

魚粉低減飼料で生産したウズラ卵の栄養学的、物理化学的及び機能的特性：白色レグホン卵との比較

美濃口直和¹⁾・江草愛²⁾・佐藤昌也³⁾・宮川博充¹⁾

摘要：飼料への魚粉の配合量を慣行の10～14%から3%に低減した飼料を給与して生産されたウズラ卵について鶏卵(白色レグホン卵)との差別化を図ることを目的に、栄養成分(一般栄養成分、遊離アミノ酸、脂肪酸)、物理化学的性状(卵黄割合、卵黄粘度)及び機能的特性(起泡性)を調査した。

- 1 一般栄養成分含量は、ウズラ卵及び白色レグホン卵間に差はなく同等であった。
 - 2 遊離アミノ酸含量は、卵白ではグルタミン酸、バリン、イソロイシン、ロイシン、チロシン及びフェニルアラニン、卵黄ではホスホセリン、タウリン及びオルニチン酸がウズラ卵では白色レグホン卵に比べて有意に高かった。
 - 3 卵黄中の脂肪酸組成(割合)は、ウズラ卵が白色レグホン卵に比べて、オレイン酸、イコサペンタエン酸(EPA)及びドコサヘキサエン酸(DHA)が有意に高かった。また、ウズラ卵の $\omega 6/\omega 3$ 比は4.9であった。
 - 4 卵黄割合は、ウズラ卵及び白色レグホン卵間に差はなく同等であった。
 - 5 卵黄粘度は、ウズラ卵が白色レグホン卵と比べて有意に低かった。
 - 6 卵白の泡比重(起泡性の指標)は、ウズラ卵が白色レグホン卵と比べて有意に低かった。
- 以上のことから、ウズラ卵は、魚粉配合を下げても飼料中の脂肪酸の影響を強く受け、卵黄中の $\omega 6/\omega 3$ 比が4.9とヒトの健康にとっての理想値に近似した。さらに、泡比重が低かったことから、白色レグホン卵に比べて起泡性が優れることが示唆された。

キーワード：ウズラ卵、アミノ酸、脂肪酸、卵黄粘度、泡比重

Nutritional, Physicochemical and Functional Characteristic of Quail Eggs Produced on Fishmeal-Reduced Diets: Comparison with White Leghorn Eggs

MINOGUCHI Naokazu, EGUSA Ai, SATO Masaya and MIYAKAWA Hiromitsu

Abstract: To clarify the characteristics of quail eggs produced by feeding a diet in which the fishmeal content was reduced from the customary 10%-14% to 3%, and to differentiate quail eggs from White Leghorn eggs, we investigated the nutritional composition (general nutrients, free amino acids, and fatty acids), physicochemical properties (yolk percentage and yolk viscosity) and functional characteristics (foaming ability).

1. General nutrition contents were similar between quail eggs and White Leghorn eggs.
2. Free amino acids, glutamic acid, valine, isoleucine, leucine, tyrosine and phenylalanine in egg white, and phosphoserine, taurine and ornithine in egg yolk were significantly higher in quail eggs than in White Leghorn eggs.
3. Regarding fatty acid composition, oleic acid, eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) were significantly higher in quail eggs than in White Leghorn eggs. In addition, the $\omega 6/\omega 3$ ratio of quail eggs was superior than that of White Leghorn at 4.9.
4. The rate of yolk was similar between quail eggs and White Leghorn eggs.
5. Egg yolk viscosity was significantly lower in quail eggs than in White Leghorn eggs.
6. The specific gravity of foam of egg white was significantly lower in quail eggs than in White Leghorn eggs.

