

## エミュー卵の調理特性

小出 あつみ・山内 知子

### Cooking Characteristics of Emu Egg

Atsumi KOIDE and Tomoko YAMAUCHI

#### 緒言

走鳥類でダチョウに次ぐ大きさのエミューは、ヒクイドリ目エミュー科の鳥で、学名を“*Dromaeus Novaehollandiae*”という。色は雌雄同色の灰褐色で成鳥の体高は1.7m、体重は約50kgである。冬に10個前後の卵を産むが、鶏卵と比較して卵は大きく、卵殻の色は深緑色で硬い。

かつてオーストラリアからエミューを輸入したアメリカやフランスでは商業的飼育が普及し、特にアメリカではエミュー肉が1995年末USDA (United States Department of Agriculture・米国農務省)の正式販売承認を獲得し、一般流通市場に出回った。その結果、脂肪分の少ないヘルシーな肉として脚光を浴びている<sup>1)</sup>。現在日本におけるエミュー肉および卵の普及はほとんど見られないが、(株)東京農大バイオインダストリーではエミュー卵を材料の一部とした「どら焼き」を販売(通販)しており、食材としての可能性が伺える。

また、調理学的見地からのエミュー卵に関する研究は少なく、同じ走鳥類のダチョウ卵について峯木ら<sup>2~3)</sup>が、卵殻、卵白および卵黄の組織構造と物性について報告し、奥嶋ら<sup>4)</sup>はダチョウ卵の調理特性について報告している。

本研究ではエミュー卵を材料として調理に利用する可能性を探ることを目的に、エミュー卵の形状特徴と起泡性、熱凝固性に関する調理特性を明らかにした。

#### 材料と実験方法

##### 1. 材料

材料としたエミュー卵(Emu egg, 以後E卵)は24~36月齢のエミューの食用無性卵で、エミュー飼養施設(株)東京農大バイオインダストリー(北海道網走市)から購入した。E卵は産卵後凍結を防ぐために4℃で保存したものをクール便で輸送し、再び4℃以下で保存したもので、産卵から約2ヶ月経過したものであった。コントロールとして、4℃以下で保存した産卵後1日以内の白色レグホーン種鶏卵(Hen egg, 以後H卵・購入先:伊藤養鶏 名古屋市)を用いた。

## 2. 卵の形状、重量およびペーハー (pH) の測定

E卵とH卵の重量 (全量・卵殻・卵黄・濃厚卵白・水様性卵白) を量り、卵殻外周と卵黄の長径と短径および高さをノギスで測定した。E卵は糸のこぎりを使って割卵し、駒込ピペットで卵白と卵黄に分け、さらに卵白を濃厚卵白と水様性卵白に分けて用いた。H卵は卵割後、卵白と卵黄に分け、卵白は穴じゃくしに入れて水様性卵白を30秒間落下させ、濃厚と水様性に分けた。E卵とH卵の卵白と卵黄のペーハー (以後pH) をpHメーター (HORIBA製F-8E) で測定した。

## 3. 起泡性

E卵を前述の要領で水様性と濃厚卵白および卵黄に分けた後、攪拌して均一にした。すなわち、卵白は長さ30cmの菜箸で各150回、卵黄は30回泡立たないように攪拌した後、さらにステンレス性万能こし器で裏ごしして均一にした。H卵も前述の要領で水様性と濃厚卵白および卵黄に分けた後、卵白は菜箸で各70回、卵黄は15回泡立たないように攪拌した後、裏ごしして均一にした。各卵の重量測定結果から卵黄と卵白の合計重量を100%とした時の濃厚卵白：水様性卵白：卵黄の比率は、E卵で28：9：63、H卵で、32：49：19であったので、この比率で混合した全卵および卵白 (水様性+濃厚) を試料とした。

E卵とH卵の全卵と卵白を各50.0g量り、泡立ちやすい温度とされる30℃まで湯煎で温めた後、ハンドミキサー (National MK-HL P) のスピード3で攪拌し、攪拌開始から30秒ごとの全卵泡と卵白泡を内径3.2cmのステンレスシャーレに入れて重量を測定した。同様に測定した水の重量で除して比重を求めた。この実験は攪拌開始から10分後まで測定した。

## 4. 泡の安定性

起泡性の測定と同様の方法で混合したE卵とH卵の卵白を、ハンドミキサーで5分間攪拌後、泡の大きさを均一にするために泡立て器で100回攪拌した。この卵白泡を10.0g量り、E卵とH卵各4つずつを漏斗に入れた目皿の上ののせて120分間放置し、10分後ごとにロートの下に置いたメスシリンダーに溜まる離水液量を測定した。

## 5. 色差

色差計 (日本電色工業 ND=101D) を用いて、国際照明委員会で規格化され、JISにおいて採用されているL\* (明るさ) ・a\* (赤さ) ・b\* (黄色み) 値について、E卵とH卵の卵殻、生卵黄、加熱卵白および卵黄について測定した。この実験は2回実施し、各10個のデータを得た。

