研究ノート

エミュー肉を利用したフランクフルトソーセージの開発

中澤洋三*, 坂 尚憲, 山崎雅夫, 佐藤広顕

東京農業大学生物産業学部食品香粧学科

Development of Frankfurter Sausage Manufacturing Using Emu Meat

Yozo Nakazawa*, Naonori Saka, Masao Yamazaki and Hiroaki Sato

Department of Food and Cosmetic Science, Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture,
196 Yasaka, Abashiri, Hokkaido 099-2493

Emu meat is distributed as a healthy foodstuff in the United States and Australia; however, its processing properties remain unclear. This study aimed to reveal the chemical and processing properties of emu meat for the manufacturing of frankfurter sausages. Compared to pork thigh meat, emu thigh meat showed higher protein content and significantly lower fat and cholesterol content. Also, emu thigh meat contained six-fold higher iron content than pork thigh meat. The addition of salt to minced emu thigh meat produced a paste with higher gel strength and lower extraction of salt-soluble proteins than that of pork thigh meat. The color of emu meat paste, developed using a color-producing reagent, was more stable against heat treatment than that of pork meat. Based on these results, we successfully developed emu meat frankfurter sausages using an optimized process. The sausage was characterized by high protein and iron contents and low fat, salt and calories as well as good physical properties and coloration.

(Received Mar. 14, 2017; Accepted May 11, 2017)

Keywords : emu, frankfurter, sausage, physical property, coloration

キーワード : エミュー, フランクフルト, ソーセージ, 物性, 色調

エミューとはオーストラリア原産のダチョウ目ヒクイドリ科の走鳥で、ダチョウに次いで世界で二番目に大きい¹⁾。古来より原住民アボリジニーは、食料や薬、衣服に利用するためにエミューを狩猟していた。しかし、ヨーロッパ系移民は畑を荒らし、牧草地の柵を破壊する害鳥として、エミューを積極的に輸出し、さらにエミュー戦争と呼ばれるほどの撲滅政策により、その数は激減した。現在ではエミューの生息数を確保するために、オーストラリアの輸出禁止動物に指定されている¹⁾。エミューは飼育環境下において孵化後約1年半で成鳥となり、早熟性である。極めて温和な性格で免疫力、繁殖力および適応能力が高く、飼育管理が容易であることから北海道において1996年より飼育が開始された¹⁾。エミューは生後10~18ヶ月で製肉加工が可能であり、一羽当たりから食肉約14kg、脂肪約9kgが生産できる。卵は鶏卵の約10倍の約600gであり、一羽あたり年間20~30個を産卵する²⁾。皮は一羽あたり約0.9m²が生産され、各種皮革製品に加工されている²⁾。脂肪から精製した油脂はオレイン酸やリノール酸を多く含み、保湿性や浸透性が高く、抗炎症作用を有することからスキンケア用品に応用されている²⁾。卵は鶏卵にはみられない柔

らかな食感を生み出すことから、菓子製造に利用されている²⁾。一方、肉は脂肪の大部分が皮下脂肪であり、赤身と簡単に分離できるため、赤身は他の食肉生産動物のそれと比べて高タンパク質、低脂質、低コレステロールであると同時に鉄分も多く含まれる。これらの特性から、すでにアメリカやオーストラリアでは健康的な食肉として認知されている²⁾。アメリカでは1995年農務省(USDA)の正式販売承認を獲得し、一般市場への流通を開始した¹⁾。しかし、わが国においては流通量が少なく、加工特性も未解明であることからほとんど消費されていないのが現状である。

日本の食生活は、従来米と魚を中心としたものであったが、最近では食の欧米化が進行し、脂質過多による栄養バランスの崩れから、メタボリック症候群などの疾病が懸念されている。そのため、現在では脂肪分の多い従来の食肉製品を見直すと共に、それに代わる新たな食肉製品の開発が求められている。