Key Words: Quail Eggs, Amino Acid, Fatty Acid, Egg Yolk Viscosity, Specific Gravity of Foam

緒言

愛知県(以下、本県)のウズラは、東三河地域を中心に飼育され、令和4年時点で県内には合計223万羽が飼育されており、全国飼育羽数の52.8%を占める全国一の卵生産量を誇っている¹⁾。しかし、最近ではコロナ禍と相重なり外食産業の売り上げが低迷し、ウズラの生卵や水煮の需要が大きく低下している²⁾。さらに、世界的規模での飼料原料の高騰、とりわけウズラ用配合飼料中に10~14%と多く配合されている魚粉の高値安定は、配合飼料価格の高騰を招き、養鶏経営を大きく圧迫している。

ウズラのタンパク質要求量は、ニワトリ(幼すう期19%、中すう期16%、大すう期13%、産卵期14.3~15.5%)に比べて高く、日本飼養標準では、育成期が24%、産卵期が22%と高い³⁾。そのため、タンパク質源として、古くからウズラ用配合飼料中には、魚粉を10~14%前後配合されており、このことが、ウズラ用配合飼料の高値を招いている最大の原因と考えられている。

美濃口らは⁴⁾、飼料価格の低減を目指し、魚粉の代替原料として大豆粕等の植物性油粕類を用いることにより、魚粉の配合割合を従来の10~14%から3%まで低減させても、ウズラの産卵性に悪影響を与えないと報告している。

ウズラ卵の需要が大きく低迷している中、ウズラ卵の需要拡大を図る観点から、以前にも増して鶏卵との差別化を図ることが重要である。これまで起泡性等の機能特性を除き、ウズラ卵の栄養成分及び卵黄割合、卵黄粘度等の物理化学的性状については、明らかにされている^{5,6,7)}。しかし、これらの結果は、従来からの魚粉の配合割合が10%前後と高い従来型飼料を給与したウズラが産卵した卵であり、魚粉配合割合を3%と少なくした飼料での結果は明らかになっていない。

そこで、本研究では、鶏卵との差別化を図ることと、魚粉配合率を3%に低減した飼料を給与したウズラが産卵した卵の特性を明らかにすることを目的に、(1)栄養成分(一般栄養成分、遊離アミノ酸含量、脂肪酸割合)、(2)物理化学的性状及び(3)機能的特(起泡性)について調査し、鶏卵との違いを数値的に明らかにした。

材料及び方法

1 供試卵及び飼育方法

試験に供試したウズラ卵は、2020年6月29日餌付けのニホンウズラ(県保有ブラウン系統)から採取したウズラ卵を用いた。対照に用いた白色レグホン卵は、2019年12月22日餌付けの白色レグホン(銘柄ジュリアライト)から採取した。試験には、ウズラでは20~28週齢、白色レグホンでは47~56週齢の範囲内のものを用いた。

ウズラ及び白色レグホンの幼すう期、中すう期、大すう期及び産卵期の飼育方法は、いずれも当研究室での慣行飼育方法に従った。供試飼料は、ウズラでは育成期(幼すう期及び中大すう期)は市販育成用飼料(CP24%、ME2800 kcal/kg、魚粉12%)、産卵期は市販成鶏用飼料(CP23%、

ME2800 kcal/kg、魚粉3%)を給与した。一方、白色レグホンでは、幼すう期は市販幼すう用飼料(CP21%、ME2950 kcal/kg、魚粉4%)、中すう期は市販中すう用飼料(CP18%、ME2850 kcal/kg、魚粉1%)、大すう期は市販大すう用飼料(CP14%、ME2750 kcal/kg)及び産卵期は市販成鶏用飼料(CP17%、ME2830 kcal/kg、ポークチキンミール3%)を給与した。

2 分析項目

調査項目は、(1)栄養成分として一般栄養成分含量(熱量、水分、タンパク質、脂質、炭水化物、灰分及びナトリウム)、遊離アミノ酸含量(卵白及び卵黄)及び脂肪酸組成(卵黄)、(2)物理化学的性状として、卵黄割合及び卵黄粘度、(3)機能特性として、卵白の泡比重(起泡性の指標)とした。