## 6. 加熱卵の物性

前述と同様の方法で水様性と濃厚卵白および卵黄に分けた後、重量測定結果より、水様性卵白：濃厚卵白の比率をE卵は76：24で、H卵は60：40で混合して卵白試料とした。

卵白と卵黄各10.0gをポリエチレンフィルムで包み、口を輪ゴムで縛り、スチームコンベクションオーブン (FUJIMAK COMBI FCCD) で55℃から100℃まで5℃間隔で各5分間加熱した。加熱後、加熱卵黄と卵白は直ちに氷水中で30分間急速冷却した。その後、ポリエチレンフィルムを取り除いて内径4.2cmのガラスシャーレに入れ、クリープメーター物性試験システム (MODEL RE2-3305B) で測定した。加熱後ゲル状および凝固した卵黄と卵白のクリープメーター物性試験システムの測定条件はPRESET P：No.1 0.03mm No.2 0.00mm

M:No.1 19.00mm No.2 0.02mm 測定部：プランジャー直径3mm (No.4) 円筒形 荷重20N, 歪み率99%の条件で行い, ゴル状の卵黄と卵白の測定条件は一部を変更して, PRESET P:No.1 0.01mm, 測定部：プランジャー直径16mm (No.3) 円筒形の条件で行った. 測定項目は, かたさ荷重 (N), 凝集性, ガム性荷重 (N) で, この実験は2回実施して各10個のデータを得た.

## 7. 解析方法

色差とテクスチャーの実験結果を多重比較検定 (Tukey-KramerとBonferroni/Dunn) で解析した. 解析結果の統計的有意水準は5% (\* $p < 0.05$ ) とした.

## 結果および考察

### 1. 卵の形状, 重量およびpH

E卵とH卵の形状, 重量およびpHをTable.1に示した.

Table.1 Dimension, weight, and pH of emu and hen eggs

		Emu egg (%) <sup>2)</sup>	Hen egg (%) <sup>1)</sup>
size (cm)	major axis of egg	35.80 ± 1.25 (221)	16.2 ± 0.28 (100)
	minor axis of egg	28.84 ± 0.78 (203)	14.2 ± 0.28 (100)
	major axis of yolk	18.10 ± 9.76 (470)	3.85 ± 0.20 (100)
	minor axis of yolk	10.65 ± 1.20 (293)	3.64 ± 0.16 (100)
	height of yolk	2.20 ± 0.44 (265)	0.83 ± 0.15 (100)
weight (g)	whole	611.88 ± 51.22 (977)	62.60 ± 2.11 (100)
	yolk	297.11 ± 53.17(1867)	15.91 ± 1.26 (100)
	dense albumen	133.76 ± 22.73 (540)	24.76 ± 3.35 (100)
	soluble albumen	44.39 ± 30.53 (467)	9.51 ± 3.45 (100)
	shell	91.21 ± 17.57(1013)	9.00 ± 0.92 (100)
pH	yolk	7.4	6.2
	albumen	7.3	8.3

( Emu egg n=4 Hen egg n=10 mean±SD )

- 1) Measurements for hen eggs are shown at 100%.
- 2) Percentages given for emu eggs show proportion to equivalent hen egg measurements.

形状：卵の外周の長径と短径はE卵でH卵の約2倍であった. 卵黄は長径で約4.7倍, 短径で約3倍, 高さで約2.7倍であった. この卵の形状の特徴を峰木ら<sup>3)</sup>が用いている形状係数 (卵の短軸cm ÷ 長軸cm) に準じて示すとE卵で0.81, H卵で0.87であった. 峰木らは同じ走鳥類のダチョウ卵 (係数0.82) とニワトリ卵 (係数0.76) を比較して, ニワトリ卵の方が細長かったと報告しているが, 本研究ではE卵でH卵より細長かった. しかしダチョウ卵とE卵の形状係数は類似していた.

**重量：**全卵と卵殻の重量はE卵でH卵の10倍前後を示したが、卵黄と卵白の倍率は卵黄で約18.7倍、水様性と濃厚卵白で各5倍前後の値を示した。一般に鶏卵の重量割合は卵殻：卵白：卵黄で1：6：3と言われており<sup>5)</sup>、本研究のH卵の比率はこれと類似したが、E卵の比率は2：3：5であり、H卵と比較して卵殻が重く、また特に卵黄重量の占める割合が大きいことを示した。峰木ら<sup>3)</sup>はダチョウ卵の卵殻についてニワトリ卵より厚く、重いと報告しているが、E卵の卵殻もその重量割合がH卵に比べて重く、ダチョウ卵と同じ傾向を示した。卵殻重量を除いた卵白と卵黄の重量比率をみるとH卵で卵白1に対して卵黄が1/2倍であるの対し、E卵では2倍となり、E卵では卵白に対する卵黄の割合がH卵の3.3倍であることが示された。卵の形状と重量の結果から、E卵はH卵に比べて卵殻が重く、卵黄の占める割合が大きいことが明らかになった。卵の構成比は鳥の種、環境条件、産卵率によってかなり変動する<sup>6)</sup>と考えられており、本研究結果の違いもこれらの要因に由来すると考えられた。