本研究では、エミュー肉の加工特性を明らかとし、優れた食感と食味を有する健康志向を意識したフランクフルトソーセージの開発を目的とした。

1. 実験方法

(1) 試料

試料に供したエミューのもも肉は (株)東京農大バイオインダストリーより購入し、生後30ヶ月未満の成鳥を使用した。豚もも肉および豚脂肪は北見ポーク (網走管内産) を用いた。食塩 (精製塩:塩事業センター)、発色剤 (New硝素、千代田商工、食塩85%、亜硝酸ナトリウム5%および硝酸カリウム10%含有)、アスコルビン酸 (皇漢堂製薬)、リン酸塩 (リン酸三ナトリウム、キシダ化学)、トレハロース (林原)、コショウ (エスピー食品)、オールスパイス (ハウス食品)、天然ケーシング (羊腸、直径26~28mm、ひかり食品) およびスモークサクラチップ (進誠産業) を用いた。

(2) 一般成分分析

一般成分は常法に従い測定した。すなわち、水分は水分計 (LP16, 日本シイベルヘグナー社) を用いて測定した。タンパク質はケルダール窒素測定システム (FOSS 2200 型 FOSSB, フォス・ジャパン社) を用いて測定した。脂質はソックスレー脂質抽出法を用いて測定した。灰分は直接灰化法に従い測定した。炭水化物は試料5gをアンスロン・硫酸法³⁾に従い測定した。

(3) コレステロールの定量

コレステロールの定量はガスクロマトグラフィーを用いた標準添加法により測定した⁴⁾。すなわち、均質化した試料5gを採取し、1M水酸化カリウム・エタノール溶液50mlを添加し、還流しながら1時間加熱してけん化した。冷却後、石油エーテルで3回抽出し、石油エーテル層を無水硫酸ナトリウムで脱水後、ロータリーエバポレーターで溶媒を減圧留去した。残留物にヘキサンを加えて溶解後10mlに定容し、10 μ lをキャピラリーカラム (DB-5, J&W Scientific 社) を装備したガスクロマトグラフィーに注入して分析した。なお、注入口および水素炎イオン化 (FID) 検出器の温度は280 $^{\circ}$ C、カラム温度は250 $^{\circ}$ C、ヘリウムガスの流量は毎分15ml、注入モードはスプリットレスとした。

(4) 鉄分測定

均質化した試料2gをろつばに採取し、灰化 (550 $^{\circ}$ C, 4時間) した。残留物に18% (w/w) 塩酸10mlを加え、加熱して凝固させた。9% (w/w) 塩酸10mlを添加し、加温溶解後ろ過し、ろ液を100mlに定容したものを試料溶液とした。試料溶液の鉄分を α -フェナントロリン比色法に従い測定した⁵⁾。

(5) 可溶性タンパク質量の測定

均質化試料0.1gに0.5~2.5%塩化ナトリウムを含む100mM トリス・塩酸緩衝液 (pH7.0) 1mlを添加した後、30分間攪拌し、遠心分離 (24150 $\times$ g, 5分間, 4 $^{\circ}$ C) して得られた上澄液を抽出液とした。可溶性タンパク質の測定は、ローリー改良法⁶⁾に従い測定した。なお、標準タンパク質には牛血清アルブミンを用いた。

(6) フランクフルトソーセージの製造

エミューもも肉の半解凍肉をミートチョッパー (OMC-12, 大道産業) で肉挽きした。挽き肉に対して、食塩 (2.75%), 発色剤 (0.045%), アスコルビン酸 (0.02%), リン酸塩 (0.2%) および氷 (5%) を加え、フードプロセッサー (MK-K-48, ナショナル) を用いて3分間混合した。次に、コショウ (0.3%), オールスパイス (0.2%) および豚脂 (20%) を加えた後、さらに1分間混合した。ソーセージメーカー (DK-0524, 貝印) を用いてケーシングに充填し、扇風機にて冷乾燥した。水煮 (72~74 $^{\circ}$ C, 20分) 後、スモークハウス (SUB-400C, 大道産業) を用いて燻煙 (60 $^{\circ}$ C, 30分間) した。フランクフルトソーセージの品質検査は製品を水煮 (72~74 $^{\circ}$ C, 2分) した後で実施した。

