

原 著

屑米と陳皮サイレージを活用した採卵鶏自家配合飼料給与が

産卵成績に及ぼす影響

祐森誠司¹・押尾優汰¹・鈴木希美²・渡邊貴之²・青山東一²

¹静岡県立農林環境専門職大学生産環境経営学部, 磐田市富丘 678-1, 438-8577

²静岡県立農林環境専門職大学短期大学部, 磐田市富丘 678-1, 438-8577

要 約 自給飼料資源の有効活用を目指して、本試験は陳皮をサイレージ調製して屑米と共に採卵鶏に給与した際の鶏卵生産量と卵黄色に及ぼす影響を検討した。市販飼料を給与する対照区に比べて試験区では水分含量の高いサイレージが 50%を超えて含まれるため、乾物である摂取栄養素量の不足が生じていると推定された。摂取栄養素量を高めるために試験区の給与量を 1.5 倍に高めたところ、試験区採食量は対照区よりも 1.3~1.4 倍高まった。しかし、乾物摂取量は試験区が少なかった。試験区の産卵数が対照区に比べて少ない傾向 ($P<0.05$) にあるのは摂取栄養素量が少ないことに加え試験区の飼料ではペクチンのような繊維含量が多いため摂取栄養素の消化吸収に負の作用が働いたと考えられ、血中成分はこれらを裏付ける内容であった。また、卵黄色を示すカラーチャートの値は対照区 12.5 に対して試験区が 4.7 であり、有意に ($P<0.01$) 低かったが、色調として赤みは低下したが黄色を維持していた。卵黄に含まれる β -クリプトキサンチンは試験区で対照区の約 4 倍となった。

キーワード: 屑米、陳皮サイレージ、産卵成績、 β -クリプトキサンチン

受領日: 05.02.2025. 受理日: 17.02.2025.

日本畜産環境学会会誌

緒 言

世界情勢が不安定となることで穀類を主とした飼料の流通に支障を来たし飼料価格が高騰している最中、鳥インフルエンザの感染が拡大することで殺処分される採卵鶏が増加し、その結果として鶏卵生産量の減少を反映して鶏卵価格の高止まりを招いている。このような養鶏業を取り巻く情勢の中、自給飼料資源の有効活用は重要であり、その一環として飼料用米の利用が検討されている。飼料用米の栄養的な価値はトウモロコシと同程度であり、実際に家畜、家畜に給与する場合は、消化能力に応じて粗

取り除くことは推奨されるが粒度については全粒でも粉砕物でも大きな差は認められない [7, 11, 12]。加えて肉用鶏ではトウモロコシに含まれる黄色色素が体脂肪に蓄積することを予防する必要があるが、飼料用米では黄色色素を含まないためこの心配は不要である。一方、採卵養鶏では卵黄色をトウモロコシの黄色色素に依存する割合が大きく、飼料用米をトウモロコシに代替することによる卵黄の退色が問題であった [9]。著者らは静岡県内において低利用の有機資源であり、黄色色素を豊富に含むみかん加工残さである外皮 (陳皮) を飼料用米

産卵成績への屑米と陳皮サイレージ給与の影響

と組み合わせて飼料として利用することを検討してきた[4, 11]。この飼料を活用して生産される鶏卵の質と量に問題が生じなければ国産資源の有効活用が推進でき、飼料自給率の向上に寄与すると考えられる。この取り組みでは、はじめに陳皮乾燥品と屑米で調製した飼料と市販飼料を1:1で混合して給与した場合、産卵成績や卵黄の色調に大きな差が生じないことを確認[4]した。次なる段階として飼料米と乾燥陳皮を活用した自家配合飼料での産卵成績について検討した結果、陳皮乾燥品を給与した区の成績が不良であった。この原因は試験開始当初の陳皮の粒度が荒過ぎたことで採食量が低下し、陳皮から確保されると想定した栄養素および色素等の減少が影響したことが原因であると考えられた[11]。本試験では陳皮の保存に手間と時間を要する乾燥処理ではなく、粉碎した生の陳皮を一般的に嗜好性が高いといわれるサイレージ調製して保存することで採食量の改善と利用性の向上を目指した。

材料および方法

陳皮サイレージの調製

陳皮は2024年2月にみかんの瓶詰めを加工調製している農家から廃棄予定の物を無償で譲り受けた。手元に集まった陳皮は、フードプロセッサ（Cuisinart製DLC-NXPLUS）を用いて概ね米粒大に粉碎し、市販の布団圧縮袋に約30kgを収納して空気を押し出しながら集塵機で脱気を行い、密封後に重石等を載せることなく使用時まで約200日間室温で保存した。