**卵白と卵黄のpH：**E卵のpHは卵白と卵黄ともに7を超えて弱アルカリ性を示したが、H卵ではE卵より卵白で強いアルカリ性を、卵黄で酸性を示した。鶏卵の鮮度判定法のひとつに卵白のpHによるものがある。鮮度の良い卵は産卵直後でpH7.5、貯蔵卵でpH9.5を目安値としている<sup>5)</sup>。本研究のH卵卵白はこの中間値を示したが、E卵では卵黄、卵白共に弱酸性を示した。奥嶋ら<sup>4)</sup>は産卵4日後から10日後までのダチョウ卵のpHを測定し、卵白でpH8.18~8.74、卵黄でpH6.14~6.34であったことを報告している。本研究で用いたE卵は産卵後約2か月を経過したものであったが、産卵直後のE卵のpHがダチョウ卵と類似すると仮定するならば、産卵後の時間経過に伴ってE卵の卵白はアルカリ性から中性へ、卵黄は酸性から中性へ移行する可能性が推察された。

## 2. 起泡性

E卵とH卵の卵白泡比重の経時変化をFig. 1に全卵泡比重の経時変化をFig. 2に示した。この比重値は数字が小さいほど起泡性がよいことを示している。

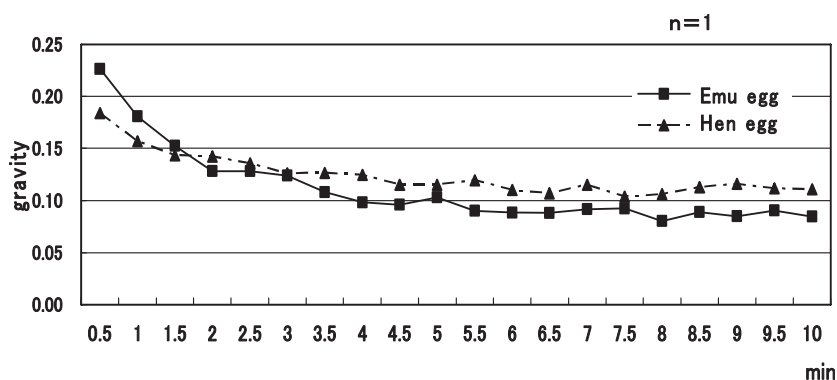


Fig. 1 Foaming potential of emu and hen egg albumen

- 1) Lower specific gravity indicates greater foaming potential
- 2) Each 50.0g albumen sample was heated to 30C and then beaten with a hand mixer.
- 3) After the start of agitation the foam was weighed at 30 second intervals for ten minutes.

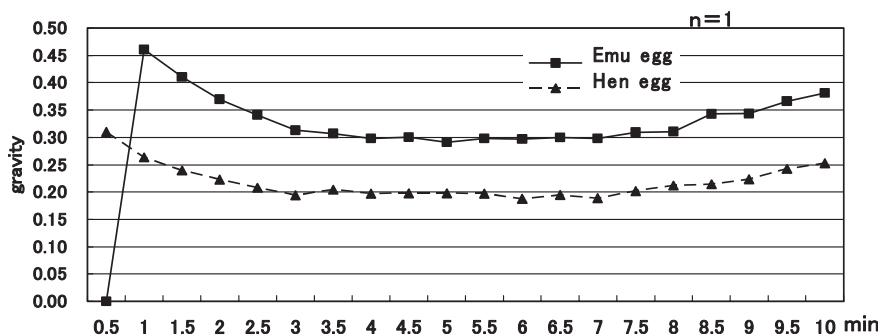


Fig. 2 Foaming potential of whole emu and hen eggs

- 1) Lower specific gravity indicates greater foaming potential.
- 2) Each 50.0g whole egg sample was heated to 30C and then beaten with a hand mixer.
- 3) After the start of agitation the foam was weighed at 30 second intervals for ten minutes.

**卵白泡**：攪拌開始1分30秒後まではH卵でE卵より低い値を示したが、2分後から10分後まではE卵でH卵より低い値を示した。これより卵白の起泡性は若干ではあるが、E卵でH卵より高いことが示された。

**全卵泡**：攪拌開始30秒後のE卵で0.3の値を示したが、H卵の値は0.00で泡がほとんど生じていないことが伺えた。しかし、1分後以降から10分後までE卵でH卵より高い値を示したので、全卵泡の起泡性はE卵でH卵より悪いことが示された。E卵とH卵の全卵泡比重値を比較すると約1.5～1.8倍E卵で高かった。卵の起泡性は、卵白>全卵>卵黄の順でよい<sup>5)</sup>が、本研究の起泡性をみると卵白泡ではE卵でよかったが、全卵泡ではH卵でよかった。これは全卵中の卵黄の割合がE卵でH卵より多いためと推察された。しかし攪拌30秒後の結果より、E卵はH卵より泡立ちが早いと考えられた。