この製造方法を基本とし、発色剤、アスコルビン酸、リン酸塩、豚脂肪、食塩およびトレハロース添加量を最適化した。

(7) 色調測定

フランクフルトソーセージの表面と切断面の色調は、測色色差計 (CR-200, ミノルタ) を用いて反射法により色差を測定し、L*, a* および b* で表示した。なお、表面色調はフランクフルトソーセージの側面を測定し、切断面色調はフランクフルトソーセージの中央部分を長さ20mmに切断し、切断面の中心部分を測定した。

(8) ゲル強度測定

フランクフルトソーセージの中央部分を長さ20mmに切断し、球形プランジャー (直径10mm) を装着したレオメーター (NRM-2010 J-CW, 不動工業) を用いて、切断面の中央部分を垂直方向に押し込み試験を行った。なお、フランクフルトソーセージの直径は概ね26~28mmであり、測定温度は室温、クリアランスは2.5mmで試験した。プランジャーの進入速度ならびにチャートスピードは6cm/minとし、破断した応力を破断強度、破断で生じた凹み距離を破断凹みとした。破断強度ならびに破断凹みの積によりゲル強度を算出した。

(9) 保水力測定

加圧濾紙重量法により測定した。すなわち、フランクフルトソーセージの中央部分を長さ20mmに切断し、濾紙 (No.2, アドバンテック) で挟み、直径10mmの粘弾性用プランジャーを装着したレオメーターを用いて10kgの圧力で1分間加圧し、濾紙に浸透した水の重量を測定した。保水力は全水分量から離水した水分量を差し引いた残存水分量を百分率で示した。ただし、濾紙へ浸出した脂質は水分とみなし測定した⁷⁾。

(10) 塩分測定

均質化した試料5gを採取し、加温 (100 $^{\circ}$ C, 5分間) して試料より塩化物を抽出後、ろ過したろ液を純水で250mlに定容したものを試料溶液とした。試料溶液の塩分はモール法に従い測定した⁸⁾。

表1 エミューもも肉および豚もも肉の一般成分組成

	水分 (g/100g)	タンパク質 (g/100g)	脂質 (g/100g)	炭水化物 (g/100g)	灰分 (g/100g)	コレステロール (mg/100g)	鉄分 (mg/100g)
エミュー	72.1	24.1	2.5	Tr.	1.3	44.6	4.6
豚	71.4	21.4	6.0	0.1	1.1	82.1	0.7

Tr.: 痕跡

(11) 残存亜硝酸根の定量

均質化した試料5gを純水40mlと共にホモジナイズし、この懸濁液を湯煎で加温(80℃, 120分)し、残存する亜硝酸塩を抽出した。その後、飽和塩化第二水銀溶液5mlを添加し、ろ過して除タンパクした後、ろ液を250mlに定容したものを試料溶液とした。試料溶液10mlにグリース・ロミイン試薬(1mM スルファニル酸および2.5mM α -ナフチルアミン溶液を含む15%酢酸溶液)2mlを添加して50mlに定容後、室温で60分間放置して、生成した赤色アゾ色素を520nmにて比色定量した⁹⁾。

なお、分析試料は3検体以上を3回以上測定し、その平均値を結果に表記した。

2. 実験結果および考察

(1) エミューもも肉の一般成分組成

エミュー肉もも肉と豚もも肉の一般成分分析の結果を表1に示す。エミューもも肉は豚もも肉と比較して高タンパク質、低脂質であった。エミューもも肉の鉄分は豚もも肉のそれと比較して約6.6倍多く含有していた。エミューもも肉と豚もも肉のコレステロール含量を比較したところ、エミューもも肉は豚もも肉の約1/2であった。若鶏もも肉(皮なし、生)のコレステロール含量は87mg/100gであり¹⁰⁾、エミューもも肉の約2倍であった。以上の結果より、エミューもも肉は、高タンパク質、低脂質、高鉄分、低コレステロールであり、栄養学上において健康的な食肉であることが明らかになった。