供試鶏と飼育管理条件

供試鶏は生後82日齢で導入した30羽のボリスブラウンを用いた。導入直後に無作為に1区15羽の2区に分けた。鶏舎はエイビアリーシステムの平飼いで飼育密度は15羽/5m²とした。照明は白色蛍光灯を用いて試験飼料への馴致を始めた時点で朝6:00から夕刻18:00の点

灯とした。また、朝の給餌時間で25°Cを超えて暑熱環境と判断した際には空冷式パッケージエアコン（三菱電機（株）製：MD-25RF1-F）を用いて鶏舎上部空間に毎分11m³の風量で首振りの送風処理を行ない、熱帯夜が予測される際には夜間の送風も行なった。

供試飼料

飼料は産卵安定期（200日齢）まで両区共に市販飼料を給与し、飲水は自由とした。試験開始にあたり対照区は市販飼料（エッグパートナー17:JAくみあい飼料）のままとし、試験区は屑米、陳皮サイレージ、大豆粕、魚粉、牡蠣殻、植物油を用いて、市販飼料と粗タンパク質、エネルギー、カルシウム含量が同等となるように配合設計して調製した（表1）。この試験飼料への馴致を1週間として飼育試験を開始した。なお、飼料摂取と飲水は自由とした。

表1 試験区に使用した飼料の組成

試験区飼料原料	現物配合重量 (kg)
屑米	4.4
陳皮サイレージ	7.79
魚粉	0.3
大豆粕	2.7
牡蠣殻	0.3
植物油	0.3
プレミックス	0.2

試験期間と測定項目

飼育試験期間は9月24日～10月21日の4週間とし、測定項目は毎日の飼料摂取量、産卵数、卵重とした。また、期間を通じた飼料効率と全農カラーチャートを用いた卵黄色の比較は毎週1回行なった。なお、馴致開始時と試験終了後に翼下静脈より2～3mL採血して、血清を調製し（株）SRLに下記項目（総タンパク質、アルブミン、血糖、総コレステロール、尿酸、カルシウム(Ca)、リン(P)、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ(AST)、アルカリフォスフ

産卵成績への屑米と陳皮サイレージ給与の影響

オターゼ(ALP)、 γ グルタミルトランスペプチダーゼ(GGT)について委託分析して生理状態を確認した。調製したサイレージおよび配合飼料の一般成分については十勝農業協同連合会農産化学研究所に、卵黄中の β -クリプトキサンチン含量については日農化学工業(株)に委託して分析した。

統計処理

本試験では性質上、区の反復試験の実施が困難であったため、毎日の飼料摂取量、産卵数、卵重および飼料効率について飼料処理の違いによる有意差は有意水準を $P < 0.01$ とし、 $0.01 < P < 0.05$ は傾向として反復のない一元配置分散分析(Excel 統計)を用いて判定を行った。

動物実験指針

本試験は静岡県立農林環境専門職大学動物実験指針に基づいて審査・承認(24-0409b)されて実施した。

結果および考察

本試験期間を通じて事故等による斃死鶏は認められなかった。

陳皮サイレージおよび供試飼料成分

室温で密封保存した陳皮サイレージは表2に示すように開封時にpHは3.6まで低下し、水分が約80%と高めであったが、カビの発生

表2 供試飼料および陳皮サイレージの化学成分(分析値)

	対照区飼料 (市販飼料)	試験区飼料 (自家配合)	陳皮サイレージ (pH3.6)
現物中%			
水分	11.9	46.9	80.4
乾物	88.1	53.1	19.6
乾物中%			
CP	21.2	23.1	7.4
粗脂肪	6.4	5.2	1.0
繊維	19.0	30.3	71.9
可溶無窒素物	37.8	33.2	15.4
粗灰分	15.6	8.2	4.3
Ca	4.21	1.7	0.78
P	0.66	0.6	0.1

十勝農業協同組合連合会分析結果

や異常発酵は一切認められなかった。なお、pHの低下は一般的なサイレージの乳酸発酵とは異なり酢酸の発生によるものであった。北口[3]は、短鎖脂肪酸はペクチンを含む難消化性食物繊維が微生物に資化されて生じる代謝産物であるとしており、陳皮のアルベト組織に多く含まれる資化性の高いペクチン[5、8、13]が酢酸の産生に影響したと考えられる。また、このサイレージを原料として利用した試験区飼料は水分含量が高く、相対して乾物割合が低かった。しかし、乾物中の各種成分含量は繊維が高く、粗灰分、特にCaが低かったもののその他の成分には大きな差は認められなかった。Caの不足については牡蠣殻におけるCaの割合を配合設計時に補正していなかった事が原因と考えられた。