奥嶋ら<sup>4)</sup>はダチョウ卵卵白で有意 (\* $p < 0.05$ ) に鶏卵卵白より泡立ちにくいと報告しており、本研究のE卵卵白の結果と異なった。卵白に含まれるタンパク質は激しく攪拌することにより、空気との接触面積が増加し、表面張力の作用を受けて表面変性をする。卵白タンパク質の泡は表面変性したタンパク質分子が相互に反応しあって安定な固体状の膜を作って気泡を包み、安定性を得ている<sup>6)</sup>。卵白の泡立ちに関係しているのは卵白タンパク質中のコンアルブミンとグロブリン<sup>7)</sup>と考えられている。アルブミンは水に溶け、溶けたとき高分子ゾルを形成し、界面活性作用を持つことにより卵白には起泡性が生じる。また、卵黄の泡立ちには卵黄中の低密度リポタンパク質が関係する<sup>6)</sup>。したがって、E卵では起泡性に影響を与える卵白たんぱく質中のコンアルブミンとグロブリンおよび卵黄たんぱく質中の低密度リポタンパク質の構成割合がH卵と異なることが推察された。

### 3. 泡の安定性

卵白泡の離水量 (ml) の経時変化をFig. 3に示した。離水量が少ないほど泡の安定性がよいことを示している。E卵とH卵ともに測定開始20分後まで離水は認められなかったが、30分後ではH卵でE卵の約6.8倍の離水量を示した。しかし、H卵では60分後に約5 mlの離水量を示した後、離水量の増加はほとんど認められなかったが、E卵では120分後までゆるやかに増加し続けた。120分後の離水量の倍率はH卵でE卵の約1.4倍であり、倍率が約6.8倍と最大であった30分後の約1/5に減少した。したがって、H卵卵白泡に対して、離水量の倍率が最大であった攪

拌後30分でE卵卵白泡は最も安定すると考えられた。その後のEとH卵卵白泡の離水量の倍率は経時的に小さくなることが明らかになった。

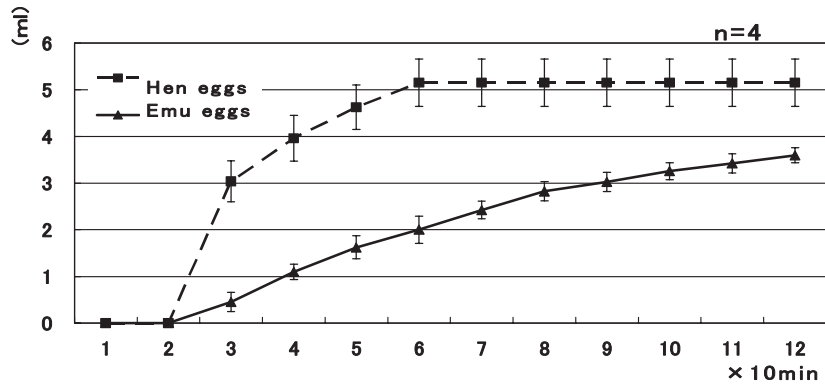


Fig. 3 Emergent volumes of albumen foam from hen and emu eggs

1) Lower volumes indicate greater foam stability.

2) Hen and emu egg albumen foam volume measurements were taken at 10 minute intervals for 120 minutes.

#### 4. 色差

卵殻および生卵黄の色差をTable. 2に、加熱卵白の色差をTable. 3に、加熱卵黄の色差をTable. 4に示した。

Fraction		Colour		
		L*	a*	b*
Shell	Emu egg	21.86±2.21	-6.30±3.65	-1.68±1.35
	Hen egg	93.83±1.11	-1.67±0.31	3.85±0.62
Raw yolk	Emu egg	35.71±2.68	-6.25±0.99	11.49±0.82
	Hen egg	39.76±4.31	8.67±2.21	40.71±3.48

(\*\*p<0.01)

Table.3 Emu and hen albumen color variation after heating (n=10 mean±SD)

Heating temperature		Albumen		
		L*	a*	b*
55°C	Emu egg:	16.92 ± 8.61	-8.41 ± 17.70	-1.99 ± 6.61
	Hen egg:	24.78 ± 8.50	-33.13 ± 24.91	13.76 ± 11.51
60°C	Emu egg:	14.72 ± 6.15	-5.36 ± 29.14	1.46 ± 13.25
	Hen egg:	33.31 ± 15.35	-5.78 ± 1.34	-6.51 ± 1.54
65°C	Emu egg:	21.81 ± 0.75	-4.45 ± 14.52	-5.48 ± 8.29
	Hen egg:	69.45 ± 50.21 **	-7.04 ± 13.12	-0.67 ± 5.78
70°C	Emu egg:	28.37 ± 1.77 **	-5.47 ± 3.64	-7.10 ± 1.86 **
	Hen egg:	70.61 ± 1.02 **	-6.70 ± 0.24	1.76 ± 0.40 **
75°C	Emu egg:	33.40 ± 5.45 **	-4.38 ± 13.02	-11.36 ± 5.90 **
	Hen egg:	71.56 ± 1.37 **	-5.82 ± 0.41	3.44 ± 0.68 **
80°C	Emu egg:	41.55 ± 1.20 **	-5.53 ± 0.59	-6.29 ± 0.79 **
	Hen egg:	86.20 ± 6.98 **	-3.75 ± 3.67	6.30 ± 1.70 **
85°C	Emu egg:	39.61 ± 1.16 **	-5.39 ± 0.30 **	-6.89 ± 0.93 **
	Hen egg:	89.29 ± 2.55 **	-2.48 ± 1.76 **	6.44 ± 0.97 **
90°C	Emu egg:	41.13 ± 1.04 **	-6.17 ± 0.39 **	-6.91 ± 0.16 **
	Hen egg:	90.69 ± 0.44 **	-3.79 ± 1.95 *	6.27 ± 0.91 **
95°C	Emu egg:	46.74 ± 2.44 **	-6.68 ± 0.34 **	-6.21 ± 0.66 **
	Hen egg:	90.96 ± 0.27 **	-3.91 ± 1.14 **	6.59 ± 0.44 **
100°C	Emu egg:	43.42 ± 1.24 **	-6.38 ± 0.67 **	-6.69 ± 0.21 **
	Hen egg:	90.91 ± 0.14 **	-3.39 ± 0.43 **	6.69 ± 0.49 **

