.92%, 2.58% となり, 対照区の 3.26% より低かったが, いずれもウズラの要求量 2.50% (産卵期) を満たしている。また, P 量は魚粉を半量あるいは全量代替したコチニール残渣配合飼料では各々 0.63%, 0.51% となり, 対照区の 0.75% より低い値になっている。魚粉を全量代替したコチニール残渣配合飼料での非フィチンリン酸 (有効リン) 量は計算値の 0.26% (表 2) に近似した値とみられ, ウズラの要求量 0.35% を満たさず, 不足していることが示唆された。

ウズラでの給与試験の結果, 対照飼料と魚粉の 50% を代替したコチニール残渣配合飼料の間では, 産卵率, 卵重 (28 週齢を除く), 飼料摂取量, 飼料要求率, 体重に有意差が認められなかったことから, ウズラの産卵期間においては魚粉の半量をコチニール残渣と代替することが可能であることが示された。しかしながら, 魚粉の 100% を代替したコチニール残渣配合飼料では対照飼料に比べて卵重, 飼料摂取量は有意に低く, 体重は低くなる傾向が認められており, このことは魚粉の全量をコチニール残渣と代替することができないことを意味している。

Fagoonee (1983) は魚粉の代替としてカイコ蛹 50 g/kg (5% 添加飼料) を鶏に 6 週間給与した結果, 体重, 増体重, 飼料摂取量, 飼料効率に影響がみられなかったが, 100 g/kg (10% 添加飼料) ではこれらの生産形質は著しく低下したことを報告している。Ichhponani and Malik (1971) も魚粉 (10%) を脱脂カイコ蛹で全部代替すると, 生産形質が劣り, その半分量である 5% は代替が可能であることを認めている。Agunbiade *et al.* (2007) は

50 週齢の産卵鶏を用いた給与実験で、魚粉（飼料中全蛋白質含量の 25%）をヒロズキンバエ幼虫で全量代替した場合は産卵率が低下したが、半量の代替では産卵率に悪影響を及ぼさなかったことを報告している。このように、本実験の結果と同様に昆虫の代替量を多くした場合には、生産形質に悪い影響を及ぼすことが認められているが、これらの報告ではその原因については明らかにされていない。前記のように、本実験では、魚粉の全量を代替したコチニール残渣配合飼料では非フィチンリン（有効リン）量の低い値が認められ、この有効リン量の少ないコチニール残渣配合飼料では生産形質が劣る結果となっている。小嶋ら（2008）は厨房残渣の有効利用を図るために、28 週齢の産卵鶏を用いて市販配合飼料の 50% を乾燥厨房残渣と代替した実験を行ったが、非フィチンリン量（有効リン量）の少ない乾燥厨房残渣と代替した飼料（非フィチンリン量 0.22%）では市販配合飼料（非フィチンリン量 0.36%）に比べて体重、飼料摂取量、産卵率、卵重、飼料要求率は有意に劣ったことを報告しており、本実験の結果を裏付けている。有効リン量が生産形質に及ぼす影響については、産卵鶏を用いた有効リンの添加実験で確認されている。Klingensmith and Hester（1983）は 0.2～0.4% の 3 水準の有効リンを、また Summers（1995）は 0.2 と 0.4% の 2 水準の有効リンを取り上げ、検討したが、いずれも 0.2% の低い水準では飼料摂取量、産卵率、卵重が有意に低下したことを報告している。田中ら（1991）も 0.2% の有効リン水準では産卵上昇期（20～36 週齢）で飼料摂取量、卵重の有意な低下を認めている。米持ら（2004）は 0.18～0.34% の 5 水準の有効リンを添加したアミノ酸添加低蛋白質飼料（CP14.0%）を 318 日齢の成雛に 6 週間給与したが、その結果、0.30% 以下の水準では飼料摂取量、体重は減少する傾向を認め、0.18% の低水準では顕著になったと報告している。このように、本実験の場合と同様に鶏でも非フィチンリン（有効リン）の要求量（0.30%）が下回る場合は飼料摂取量が減少し、体重、増体量、卵重が減少することが明らかとなっている。飼料中の有効リン量は雛の成長や骨の形成の程度を直接決定していることから（吉田，1982；馬ら，2008），魚粉を全量代替したコチニール残渣配合飼料での有効リン量の低値は飼料摂取量や卵重に影響を与えた大きな要因と推察された。一方、本実験では、産卵率には有効リンの影響は認められなかった。米持ら（2004）も 0.30% 以下の有効リン低水準では産卵率の低下を認めなかったが、この理由として、産卵鶏は飼料由来の有効リンが不足しているために、骨に蓄積した P を動員して産卵を継続していたことを挙げている。ウズラでも鶏と同様の理由が考えられるが、ウズラと鶏では実験に使用した雛の年齢や給与期間などが異なっていることから、今後、ウズラでの有効リンと産卵率の関係については更なる検討を加えることが必要である。