(2) エミューもも肉の発色剤添加による色調の改善

亜硝酸塩を添加後、加熱した時の肉色変化を検討した。その結果、エミューもも肉は豚もも肉と比較して、生肉の a^* が高く、赤みが強かった。食肉の赤みはミオグロビン分子によるものであり、ミオグロビン構造の中心には二価鉄を含むため¹¹⁾、鉄分の多いエミュー肉はミオグロビン含量が高いと考えられた。一方、エミューもも肉は加熱すると無添加区では、酸化による退色が著しいが、添加区では a^* が最も高く、鮮赤色を呈した(表2)。これにより、エミュー肉は亜硝酸塩やアスコルビン酸等の発色剤や発色助剤を添加することにより、豚肉以上に鮮赤色を呈することが分かった。

(3) エミューもも肉の食塩添加によるゲル強度の改善

食塩濃度0.5~2.5%添加した際のタンパク質量を測定した。その結果、エミューもも肉および豚もも肉は共に、食塩濃度に比例してタンパク質量が増加した。このことか

表2 発色剤添加による色調の改善

		L*	a*	b*
エミュー	生	30.3	15.5	6.4
	加熱(無添加)	43.7	11.5	10.0
	加熱(発色剤†0.3%添加)	41.0	20.1	11.5
豚	生	46.7	10.2	7.2
	加熱(無添加)	69.6	4.0	9.5
	加熱(発色剤†0.3%添加)	68.2	12.3	9.3

† New 硝素(千代田商工社製、亜硝酸ナトリウム5%および硝酸カリウム10%含有)

ら、塩濃度の増加に伴い、塩溶性タンパク質の溶出が増大することが示唆された。また、いずれの食塩濃度においても豚もも肉のタンパク質溶出量が高かった(図1A)。SDS-ポリアクリルアミド電気泳動(SDS-PAGE)にて各抽出液のタンパク質組成を比較したところ、ミオシン重鎖(約200kDa)の量比に違いが見られ、豚もも肉試料では食塩1.5%添加からバンドが検出されたものの、エミューもも肉では食塩2.0%濃度からバンドが検出された(結果は図示せず)。食塩添加量0.5~2.5%と変化させ、混合(240秒)し、ケーシングに充填したものを加熱(燻煙:60℃-30分、水煮:72~74℃-20分)した。その中央部分を長さ20mmに切断し、球形プランジャー(直径10mm)を装着したレオメーターを用いて、切断面の中央部分を垂直方向に押し込み試験を行い、加熱後のゲル化特性を検討したところ、食塩添加量1.5%までは差が見られないものの、2.0%以上ではエミュー肉のゲル強度が優位に高くなった(図1B)。豚もも肉は食塩添加量2.0%と2.5%において破断強度と破断凹みにほとんど変化が見られなかったが、エミューもも肉では同条件において破断強度および破断凹みが増加し、特に破断凹みの変化が顕著であった。近年の一般的なソーセージの塩分は2%前後であり¹²⁾、エミューもも肉が豚もも肉と同等のゲル強度を示したことから、エミューもも肉の食肉加工が可能であることが示唆された。

(4) エミューフランクフルトソーセージの製造

i) 硝素添加量の影響

一般的に良好な色調を呈する食肉加工品を製造するためには発色剤である亜硝酸塩の添加が必要不可欠となる。亜硝酸塩は肉中のグリオゲンの分解によって生じた乳酸の作用で遊離の亜硝酸となる。肉中のミオグロビンは一旦亜硝酸イオンにより酸化され、メトミオグロビンとなる。さ