(\*\*p<0.01 \*p<0.05)

Table.4 Emu and hen yolk color variation after heating (n=10 mean±SD)

Heating temperature		Yolk		
		L*	a*	b*
55°C	Emu egg:	40.71 ± 1.48 **	-3.19 ± 25.11	15.65 ± 3.73 **
	Hen egg:	45.63 ± 0.23 **	4.56 ± 0.24	53.88 ± 0.26 **
60°C	Emu egg:	44.25 ± 6.00	-3.42 ± 1.92 **	13.66 ± 2.50 **
	Hen egg:	45.49 ± 0.56	5.06 ± 0.19 **	52.86 ± 4.16 **
65°C	Emu egg:	45.75 ± 6.54	-7.28 ± 5.81 **	15.09 ± 1.19 **
	Hen egg:	45.64 ± 0.19	4.71 ± 0.37 **	53.53 ± 0.78 **
70°C	Emu egg:	42.95 ± 1.80	-9.71 ± 2.03 **	15.20 ± 1.59 **
	Hen egg:	44.42 ± 0.21	4.69 ± 0.21 **	51.69 ± 0.40 **
75°C	Emu egg:	48.88 ± 1.01 **	-8.42 ± 4.43 **	15.05 ± 4.80 **
	Hen egg:	45.15 ± 0.47 **	5.15 ± 0.20 **	51.74 ± 0.79 **
80°C	Emu egg:	56.30 ± 3.51	-10.81 ± 2.89 **	13.66 ± 5.00 **
	Hen egg:	59.36 ± 2.92	4.86 ± 2.21 **	35.04 ± 2.90 **
85°C	Emu egg:	86.42 ± 2.45 **	-9.71 ± 0.83 **	19.30 ± 3.04 **
	Hen egg:	74.22 ± 1.82 **	-2.73 ± 0.95 **	32.18 ± 1.99 **
90°C	Emu egg:	91.41 ± 0.63 **	-7.46 ± 0.37 **	25.14 ± 1.05 **
	Hen egg:	85.60 ± 0.74 **	-2.33 ± 1.41 **	46.38 ± 2.64 **
95°C	Emu egg:	92.00 ± 0.48 **	-5.33 ± 1.20 **	27.02 ± 1.27 **
	Hen egg:	88.16 ± 0.34 **	1.39 ± 0.58 **	51.42 ± 1.88 **
100°C	Emu egg:	92.79 ± 0.76 **	-5.42 ± 0.93 **	25.94 ± 2.29 **
	Hen egg:	88.13 ± 0.52 **	1.26 ± 0.71 **	51.08 ± 0.64 **

(\*\*p<0.01)

**卵殻および生卵黄の色差：**卵殻の色差ではE卵のL\*, a\*, b\*値で有意 (\*\*p<0.01) にH卵より低かった。E卵は深緑色の卵であるため、卵殻が白色のH卵と比較して、明度が低く、赤みを示すa\*値がマイナスであることは赤と反対色の緑が強く、黄色みを示すb\*値もマイナスであることは反対色の青が強いことが示唆された。一般に卵殻の色の違いは鳥の種によって決定される<sup>6)</sup>と考えられている。

生卵黄ではL\*, a\*, b\*値がE卵で有意 (\*\*p<0.01) にH卵より低かった。これよりE卵の生卵黄はH卵より明度が低く、赤みと黄色みが薄いことが示唆された。E卵の生卵黄の色は卵殻の深緑色の影響を受けるのではないかと考えられたが、峰木ら<sup>3)</sup>の報告で、卵殻の色が白いダチョウ卵の卵黄でも同じ傾向を示したので、生卵黄の色は卵殻の色の影響よりも鳥の種による影響が大であると考えられた。