飼育試験成績(表3) および血中成分

本試験では自由摂取管理の下で実施しており、飼料剛致を行っている期間に試験区で開始3日程度に飼料摂取量の低下が認められ、それにより数日後の3日間に産卵数の低下が認められた。その後飼料摂取量は対照区と同等の量に回復し、対照区との間に有意な差は認められなかったが、産卵数は低下した状態が維持され、低くなる傾向($P < 0.05$)にあった。Fujitaら[1]は、採卵鶏への制限給水が飼料摂取量を抑制し、産卵成績を引き下げたと報告しているが、本試験ではFujitaら[1]とは逆に試験区飼料では水分含量の高いサイレージが50%を超えて含まれており自由摂取で採食しているが飼料への順化が進むに連れて乾物摂取量の不足、すなわち必要栄養素の摂取不足が生じている可能性が推定された。そこで試験開始2週目当初に乾物摂取量の増加を想定して試験区の給与量を1.5倍に高めた結果、第2~4週に採食量(現物摂取量)は試験区が対照区よりも1.3~1.4倍高い量で推移した。しかし、乾物摂取量は対照区(111.0g/日)に対して試験区(87.8g/日)は

産卵成績への屑米と陳皮サイレージ給与の影響

表3 飼料摂取量、DM摂取量、卵重、飼料効率、産卵率の平均値の推移

	第1週		第2週		第3週		第4週		総合		P値
	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	
飼料摂取量 (g/日)	122.4±22.7	114.0±10.8	124.2±0.2	148.9±48.2	133.2±23.9	165.7±17.5	120.7±8.7	168.8±21.5	125.1±10.8	153.0±28.0	<0.01
DM摂取量(g/日)	107.9±21.6	60.6±5.7	109.5±0.0	86.7±8.8	117.4±21.1	88.0±9.3	106.3±7.6	89.6±11.4	110.2±8.4	81.2±7.9	<0.01
卵重 (g/個)	60.6±1.4	56.3±1.8	62.7±1.0	57.7±1.4	63.9±1.9	59.2±2.4	69.0±3.4	59.0±1.2	64.0±0.5	58.1±0.1	<0.01
飼料効率	50.9±9.0	49.8±5.4	50.5±0.8	35.7±4.0	48.9±6.8	36.1±4.2	57.5±6.1	35.5±5.1	52.0±1.7	39.3±2.1	<0.01
産卵率 (%)	99.0±2.5	45.7±19.4	99.0±2.5	61.9±7.4	94.3±4.6	54.3±4.6	98.1±3.3	57.1±7.6	97.6±0.5	54.8±5.3	<0.01

平均値±標準偏差、n=7

有意(P<0.01)に少なかった。よって産卵数が対照区に比べて少ない傾向(P<0.05)にあるのは、馴致開始から給与量の修正を行うまでの期間での栄養素摂取の低下に加え、給与量を高めても要求量の充足が不十分であったことによると考えられた。また、産卵率の推移において対照区では95%以上を維持しているのに対し、試験区は試験期間中を通じて60%前後で推移しており、試験区飼料において乾物中の繊維が多いことが摂取栄養素の消化吸収に対しても負の作用として働いた可能性が考えられた。この繊維には前述のようにペクチンが豊富に含まれている[5、8、13]。ペクチンは低pH環境下ではCaイオンと反応してゲル化することが知られており、この中に脂質等の栄養素を閉じ込めて吸収阻害を誘起するとされている[3]。このゲル化はpHが4.7以下になると強まるとされており[6]、本試験では飼料中Caが少ないだけでなく、ペクチンとCaが反応した軟消化性のゲルとなったことでCaの吸収にも影響することで、産卵率の低下を誘起したかもしれない。表4に血中成分の変化を示したが、試験区では血中のCa含量が有意に(P<0.01)に低くなっていると同時に、変動幅が大きいため有意差は認

められなかったがCaの代謝異常を示唆するALP値が高まっていた[2]。これは飼料中の乾物割合が低いことで破骨細胞の活性化で卵殻のCaを供給し、ある程度の産卵が維持されていたと推察された。前述内容以外では対照区は試験開始前と大きな差はなく安定しているが、試験区ではアルブミンが有意に(P<0.01)に低く、総タンパク質も差は認められなかったが低い値となっていた。これらの値からは飼料中のCP含量が低いことが想定されるが、飼料成分として乾物中のCP含量は試験区飼料で高いことから、消化吸収において試験区が好ましくない状況にあったと推察された。食物繊維の摂取量に応じた腸管粘膜の構造が変化することは古くから知られており、ペクチンもこの現象に関係していることが示唆されている[7]。さらにこのような構造変化によって腸管内容物に含まれる窒素、脂質、粗灰分としてナトリウムやカリウムが増加することが報告されており、これはこれら栄養素の吸収阻害が生じていることを示唆するものである[12]。ただし、これらの生理状態を示す値は前回[11]の陳皮乾燥品を利用した自家配合飼料の給与よりも改善されていることを示しており、陳皮をサイレージとして利用することは