本実験でコチニール残渣の代替として取り上げた魚粉には動物性の蛋白源に富むカルニチンが含まれ、このカルニチンは雛の成長に関わっていることが示唆（Takahashi *et al.*, 2004）されていることから、魚粉を全く含まないコチニール残渣配合飼料（魚粉の 100% をコチニール残渣で代替）ではカルニチン量が著しく減少し、そのために雛の成長や卵重に悪影響を及ぼした可能性も考えられる。今後、カルニチン量と雛の成長および産卵形質の関係

を明らかにするために、魚粉を含まないコチニール残渣配合飼料へのカルニチンの添加実験および飼料中カルニチンの定量実験を行うことは必要と考えている。

以上の結果から、ウズラでは魚粉の半量をコチニール残渣と代替した場合、対照（魚粉配合）飼料と同等の成績を示したことから、コチニール残渣は魚粉の代替として利用が可能であり、魚粉の 50% を代替したコチニール残渣配合飼料の給与は実用性があるとみられる。

引用文献

- Agunbiade JA, Adeyemi OA, Ashiru OM, Awojobi HA, Taiwo AA, Oke DB and Adekunmisi AA. Replacement of fish meal with maggot meal in cassava-based layer diets. *Journal of Poultry Science*, 44 : 278-282, 2007.
- Calvert CC, Martin RD and Morgan NO. House fly pupae as food for poultry. *Journal of Economic Entomology*, 62 : 938-939. 1969.
- Calvert CC, Morgan NO and Martin RD. House fly larvae : Biodegradation of hen excreta to useful products. *Poultry Science*, 49 : 588-589. 1970.
- Dashefsky HS, Anderson DL, Tobin EN and Peters TM. Face fly pupae ; A Potential supplement for poultry. *Environmental Entomology*, 5 : 680-682. 1976.
- DeFoliart GR, Finke MD and Sunde ML. Potential value of the Mormon cricket (Orthoptera : Tettigoniidae) harvested as a high-protein feed for poultry. *Journal of Economic Entomology*, 75 : 848-852. 1982.
- Despins JL and Axtell RC. Feeding behavior and growth of broiler chicks fed larvae of the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Poultry Science*, 74 : 331-336. 1995.
- 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構編. 日本飼養標準成分表（2001 年度版）. 中央畜産会. 東京. 2001.
- 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構編. 日本飼養標準家禽（2004 年度版）. 中央畜産会. 東京. 2004.
- EL Boushy AR, Klaassen GJ and Ketelaars EH. Biological conversion of poultry and animal waste to a feedstuff for poultry. *World's Poultry Science Journal*, 41 : 133-145. 1985.
- Fagoonee I. Possible growth factors for chickens in silk worm pupae meal. *British Poultry Science*, 24 : 295-300. 1983.
- Finke MD, Sunde ML and DeFoliart GR. An evaluation of the protein quality of Mormon crickets when used as a high protein feedstuff for poultry. *Poultry Science*, 64 : 708-712. 1985.
- 早川博文. 食糞性昆虫による家畜排泄物の処理と再資源化. 昆虫産業. 地上最大の未利用資源の活用 梅谷献二編. pp 89-109. 農林水産技術情報協会. 東京. 1997.
- Ichhponani JS and Malik NS. Evaluation of de-oiled silkworm pupae meal and corn-steep fluid as protein sources in chick rations. *British Poultry Science*, 12 : 231-234. 1971.
- 稲岡 徹・大久保吾良・横田真良・武政正明. 鶏の排泄物処理によって得られるイエバエ幼虫および蛹の飼料価値. 日本家禽学会誌. 36 : 174-180. 1999.
- Klingensmith PM and Hester PY. The relationship of dietary levels of phosphorus to the production of soft-shelled and shell-less eggs. *Poultry Science*, 62 : 1860-1868. 1983.
- 小嶋禎夫・鈴木亜由美・丸田里江. 乾燥処理した厨房残さを配合した飼料中のカルシウムおよびリン水準が産卵鶏の産卵成績お