**加熱卵白の色差：**L\*値の加熱温度65℃以上、a\*値の85℃以上、b\*値の70℃以上の時にE卵で有意 (\*p<0.05以上) にH卵より低い値であった。一般に鶏卵卵白は60℃で凝固し始め、62~65℃でゲル化を開始し、70℃ではほぼ凝固する。完全凝固は80℃以上である<sup>5)</sup>。H卵卵白の55℃の加熱時では一部に白濁が伺えるが透明部分が多く、60℃で透明感のある白濁となり、65℃で透明感が消失して白さを増し、80℃で完全な白色となった。この変化は鶏卵卵白の熱凝固変化と同様であった。一方E卵卵白では55℃ですでに灰色がかかった白濁を呈し、70℃以上から透明感のある白さが増してきた。このため明度を示すL\*値は、加熱温度55℃ですでにE卵でH卵より低く、特にゲル化が開始される65℃以上でその差は顕著であった。a\*値が示す赤みとb\*値が示す黄色みは鶏卵卵白が完全凝固した85℃以上でその差が顕著であった。したがって、E卵卵白は加熱温度が高くなるほどH卵卵白より明度が低く、赤みと黄色みが薄いことが示された。

**加熱卵黄の色差：**加熱温度55℃のL\*値ではE卵でH卵より有意 (\*\*p<0.01) に低かったが、75℃と85℃以上で有意 (\*\*p<0.01) に高くなった。a\*値では加熱温度60℃以上で、b\*値では55℃以上の時にE卵で有意 (\*\*p<0.01) にH卵より低い値であった。一般に鶏卵卵黄は加熱温度65℃で凝固を開始し、70℃で流動性を失う<sup>5)</sup>。L\*値では加熱温度55℃のゾル状態の時、E卵でH卵より低かったが、流動性を失う75℃および完全に凝固する85℃以上ではE卵で高くなった。これより、E卵とH卵は加熱温度が高くなるにつれて共にL\*値は高くなるが、E卵の方がH卵よりL\*値の上昇度は大きく、特に流動性を失う75℃以上でその差は顕著であった。E卵のa\*値の赤みは加熱温度上昇とともに低くなり、b\*値の黄色みは、E卵とH卵共に卵黄が完全凝固する85℃から値の上昇が見られたが、E卵の値はH卵のほぼ半分の数字であった。したがって、E卵の卵黄はH卵より明度が高く、赤みと黄色みは薄く、特に卵黄が完全凝固する85℃以上で差が顕著になることが明らかになった。

## 5. 加熱卵のテクスチャー

加熱卵白のテクスチャーをTable.5に、加熱卵黄のテクスチャーをTable.6に示した。

**加熱卵白：**かたさ荷重では、加熱温度55℃~75℃間で有意差は認められなかったが、卵白が完全凝固する80℃以上の時にE卵で有意 (80℃ : \*p<0.05 85℃以上 : \*\*p<0.01) にH卵より低く、温度上昇に伴いその差が大きくなる傾向が認められた。凝集性では、加熱温度60℃まで差は認められなかったが、65℃から75℃の時にE卵で有意 (\*\*p<0.01) にH卵より低かった。しかし、80℃から100℃間ではE卵で有意 (85℃・90℃ : \*p<0.05 80℃・100℃ \*\*p<0.01) にH卵より高かった。特に鶏卵卵白がゲル化を開始する65℃からほぼ凝固する75℃間の凝集性を示す値はH卵でE卵の約8~307倍であった。これより、E卵の凝集性は加熱温度65℃の時最大となる



Table.5 Emu and hen albumen texture after heating (n=10 mean±SD)

Heating temperature		Albumen texture		
		Hardness (N)	Cohesiveness	Gum load (N)
55°C	Emu egg	0.02±0.00	0.00±0.00	0.02±0.00
	Hen egg	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
60°C	Emu egg	0.02±0.00	0.68±0.56	0.09±0.13
	Hen egg	0.02±0.00	0.68±0.00	0.09±0.00
65°C	Emu egg	0.02±0.01	64.99±110.83	1.94±3.33
	Hen egg	0.12±0.12	503.52±268.67	38.84±12.13
70°C	Emu egg	0.03±0.00	4.11±0.18	0.12±0.01
	Hen egg	0.06±0.04	623.46±220.67	31.38±10.50
75°C	Emu egg	0.04±0.02	2.56±1.37	0.12±0.09
	Hen egg	0.03±0.01	784.62±137.43	25.63±0.57
80°C	Emu egg	0.02±0.00	1.00±0.00	0.07±0.00
	Hen egg	0.2±0.09	0.31±0.16	0.07±0.05
85°C	Emu egg	0.06±0.03	0.77±0.30	0.07±0.02
	Hen egg	0.43±0.02	0.15±0.77	0.07±0.04
90°C	Emu egg	0.06±0.04	0.78±0.33	0.06±0.02
	Hen egg	0.56±0.06	0.11±0.06	0.06±0.03
95°C	Emu egg	0.09±0.06	0.65±0.32	0.33±0.02
	Hen egg	0.67±0.02	0.49±0.35	0.33±0.23
100°C	Emu egg	0.12±0.01	0.45±0.12	0.04±0.01
	Hen egg	0.59±0.03	0.07±0.02	0.04±0.01

(\*\*p&lt;0.01 \*p&lt;0.05)

Table.6 Emu and hen yolk texture after heating (n=10 mean±SD)