3 分析方法

一般栄養成分含量(卵白及び卵黄)は、いずれも日本食品標準成分表2015年版(七訂)分析マニュアルに従って分析した。熱量(エネルギー値)は、100 gあたりのタンパク質、脂質、炭水化物の含有量(g)に熱量換算係数(タンパク質4、脂質9、炭水化物4)を乗じて算出した。水分は減圧加熱乾燥法・乾燥助剤添加法、タンパク質はセミクロ改良ケルダール法、脂質はクロロホルム-メタノール混液抽出法、灰分は550℃・5時間灰化法、ナトリウムは原子吸光法(試料調製法:希酸抽出法)で算出した。

遊離アミノ酸分析は、卵白または卵黄に対し、重量比で4倍量の冷却蒸留水を加え、ホモジナイザーで攪拌(2000 rpm、30分)後、等量の3%スルホサチル酸を添加して、1晩4℃の冷蔵庫で静置した。その後、この溶液を遠心分離(10000 g・10分間・4℃)し、上清を0.45 µmのフィルターでろ過した後、アミノ酸自動分析機(日本電子V-500)で測定した。なお、分析したアミノ酸は、B型として4-アミノ酪酸、2-アミノエタノール、塩化アンモニウム、5-ヒドロキシ-DL-リジン、L-オルニチン、L-リジン、1-メチル-L-ヒスチジン、L-ヒスチジン、3-メチル-L-ヒスチジン、L-アンセリン、L-カルノシン及びL-アルギニン計12種類である。AN型として、O-ホスホ-L-セリン、タウリン、O-ホスホエタノールアミン、L-アスパラギン酸、L-トレオニン、L-セリン、L-グルタミン酸、サルコシン、グリシン、L-アラニン、L-シトルリン、DL-2-アミノ酪酸、L-バリン、L-シスチン、L-メチオニン、L-シスタチオン、L-イソロイシン、L-ロイシン、L-チロシン、L-フェニルアラニン、β-アラニン、DL-3-アミノイソ酪酸、L-ヒドロキシプロリン及びL-プロリン計24種類を測定した。

脂肪酸組成分析は、Folch法に準じて、卵黄(ウズラ卵は20週齢、白色レグホン卵は47週齢)重量の5倍のクロロホルム/メタノール(2:1)を用いて脂質を抽出した。得られた脂質は、脂肪酸メチル化キット(ナカライテスク、京都)を用いてメチルエステル化処理を行った後、ガスクロマトグラフィー(GC-2014、島津製作所、京都、検出器:FTD、カラム:OmegawaxキャピラリーGCカラム)を用いて分析した。なお、分析した脂肪酸は、ラウリン酸、ミスチリン酸、ミリストレイン酸、ペンタデシル酸、パルミチン酸、パルミトレイン酸、ヘプタデカン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、γ-リノレン酸、α-リノレン酸、アラキジン酸、イコセン酸、イコサジエン酸、イコサトリエン酸、

アラキドン酸、イコサペンタエン酸(EPA)、ドコサテトラエン酸、ドコサペンタエン酸及びドコサヘキサエン酸(DHA)計21種類で、さらに、 ω 3系脂肪酸及び ω 6系脂肪酸の割合を算出した。

卵黄割合は、卵重量と卵黄重量(ウズラ卵は26週齢、白色レグホン卵は53週齢)を測定し算出した。

卵黄粘度は、ウズラ卵黄及び白色レグホン卵黄(ウズラ卵は20週齢、白色レグホン卵は47週齢)を、それぞれ28g量をRapid Visco Analyser(RVA)を用いて測定した(測定条件:回転数80rpm、20°C)。

起泡性の指標として泡比重を用いた¹⁸⁾。泡比重は、白色レグホン卵(56週齢)1個あたりの卵白重量と同等量のウズラ卵(28週齢)卵白重量を、それぞれ品温20°C、1100回転下6分間攪拌してメレンゲを作成した。その後、生成したメレンゲをシャーレ(直径9 cm、高さ1.5 cm)に充満して重さを測定し、同シャーレ体積下での水の重さで割って比重を算出した。