- よび卵殻質に及ぼす影響. 日本家禽学会誌, 45 : J66-J73, 2008.
- Koo SI, Currin TA, Johnson MG, King EW and Turk DE. The nutritional value and microbial contents of dried face fly pupae (*Musca autumnalis* (De Geer)) when fed to chicks. Poultry Science, 59 : 2514-2518, 1980.
- 馬 瑞銘・佐藤勝紀・及川卓郎・岡田 徹・内田秀司. フィターゼ添加がウズラの初期成長に及ぼす影響. 日本家禽学会誌, 45 : J9-J15, 2008.
- 三橋 淳. 世界の食用昆虫. 古今書院. 東京. 1984.
- 三橋 淳編著. 虫を食べる人びと. 平凡社. 東京. 1997.
- Nakagaki BJ, Sunde ML and DeFoliart GR. Protein quality of the house cricket, *Acheta domesticus*, when fed to broiler chicks. Poultry Science, 66 : 1367-1371, 1987.
- Ocio E, Viñaras R and Rey JM. House fly larvae meal grown on municipal organic waste as a sources of protein in poultry diets. Animal Feed Science and Technology, 4 : 227-231, 1979.
- Ravindran V and Blair R. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. III. Animal protein sources. World's Poultry Science Journal, 49 : 219-235, 1993.
- Ri E, Sato K, Oikawa T, Kunieda T and Uchida H. Effects of dietary protein levels on production and characteristics of Japanese quail eggs. The Journal of Poultry Science, 42 : 130-139, 2005.
- 佐藤勝紀・崔 勇権・市 隆人. 魚粉の代替としてのコチニール残渣の特性. 関西畜産学会報, 162 : 7-13, 2008.
- Sugimura K, Hori S, Kurihara Y and Itoh S. Nutritional value of earthworms and grasshoppers as poultry feed. Japanese Poultry Science, 21 : 1-7, 1984.
- Summers JD. Reduced dietary phosphorus levels for layers. Poultry Science, 74 : 1977-1983, 1995.
- Takahashi K, Matsushita K and Akiba Y. Effect of substitution of fish meal with soybean meal on growth performances and excreta moisture contents during immunological stimulation in male broiler chicks. Journal of Poultry Science, 41 : 241-247, 2004.
- 田中浩人・白崎克治・平原 実・柏木 忍・金堂正也・島松亀久雄・古賀芳文・松崎正治・堀 英臣・北原 拓. 九州地域における採卵鶏適正飼料組成の探索 非フィチンリンの適正水準の究明. 日本家禽学会誌, 28 : 71-80, 1991.
- Teotia JS and Miller BF. Fly pupae as a dietary ingredient for starting chicks. Poultry Science, 52 : 1830-1835, 1973.
- Teotia JS and Miller BF. Nutritive content of house fly pupae and manure residue. British Poultry Science, 15 : 177-182, 1974.
- Wang D, Zhai SW, Zhang CX, Zhang Q and Chen H. Nutrition value of the Chinese grasshopper *Acrida cinerea* (Thunberg) for broilers. Animal Feed Science and Technology, 135 : 66-74, 2007.
- 吉田 実. ブロイラーの有効リン要求量の見直し (6). 畜産の研究, 3 : 1298-1302, 1982.
- 米持千里・藤崎浩和・花積三千人・橋元康司・高木久雄. アミノ酸添加低蛋白飼料給与時の産卵鶏における非フィチンリン要求量. 日本家禽学会誌, 41 : J201-J206, 2004.

Nutritional Value of Cochineal Waste for Japanese Quail (*Coturnix japonica*)

Yong Quan Cui¹, Katsunori Sato¹, Tetsuo Kunieda¹, Takuro Oikawa¹ and Takahito Ichi²

¹ Graduate School of National Science and Technology, Okayama University, 3-1-1, Tsushima-naka, Okayama 700-8530

² San-Ei Gen F.F.I. Incorporation, Okayama factory, 570, Akano, Maniwa, Okayama-Ken, 719-3126

Experiments were conducted to determine the nutritional value of cochineal waste produced by San-Ei Gen F.F.I. Inc., Okayama Factory, Maniwa City, Okayama Prefecture as a replacement for fish meal. In the first trial, the nutritional contents of cochineal waste and cochineal waste feed produced by substituting fish meal with cochineal waste were measured. In the second trial, the cochineal waste feed was given to female quail chicks aged 6 weeks, and its effects on the subsequent growth and production performance were evaluated. The nutritional value of cochineal waste was 66.4% crude protein, 10.5% crude fat, and 3.9% crude ash. The crude protein content of cochineal waste was slightly higher than that of fish meal. However, the crude ash content was very low, and the Ca, P, K, Na, and Mg contents were markedly low in cochineal waste. The Ca and P contents of the cochineal waste feed were lower than those of the fish meal feed, whereas the amino acid contents in cochineal waste feed were comparable with those of fish meal.

The egg weight, feed consumption, and body weight of the chicks fed cochineal waste (100% replacement of fish meal) were inferior to those of the control (fish meal content) from 6 to 29 weeks of age. However, no significant differences in egg production, egg weight (except at 28 weeks of age), feed consumption, feed conversion, and body weight were observed between the control and chicks fed cochineal waste (50% replacement of fish meal). The results revealed that the half of the fish meal can be replaced by cochineal waste during the laying period in Japanese quail.

(*Japanese Journal of Poultry Science*, 47 : J14-J21, 2010)

Key words : cochineal waste, nutritional content, quail, replacement, fish meal