表4 血中成分の変化

		給与試験開始前	対照区	試験区	試験区間の比較
		n=10	n=5	n=5	
総タンパク質	(g/dL)	5.2±0.6	5.5±0.8	4.4±1.0	ns
アルブミン	(g/dL)	2.2±0.2	2.3±0.2	1.7±0.3	P<0.01
血糖	(mg/dL)	216.5±24.0	239±7	219±16	P<0.05
総コレステロール	(mg/dL)	122.2±19.6	130±36	101±39	ns
尿酸	(mg/dL)	4.6±1.3	3.1±0.5	3.7±1.5	ns
Ca	(mg/dL)	26.0±3.2	27.9±4.1	15.0±3.3	P<0.01
P	(mg/dL)	4.4±3.0	4.1±0.8	3.4±1.4	ns
AST	(IU/L)	162.9±16.4	154.2±13.3	206.8±98.9	ns
ALP	(IU/L)	325.1±143.2	379.0±185.6	1593.0±1041.4	ns
GGT	(IU/L)	28.8±4.1	25.0±2.7	33.4±8.4	ns

して利用することは採食量を高めるとともに利用性も向上せしめると考えられた。

卵黄の性状

卵黄色を示すカラーチャートの試験期間を通じた平均値は

産卵成績への屑米と陳皮サイレージ給与の影響

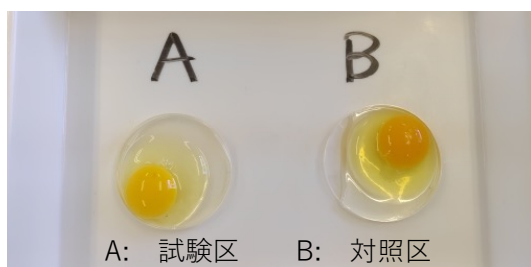


図1 試験最終週での卵黄色の比較（ヨークカラーファン値）
A: 3.3±2.1、B: 13.7±0.6（平均値±標準偏差；n=3）

表5 エッグカラー値と卵黄中のβ-クリプトキサンチン含量 (mg/kg)

	対照区	試験区	P値
エッグカラー値			
第1週	9.0±1.0	8.0±2.0	ns
第2週	11.3±0.6	6.3±0.6	P<0.01
第3週	12.0±0.0	5.7±0.6	P<0.01
第4週	13.7±0.6	3.3±2.1	P<0.01
β-クリプトキサンチン含量	0.429±0.03	1.674±0.73	P<0.05
平均値±標準偏差、n=3			

対照区12.5(11.3~13.7)に対して試験区が4.7(3.3~6.3) (図1)であり、試験区が有意に(P<0.01)低くなったが、色調として赤みは低下したが黄色を維持していた。さらに卵黄に含まれるβ-クリプトキサンチンの分析結果においては、表5に示すように試験区は対照区の約4倍となっており、陳皮として乾物で同量の配合であった前回[11]の1.5倍の増加に比して顕著に高まっており、対照区よりも高い傾向(P<0.05)が確認できた。これはサイレージとして利用した方が陳皮の摂取量を高めることを示唆するものと考えられた。

謝辞および摘要

本研究の遂行に当たり、陳皮を提供いただいたみかん農家の方々、供試鶏の飼育管理に携わったすべての学生各位に謝意を述べる。また、本試験はJAバンク静岡アグリサポートプログラム担い手育成支援事業の助成を受けて行った。なお、本報告の一部は令和6年度東海畜産学会大会において口頭発表を行なった。

文 献

[1] Fujita M, Ohya M, Yamamoto S (2001) Effects of water restriction on productive

performances, extra moisture, drinking behavior and hematological aspects of laying hens: *Japanese Journal of Livestock Management*: 37: 63-68.

[2] 鶏病研究会 (2016) 鶏の健康時および病態時の血液学的ならびに血液化学データ: *鶏病研報*: 52: 242-253.

[3] 北口公司 (2020) ペクチン摂取による生理機能制御と疾病予防効果: *応用糖質科学*: 10: 230-236.