4 統計処理

2群の平均値の差の検体は、t検定(Welchの方法)により実施した。

試験結果

1 一般栄養成分含量

一般栄養成分(熱量、水分、タンパク質、脂質、炭水化物、灰分及びナトリウム)値は、卵黄及び卵白いずれもウズラ卵と白色レグホン卵間に差はなく同等であった(表1)。

2 遊離アミノ酸含量

遊離アミノ酸含量は、卵白ではL-グルタミン酸、L-バリン、L-イソロイシン、L-ロイシン、L-チロシン及びL-フェニルアラニン、卵黄ではO-ホスホ-L-セリン、タウリン及びL-オルニチンがウズラ卵では白色レグホン卵に比べて有意に高かった。こ

表1 ウズラ卵及び白色レグホン卵の一般栄養成分値(100gあたり)

項目	単位	ウズラ卵		白色レグホン卵	
		卵黄	卵白	卵黄	卵白
熱量	kcal/g	378	43	374	40
水分	g	47.6	88.4	47.4	89.3
タンパク質	g	15.3	10.5	16.3	9.3
脂質	g	35.2	0	34.3	0.1
炭水化物	g	0.2	0.3	0.1	0.4
灰分	g	1.8	0.8	1.9	0.9
ナトリウム	mg	44	170	45	180

供試卵:ウズラ卵(ブラウン系統)、白色レグホン(ジュリアライト)

供試家さんの週齢:ウズラ(23週齢)、白色レグホン(50週齢)

表2 ウズラ卵及び白色レグホン卵の卵白中の遊離アミノ酸(mM)

遊離アミノ酸	ウズラ卵	白色レグホン卵
O-ホスホ-L-セリン	2.88 ± 0.11 ^B	7.73 ± 0.05 ^A
L-アスパラギン酸	1.48 ± 0.05	2.37 ± 1.34
L-トレオニン	3.33 ± 0.41	3.77 ± 2.20
L-セリン	2.96 ± 0.42	3.81 ± 0.41
L-グルタミン酸	38.60 ± 1.64 ^A	8.39 ± 0.93 ^B
L-アラニン	3.86 ± 0.16 ^B	6.59 ± 0.75 ^A
L-バリン	9.97 ± 0.57 ^A	4.03 ± 0.13 ^B
L-メチオニン	2.71 ± 0.00	3.27 ± 0.45
L-イソロイシン	12.49 ± 4.0 ^A	6.99 ± 0.09 ^B
L-ロイシン	37.00 ± 11.3 ^A	16.77 ± 0.10 ^B
L-チロシン	9.90 ± 0.46 ^A	6.90 ± 0.11 ^B
L-フェニルアラニン	23.99 ± 2.8 ^A	10.91 ± 0.12 ^B
L-リシン	2.25 ± 0.89	5.74 ± 0.11

n=3 (ウズラ卵6個/検体、白色レグホン卵1個/検体)

供試卵:ウズラ(ブラウン系統)、白色レグホン(ジュリアライト)

異符号間に有意差あり (P<0.01)

れに対して、卵白ではL-アラニン、O-ホスホ-L-セリン、卵黄ではグリシン、L-シスチン、L-チロシン及びL-ヒスチジンがウズラ卵では白色レグホン卵に比べて有意に低かった(表2及び表3)。

3 脂肪酸組成

卵黄中の脂肪酸組成(割合)は、ウズラ卵が白色レグホン卵に比べて、オレイン酸、イコサペンタエン酸(EPA)及びドコサヘキサエン酸(DHA)が有意に高かった。さらに、ウズラ卵黄中の $\omega 6/\omega 3$ 比は4.9であった(表4)。

4 卵黄割合

卵黄割合は、ウズラ卵及び白色レグホン卵間に差はなく同等であった(表5)。

5 卵黄粘度

卵黄粘度は、ウズラ卵が白色レグホン卵と比べて有意に低かった(表6)。

6 泡比重(起酵生の指標)

卵白の泡比重は、ウズラ卵が白色レグホン卵と比べて有意に低かった(表7)。

表3 ウズラ卵及び白色レグホン卵の卵黄中の遊離アミノ酸(mM)