Heating temperature		Yolk texture		
		Hardness (N)	Cohesiveness	Gum load (N)
55°C	Emu egg	0.11±0.06	0.47±0.38	0.04±0.01
	Hen egg	0.00±0.01	0.93±0.12	0.02±0.00
60°C	Emu egg	0.14±0.05	0.37±0.18	0.05±0.01
	Hen egg	0.06±0.05	0.44±0.51	0.12±0.17
65°C	Emu egg	0.07±0.02	0.78±0.36	0.05±0.01
	Hen egg	0.03±0.01	0.76±0.41	0.02±0.00
70°C	Emu egg	0.09±0.05	0.67±0.20	0.05±0.01
	Hen egg	0.04±0.03	0.76±0.42	0.02±0.00
75°C	Emu egg	0.16±0.07	0.30±0.18	0.04±0.01
	Hen egg	0.21±0.05	0.15±0.10	0.03±0.01
80°C	Emu egg	0.39±0.09	0.14±0.07	0.05±0.02
	Hen egg	0.40±0.16	0.31±0.09	0.12±0.06
85°C	Emu egg	0.46±0.04	0.65±0.28	0.30±0.15
	Hen egg	0.89±0.14	0.43±0.27	0.40±0.30
90°C	Emu egg	0.58±0.02	0.46±0.08	0.27±0.05
	Hen egg	1.43±0.51	0.60±0.27	0.93±0.75
95°C	Emu egg	0.58±0.12	0.64±0.18	0.35±0.02
	Hen egg	2.04±0.16	0.53±0.20	1.11±0.49
100°C	Emu egg	0.59±0.09	0.62±0.02	0.36±0.06
	Hen egg	2.17±0.39	0.52±0.28	1.20±0.76

(\*\*p&lt;0.01 \*p&lt;0.05)

が、その時の凝集力はH卵と比べて著しく弱い。しかし、H卵では65℃から75℃間に集中して凝集しているが、E卵では65℃で最大値を示した後も85℃以上でH卵より高い凝集性を示しているので、鶏卵卵白の完全凝固温度と考えられている80℃では完全凝固せず、80℃以上でも凝集し続け、固体化が進んでいることが示唆された。ガム性荷重では加熱温度65℃から75℃間の時にE卵で有意 (65℃ : \* $p < 0.05$  70℃・75℃ : \*\* $p < 0.01$ ) にH卵より低く、これは凝集性と類似した。

卵白は透明で粘稠な液体であるが、加熱するとタンパク質が熱変性してその構造が変化し、タンパク質分子の凝集が生じて凝固する<sup>6)</sup>。本研究でE卵卵白はH卵と比べて軟らかく凝集性およびガム性が弱いことが示された。この特徴は峰木ら<sup>2)</sup>が報告したダチョウ卵と類似した。ダチョウ卵の卵白凝固特徴について峰木らは、凝固卵白の構造の違いであることを示し、多糖類あるいは糖たんぱく質の分布様式の違いがテクスチャーに影響を及ぼしている可能性を示唆している。また、卵白たんぱく質の凝固温度では、アルブミンやグロブリンは比較的低い温度で凝固するが、糖たんぱく質のオボムコイドやオボムチンは加熱変性しにくい<sup>8)</sup>ことからE卵とH卵卵白の組成たんぱく質構成比の違いが考えられた。本実験結果で、H卵卵白は加熱温度80℃で完全凝固したが、E卵では100℃でも餅状の弾力性を示した。これよりE卵とH卵ではたんぱく質分子間の形成状態が異なることも推察された。

**加熱卵黄：**加熱温度55℃～70℃までのかたさ荷重ではE卵でH卵より高く、特に65℃で有意 (\* $p < 0.05$ ) に高かった。しかし、加熱温度75℃以上ではE卵でH卵より低く、85℃以上では有意 (\*\* $p < 0.01$ ) に低く、その差は温度が高くなるほど顕著であった。凝集性ではE卵とH卵の間で有意差は認められなかったが、共に卵黄凝固開始温度である65℃と流動性が失われる70℃で高い値を示した。ガム性荷重では、55℃、65℃、70℃でE卵で有意 (\* $p < 0.05$ ) にH卵より高い値を示したが、加熱温度80℃以上では有意 (\* $p < 0.05$  95℃を除く) にE卵でH卵より低かった。これより凝固したE卵の卵黄はH卵より軟らかいことが示された。一般に鶏卵卵黄では、75℃以上になると粘りや弾力性が消失し、顆粒構造がみられほぐれやすくなる。E卵の卵黄は85℃で完全に凝固したが、手でほぐしてみると凝固状態はH卵より軟らかく、ほぐれにくい状態を示した。

以上の結果から、H卵と比較したE卵の調理特性として、① 卵黄割合が高い。② 卵白の起泡性がよい。③ 攪拌後30分以内の卵白泡に安定性がある。④ 卵黄は生・加熱ともに赤みと黄色みが薄い。⑤ 加熱卵白は明度が低く、赤みと黄色みが薄い。⑥ 卵白の完全凝固温度は高く、100℃でも弾力がある。⑦ 加熱卵黄は加熱温度85℃以上で有意に柔らかい。の7項目が明らかになった。