[4] 熊崎ひかり、白石菜未、斉藤美優、青山東一、祐森誠司 (2023) 屑米を利用した採卵鶏飼料への陳皮添加が卵黄色に及ぼす影響: *日本畜産環境学会会誌*: 22: 9-16.

[5] 倉岡唯行、岩崎一男、日野 昭、辻 博美 (1975) 温州ミカンの浮皮に関する研究 (第3報) 果皮内ペクチン質ならびにカルシウム含量について: *園芸学雑誌*: 44: 15-21.

[6] 楠田かおり、西岡弘晶、池村 舞、西岡和子、東別府直紀、橋田 亨 (2017) ペクチン含有濃厚流動食の下痢改善効果に対する胃酸分泌抑制薬の影響: *日本静脈経腸栄養学会雑誌*: 32: 988-991.

[7] Langhout DJ, Schutte JB, Van Leeuwen P, Wiebenga J and Tamminga S (2010) Effect of dietary high- and low- methylated citrus pectin on the activity of the ileal microflora and morphology of the small intestinal wall of broiler chicks: *British Poultry Science*: 40: 340-347. Doi.org/10.1080/00071669987421.

[8] 松井繁幸、池谷守司 (2011) 配合飼料への粳米の混合が採卵鶏の生産性および卵質に及ぼす影響: *静岡県中小家畜試験センター研究報告*: 4: 35-40.

[9] 檜原 順、真部正敏 (1987) 温州ミカン果実の生長に伴うペクチンの性状変化: *日本食品工業学会誌*: 34: 386-391.

[10] 大北栄人 (2015) 機能性成分を活用した鶏卵の高付加価値化の検討 (第1報):

産卵成績への屑米と陳皮サイレージ給与の影響

<https://www.pref.ehime.jp>

[11] 押尾優汰, 石田 和, 渡邊貴之, 青山東一, 祐森誠司. 2024. 屑米と陳皮を利用した自家配合飼料給与による採卵成績. 日畜環境学会会誌 23, 24-30.

[12] Sandberg AS., Ahderinne R, Andersson H, Hallgren B, and Hulten L (1983) The effect of citrus pectin on the absorption of nutrients in the small intestine: Europe PMC: 37: 171-183.

[13] 相馬文彦, 山上善久, 小林正樹 (1982) 採卵鶏に対する飼料原料としてのエサ米配合

の影響 (1) 産卵期における成分無調整短期給与試験: 埼玉県養鶏試験場研究報告: 16: 11-19.

[14] 立川昌子, 河合恒祐 (2019) 採卵鶏における飼料用米 (モミ米) 給与方法 —長期給与による産卵および卵質への影響—: 岐阜県畜産研究所研究報告: 19: 38-45

[15] 宇都宮昌亀, 片上映正, 白坂伸二 (2013) 柑橘系脱汁粕サイレージの貯蔵性について: 平成 24 年度愛媛県畜産関係業績発表会: <https://www.pref.ehime.jp>.

Original Paper

Effects of feeding waste rice and orange peel silage into layer feed on performance of egg production

Seizi Sukemori¹, Yuuta Osuo¹, Nozomi Suzuki²,
Takayuki Watanabe², Touichi Aoyama²

¹Shizuoka Professional University of Agriculture, Faculty of Agricultural Production and Management, Tomioka 678-1, Iwata, 438-8577

²Shizuoka Professional University of Agriculture Junior College of Agriculture, Tomioka 678-1, Iwata, 438-8577

This study investigated the effects of feeding mainly waste rice and orange peel silage into layer feed on egg productivity and yolk color. The layers in the control group were fed commercial feed, while the experimental group received domestic formula feed containing more than 50% of high-moisture silage, which might have reduced nutrient intake. Subsequently the feeding level in the control group was then increased to 1.5 times the original amount to boost dry matter intake, while feed intake in the experimental group increased to 1.3-1.4 times level; however, dry matter intake remained lower than in the control group. The number of eggs produced in the experimental group tended to decrease ($P<0.05$), likely due to lower nutrient intake. Dietary fiber, such as, pectin which was included in the experimental feed, inhibited the absorption of nutrients, which was supported by the physiological values in the serum. The yolk color in the experimental group, measured at 4.7 was significantly lower than that of 12.5 observed in the control group ($P<0.01$); however, yellow color in the experimental group was maintained and the difference in yolk color was attributed to decrease in red color. The level of β -cryptoxanthin in the experimental group was four times higher than that in the control group.

Key words : waste rice, orange peels silage, egg productivity, β -cryptoxanthin

Corresponding: Seiji Sukemori sukemori.seiji@spua.ac.jp

Receipt of Ms: 05.02.2025. Accepted: 17.02.2025.
Journal of Animal Production Environment Science