遊離アミノ酸	ウズラ卵	白色レグホン卵
O-ホスホ-L-セリン	0.42 ± 0.05 ^a	0.32 ± 0.05 ^b
タウリン	7.09 ± 0.24 ^A	3.91 ± 0.93 ^B
L-アスパラギン酸	7.62 ± 0.29	7.53 ± 0.24
L-トレオニン	12.18 ± 0.82	11.80 ± 1.59
L-セリン	15.01 ± 0.39	16.23 ± 1.64
L-グルタミン酸	29.26 ± 1.48	28.16 ± 1.89
グリシン	6.82 ± 0.38 ^b	8.14 ± 0.75 ^a
L-アラニン	10.03 ± 0.54	10.47 ± 1.17
L-バリン	9.35 ± 0.49	10.65 ± 1.18
L-シスチン	0.24 ± 0.00 ^B	0.66 ± 0.13 ^A
L-メチオニン	3.05 ± 0.20	3.44 ± 0.54
L-イソロイシン	5.25 ± 0.39	6.61 ± 0.80
L-ロイシン	12.73 ± 0.74	12.68 ± 1.24
L-チロシン	6.08 ± 0.54 ^B	7.89 ± 0.54 ^A
β -アラニン	2.47 ± 0.56	2.11 ± 0.56
L-フェニルアラニン	3.89 ± 0.21	5.84 ± 0.65
DL-2-アミノ酪酸	0.64 ± 0.00	0.07 ± 0.00
2-アミノエタノール	1.22 ± 0.99	1.27 ± 1.19
L-オルニチン	0.47 ± 0.07 ^A	0.38 ± 0.04 ^B
1-メチル-L-ヒスチジン	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00
L-ヒスチジン	1.80 ± 0.14 ^B	2.59 ± 0.20 ^A
3-メチル-L-ヒスチジン	0.00 ± 0.00	0.04 ± 0.01
トリプトファン	0.21 ± 0.04	0.31 ± 0.18
L-リシン	11.78 ± 0.89	12.15 ± 0.90
L-プロリン	11.60 ± 1.82	13.32 ± 1.96

n=3(ウズラ卵6個/検体、白色レグホン卵1個/検体)

供試卵:ウズラ(ブラウン系統)、白色レグホン(ジュリアライト)

供試家きんの週齢:ウズラ(20週齢)、白色レグホン(47週齢)

異符号間に有意差あり(大文字 $P<0.01$ 、小文字 $P<0.05$)

表4 ウズラ卵及び白色レグホン卵の卵黄中の脂肪酸組成(%)

略記※	脂肪酸	ウズラ卵	白色レグホン卵
12:0	ラウリン酸	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
14:0	ミリスチン酸	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0
14:1 n-5	ミリストレイン酸	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.0
15:0	ペンタデシル酸	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
16:0	パルミチン酸	24.7 ± 0.5 ^B	26.5 ± 0.6 ^A
16:1 n-7	パルミトレイン酸	3.0 ± 0.6	2.6 ± 0.0
17:0	ヘプタデカン酸	0.1 ± 0.0	0.2 ± 0.0
18:0	ステアリン酸	9.6 ± 0.2	8.3 ± 0.0
18:1 n-9	オレイン酸	45.1 ± 0.4 ^A	44.0 ± 0.4 ^B
18:2 n-6	リノール酸	10.8 ± 0.6 ^B	12.3 ± 0.6 ^A
18:3 n-6	γ-リノレン酸	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
18:3 n-3	α-リノレン酸	0.9 ± 0.1	0.2 ± 0.0
20:0	アラキジン酸	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
20:1 n-9	イコセン酸	0.1 ± 0.0	0.2 ± 0.0
20:2 n-6	イコサジエン酸	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.0
20:3 n-6	イコサトリエン酸	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
20:4 n-6	アラキドン酸	1.2 ± 0.0 ^B	1.6 ± 0.1 ^A
20:5 n-3	イコサペンタエン酸	0.1 ± 0.0 ^A	0.0 ± 0.0 ^B
22:4 n-6	ドコサテトラエン酸	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.0
22:5 n-6	ドコサペンタエン酸	0.0 ± 0.0	0.5 ± 0.0
22:5 n-3	ドコサペンタエン酸	0.1 ± 0.0	0.0 ± 0.0
22:6 n-3	ドコサヘキサエン酸	1.3 ± 0.1 ^A	0.4 ± 0.0 ^B
	その他の脂肪酸	2.4 ± 0.1	2.6 ± 0.0
	ω3系脂肪酸	2.5 ± 0.0	0.6 ± 0.0
	ω6系脂肪酸	12.3 ± 0.0	14.8 ± 0.0
	ω6/ω3比	4.9 ± 0.4	23.5 ± 0.9