## 要 約

本研究ではエミュー卵を材料として調理に利用する可能性を探ることを目的に、エミュー卵の形状特徴と起泡性、熱凝固性に関する調理特性を明らかにした。材料としたエミュー卵（以後E卵）は産卵から約2ヶ月を経過した食用の無性卵であった。コントロールとして、産卵後1日以内の白色レグホーン種鶏卵（以後H卵）を用いた。

1. E卵の形状はH卵より細長かったが、形状係数はダチョウ卵と類似した。E卵で卵殻と卵黄の重量比は高く、特に卵黄の占める割合が大きかった。E卵のpHは卵白と卵黄ともに弱

アルカリ性を示した。

2. 起泡性は卵白ではE卵の方が、全卵泡ではH卵の方がよかった。しかし、E全卵はH全卵より泡立ちが早いと考えられた。卵白泡の安定性では攪拌30分後でE卵卵白泡はH卵より最も安定するが、その後時間の経過とともに泡の安定性の差は小さくなった。
3. 色差は卵殻と生卵黄ではE卵のL\*, a\*, b\*値で有意 (\*\*p<0.01) にH卵より低かった。加熱卵の卵白は加熱温度が高くなるほどH卵より明度が低く、赤みと黄色みが薄いことが示された。卵黄ではE卵の方がH卵より明度が高く、赤みと黄色みが薄く、特に卵黄が完全凝固する85℃以上でその差は顕著であった。
4. 加熱卵白のテクスチャーでは、加熱温度80℃以上の時のE卵で有意 (80℃ : \*p<0.05 80℃以上 : \*\*p<0.01) にH卵より軟らかかった。E卵の凝集性は加熱温度65℃の時に最大となったが、その時の凝集力はH卵と比べて著しく弱かった。しかし、E卵は80℃以上でH卵より高い凝集性を示し、固体化が進んでいることが示唆された。ガム性荷重は凝集性と類似した。E卵卵黄は85℃で完全に凝固したが、凝固状態はH卵より軟らかく、ほぐれにくい状態を示した。
5. H卵と比較したE卵の調理特性として、① 卵黄割合が高い。② 卵白の起泡性がよい。③ 攪拌後30分以内の卵白泡に安定性がある。④ 卵黄は生・加熱ともに赤みと黄色みが薄い。⑤ 加熱卵白は明度が低く、赤みと黄色みが薄い。⑥ 卵白の完全凝固温度は高く、100℃でも弾力がある。⑦ 加熱卵黄は加熱温度85℃以上で有意に柔らかい。の7項目が明らかになった。

## 文 献

1. <http://www.netlaputa.ne.jp/~taisyou/emu/shoshin/emyu.html>
2. 峯木真知子・渡邊康一・ダチョウ卵の卵殻、全熟卵の卵白および卵黄の組織構造－白色レグホーン種鶏卵との比較・日調科誌38, No 2, 155～162, (2005)
3. 峯木真知子・棚橋伸子・設楽弘之・ダチョウ卵の理化学的特性：白色レグホーン種鶏卵との比較・日調科誌50, No 6, 266～271 (2003)
4. 奥嶋佐知子・高橋 敦子・ダチョウ卵の調理特性について・女子栄養大学栄養科学研究所年報, Vol. 8 (2000)
5. 加田静子・高木節子編, 最新 調理学, 91～94, 朝倉書店 (2005)
6. 中村良編, 卵の科学, 1～23・79～93, 朝倉出版, (2001)
7. 菅原龍幸編・Nブックス 食品加工学 第2版, 71～73, (株) 建泉社, (2006)
8. 中村良他, 畜産物利用学, 188, 朝倉書店, (1972)

## Abstract

The purpose of this research was to examine the characteristics of emu eggs as a cooking ingredient. The eggs were evaluated in terms of their shape and size characteristics, foaming properties, and coagulability under heating. Emu eggs are longer and more narrow than hen eggs, with a shape factor

similar to ostrich eggs. The shell and yolk are both heavier in an emu egg than in a hen egg. The foaming potential of emu egg albumen was found, for a number of specimens, to be superior to that of hen egg albumen, but hen eggs were better in terms of whole-egg foam. After 30 minutes of agitation emu egg albumen foam was much more stable than hen egg albumen foam. In terms of shell coloration, emu eggshells had significantly lower  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values than hen eggshells.  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values were significantly lower for raw emu yolks than hen yolks. With heating, emu egg albumen remained less bright than hen egg albumen as temperatures increased, and a paleness of red and yellow components was shown. Emu yolks were brighter than hen yolks, with paler red and yellow, the difference being particularly remarkable above  $85^{\circ}\text{C}$ , when the yolks were completely coagulated. When heated to a temperature of over  $80^{\circ}\text{C}$ , emu egg albumen was significantly softer in texture than hen egg albumen. Emu eggs reached their maximum coagulability at a temperature of  $65^{\circ}\text{C}$ , but the strength of cohesion at that time was considerable weaker than that in hen eggs.