n=3(ウズラ卵6個/検体、白色レグホン卵1個/検体)

供試卵:ウズラ(ブラウン系統)、白色レグホン(ジュリアライト)

供試家さんの週齢:ウズラ(20週齢)、白色レグホン(47週齢)

※C数:2重結合数

異符号間に有意差あり (P<0.01)

表5 ウズラ卵及び白色レグホン卵の卵黄割合(%)

ウズラ卵	白色レグホン卵
29.4 ± 1.6	28.7 ± 2.0

n=5

供試卵:ウズラ(ブラウン系統)、白色レグホン(ジュリアライト)

供試家さんの週齢:ウズラ(26週齢)、白色レグホン(53週齢)

表6 ウズラ卵及び白色レグホン卵の卵黄粘度(mPa/S)

ウズラ卵	白色レグホン卵
665.0 ± 88.4	777.3 ± 142.3

n=3、20℃80rpm下での卵黄粘

供試卵:ウズラ(ブラウン系統)、白色レグホン(ジュリアライト)

供試家さんの週齢:ウズラ(20週齢)、白色レグホン(47週齢)

表7 ウズラ卵白及び白色レグホン卵白の泡比重

ウズラ卵	白色レグホン卵
0.25 ± 0.01 ^B	0.29 ± 0.02 ^A

n=5(ウズラ卵6個/検体、白色レグホン卵1個/検体)

供試卵:ウズラ(ブラウン系統)、白色レグホン(ジュリアライト)

供試家さんの週齢:ウズラ(28週齢)、白色レグホン(56週齢)

異符号間に有意差あり ($P<0.01$)

考察

成書によれば、魚粉配合量が10%前後の飼料で産生されたウズラ卵の栄養成分の特徴は、鶏卵と比べてタンパク質のアミノ酸組成はほぼ同じであるが、ビタミン類及びミネラル類が多く含まれている^{5,8,9}。ビタミン類では、ビタミンA、ビタミンD、ビタミンB₂及びビタミンB₁₂が高く(ビタミンB₁₂は鶏卵の4.5~5倍高い)、ミネラル類では銅及び鉄が高い。脂肪酸ではドコサヘキサエン酸(DHA)及びイコサペンタエン(EPA)が高いとされている^{5,8,9}。

卵の栄養成分は給与する飼料成分の影響を受ける。特に、ヨウ素、フッ素、マンガン及び亜鉛などのミネラル類の一部、ビタミンA、ビタミンD、ビタミンE及びビタミンB₁₂などの多くのビタミン類、脂肪酸及びカロテノイドが挙げられる。逆に飼料にほとんど影響されない栄養成分としては、タンパク質、アミノ酸、銅、鉄、カルシウム、リン等がある^{3,10}。

今回、ウズラ卵の栄養成分(一般栄養成分値、遊離アミノ酸及び脂肪酸)について分析した結果、白色レグホン卵と比べて一般栄養成分値に差はなかったが、遊離アミノ酸含量では、卵白で6種類、卵黄で3種類のアミノ酸が有意に高かった。菅原と足立¹¹は、ウズラ卵の卵白、卵黄及び全卵中のアミノ酸を調べ鶏卵と比較しているが、卵白中ではトレオニンが有意に高く、グリシン、ロイシン、リジン、チロシン、ヒスチジン及びシスチンが高い傾向にあった。また、卵黄では、トレオニン、セリン及びリジンが有意に高く、グリシン、ロイシン、メチオニン、リジン、ヒスチジン及びシスチンが高い傾向であったと報告している。今回の試験では、卵白中ではロイシン、グルタミン酸、バリン、イソロイシン、チロシン及びフェニルアラニン、卵黄中ではセリン、タウリン、オルニチンが有意に高く、菅原と足立の報告と一致するアミノ酸が少なかった。その理由として、飼料中のタンパク質やアミノ酸のほとんどが卵へ移行しないこと³、今回供試したウズラは県保有のブラウンウズラであり、菅原と足立が用いた一般的な野生色のウズラと種類が異なることが考えられた。これに対して、3%魚粉配合飼料においても従来飼料同様にウズラ卵黄中脂肪酸組成(割合)のうち、パルミチン酸、オレイン酸、アラキドン酸、イコサペンタエン酸(EPA)及びドコサヘキサエン酸(DHA)が、白色レグホン卵黄と比べて有意な差が確認された。これは、飼料成分中の魚粉の影響を強く受けたと考えられた。魚粉(イワシ)の脂肪酸組成を調べてみると、魚粉中では、特にパルミチン酸、オレイン酸、アラキドン酸、イコサペンタエン酸(EPA)及びドコサヘキサエン酸(DHA)の含有量が他の脂肪酸に比べて高かった¹²。今回ウズラ卵黄中の脂肪酸の中で有意差が

認められた脂肪酸の種類と概ね同様であったことから、主に飼料中への魚粉配合の影響と考えられた。ヒトの健康維持において、 $\omega 6/\omega 3$ 比は重要で、理想値は4と報告されている⁵。今回4.9であったことは、理想値に近く、鶏卵との差別化において重要なセールスポイントになると考えられた。

卵黄割合は、Wilkanowska et al⁹がウズラの8週齢~23週齢にかけて4週ごとに調べ、27%~31%の範囲内であると報告している。また、中村ら¹³は、名古屋コーチン卵及び白色レグホン卵の卵黄割合を経時的に調べ、白色レグホン卵の卵黄割合は平均27.7%であると報告している。今回供試したウズラ卵及び白色レグホン卵の卵黄割合も、上記の報告とほぼ同じであった。

卵黄粘度について、Kumbár et al⁷は、ウズラ卵、白色レグホン卵及びガチョウ卵について調べており、ガチョウ卵が最も高く、次に白色レグホン卵、ウズラ卵の順となったと報告している。今回の試験においても、Kumbár et al同様、ウズラ卵の卵黄粘度は、白色レグホン卵と比べて低かった。卵黄粘度の高低に影響を与える要因としては、①卵黄を構成する卵黄球の大きさ、②卵黄球の数及び③卵黄中の脂肪含量やその存在状態が考えられる。卵黄球の大きさは、ウズラでは白色レグホン卵よりも小さいことが知られている^{14,15}。また、卵黄中の脂肪と粘度との関連について、鶏卵での結果ではあるが小川ら¹⁶は名古屋コーチン卵の卵黄の粘度が白色レグホン卵と比べて高い理由として、脂肪構造の違いを報告している。今回の分析結果だけでは、ウズラの卵黄粘度が白色レグホン卵よりも低い要因を明確にできなかったが、卵黄球が小さく脂肪含量に差がなかったことが要因の一つとして考えられた。

起泡性について、山神¹⁷はエンゼルケーキの体積を起泡性の指標としたところ、ニワトリ卵白よりもウズラ卵白で作製したエンゼルケーキの体積が有意に大きかったと報告している。泡比重は、その値が低い程優れ、出来上がったスポンジの生地はふっくらすると報告されている¹⁹。今回、泡比重においてもウズラ卵白の方が白色レグホン卵に比べて有意に低かったことから、ウズラ卵白の起泡性が白色レグホン卵白に比べて優れることが示唆された。

以上のことから、魚粉を3%配合した飼料を給与して産生されたウズラ卵は、魚粉を10%前後配合した従来飼料を給与して産生されたウズラ卵同様に飼料の影響を受けた脂肪酸組成となった。また、卵黄中のイコサペンタエン酸(EPA)及びドコサヘキサエン酸(DHA)が白色レグホン卵と比べて有意に高いこと、さらに $\omega 6/\omega 3$ の比率が4.9とヒトでの健康にとっての理想的な数値であり、このことは鶏卵との差別化において重要なセールスポイントになると考えられた。また、卵白の起泡性の指標として用いた泡比重では、ウズラ卵白の泡比重が白色レグホン卵と比べて有意に低く起泡性が期待された。

残された課題として、更なる鶏卵との差別化に向けたウズラ卵の特性解明のために、今回の試験で確認されたウズラ卵白の泡比重の低さについて、(1)実際に製菓を作製して起泡性の効果を確認する、(2)ウズラ卵を加工品の原材料として用いた場合の性状の変化(テクスチャー等)を明らかにする等、加工品へ与える影響について検討を進めたい。

引用文献

1. 愛知県. あいちのちくさん23. 令和5年3月
2. (社)日本缶詰びん詰レトルト食品協会. 食肉缶詰(うずら卵水煮)生産量の推移. 国内生産数統計. (2021)
3. 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構. 日本飼料標準・家禽(2011年版). 中央畜産会. 74-76(2011)
4. 美濃口直和, 長谷川恵美香, 井上賢治, 神村圭哉, 榮田拓起, 鈴木貴忠, 佐藤正美. 産卵期ウズラにおける魚粉代替原料としての植物性油粕の利用が産卵性等に及ぼす影響. 日本家禽学会誌. 59(春季大会号), 19(2022)
5. 新選食品成分表. 実教出版. 東京. 120-121(2011)
6. Wilkanowska Anna., and Kokoszynski Dariusz. Layer age and quality of quail eggs. *Journal of entral European agriculture*. 13(1), 10-21(2012)
7. Vojtěch kumbár, Jana Stmková, Šárka Nedomová and Jaroslav Buchar. Fluid dynamics of liquid egg products. *Journal of Biological physics*. 41(3), 303-311(2015)
8. 奥村純市, 藤原昇. 家禽学. 朝倉書店. 東京. 154-162(2000)
9. 社団法人畜産技術協会. 新版特用畜産ハンドブック. 東京. 150-163 (2007)
10. 奥村純市. 特殊卵の開発の現状と問題点. 日本家禽学会誌. 39, J63-J66(2002)
11. 菅原弘, 足立達. ウズラ卵の内部構造部分の氨基酸組成. 日本畜産会報. 53(4), 272-277(1982)
12. Cho, J. H., and Kim, I. H. Fish meal-nutritive value. *Animal Journal of Physiology and Animal Nutrition*. 95, 685-692(2010)
13. 中村和久, 大口秀司, 長尾健二, 井田雄三, 中村明弘, 上田淳一. 名古屋種の卵に関する加工及び味覚特性の解明. 愛知農総試研報. 45, 105-111(2013)
14. 峯木眞知子, 鈴木惇. 鳥の種類による卵の大きさと卵黄球の大きさととの関連. 日本調理科学会誌. 38(1), 58-62(2005)
15. 峯木眞知子. 食品組織学研究法による卵の調理特性の解明. 日本調理科学会誌. 43(2), 64-70(2010)
16. 小川宣子. 科学的視点から検証した卵のおいしさ. 日本調理科学会誌. 39(2), 93-101(2006)
17. 山神直美. ウズラ卵の調理特性. 岐阜女子大学食物栄養学会誌. 16, 16-17(2000)
18. 松元文子, 向山りつ子. 卵白の泡立に関する研究(第一報)ー卵白の気泡ー家政学雑誌. 7(3), 115-120(2013)
19. 中山弘典, 木村万紀子. 科学でわかるお菓子の「なぜ」. 柴田書店. 東京. 47-78(2009)