図 1 食塩添加による溶出タンパク質量 (A) およびゲル強度 (B) の変化

表 3 発色剤[†]添加量の影響

添加量 (%)	破断強度 (kg)	破断凹み (cm)	ゲル強度 (kg·cm)	色調 (表面)			色調 (切断面)			NO ₂ ⁻ 量 (ppm)
				L*	a*	b*	L*	a*	b*	
0	1.0	0.9	0.9	46.8	6.5	10.3	48.1	6.8	10.5	0
0.045	1.0	1.0	1.0	48.3	8.2	10.7	48.0	10.2	9.7	13.0
0.060	1.1	0.9	1.0	46.8	9.0	10.0	47.4	11.8	9.3	15.0
0.090	0.9	1.0	0.9	49.2	8.8	10.6	47.7	11.0	9.7	23.0
0.225	1.0	1.0	1.0	46.1	10.3	10.4	48.3	15.1	9.5	69.0

[†] New 硝素 (千代田商工社製, 亜硝酸ナトリウム 5% および硝酸カリウム 10% 含有)

らに肉組織が持つ還元作用によりメトミオグロビンはミオグロビンに再度変換され、亜硝酸より生成した一酸化窒素と結合してニトロソミオグロビン (ニトロシルミオグロビン) となり美しい赤色を呈する。これを加熱するとニトロソミオクロモーゲン (ニトロシルミオクロモーゲン) となりソーセージ、ハムなどの美しい桃赤色となる。しかし、肉中のミオグロビンと反応せず残存した亜硝酸塩は人体に害を及ぼす危険性があるため、食品衛生法により食肉製品の残存亜硝酸根量を 70ppm 以下とするように規定されている⁹⁾。これらのことを考慮し、亜硝酸塩の添加量を検討した。その結果、無添加区と比較して添加区では若干桃赤色を呈する製品となった。しかし、添加量を増加させてもフランクフルトソーセージの表面や切断面の色調に大差がなかった。0.225% 添加区では表面、切断面共に a* 値が高く最も赤みの強い製品となったが、残存亜硝酸根量は 69.0 ppm と規定量寸前となった。以上の結果より、亜硝酸塩添加量を最小添加量の 0.045% とした (表 3)。添加量の増加に伴い残存亜硝酸根量が増加したが、フランクフルトソーセージ表面や切断面の色調に顕著な差異が認められなかったことから、亜硝酸塩とミオグロビンの発色反応が完全に進行していないことが示唆された。これはエミュー肉の持つ還元作用が弱いためにメトミオグロビンからミオグロビ

ンへの還元が不十分であり、肉中のミオグロビン誘導体のすべてがニトロソミオクロモーゲンに変換されていないことが一因と考えられた。

ii) アスコルビン酸添加量の影響

アスコルビン酸はその還元作用により、亜硝酸塩とミオグロビンの発色反応を促進する。これにより生成されるニトロソミオクロモーゲン量が増加し、桃赤色への発色反応が促進される。これは、残存亜硝酸根量を減少させることにもなる¹³⁾。そこで、亜硝酸塩添加量を 0.045% に固定し、アスコルビン酸の添加量を検討した。その結果、添加量に関わらずフランクフルトソーセージの表面の色調は、a* 値が若干上昇したが改善されなかった。一方、切断面では、0~0.20% 添加区において添加量の増加に伴い a* 値が上昇し、桃赤色を呈する製品となった。また、0.30~1.00% 添加区においては差が認められなかった。また、添加量の増加に伴い残存亜硝酸根量は減少する傾向が認められた。これは、アスコルビン酸の還元作用により、亜硝酸塩とミオグロビンの発色反応が促進されたことが示唆された。

ゲル強度においては 0.20% 添加区までは大差はみられないものの、0.30% 添加区以上では破断強度およびゲル強度が低下した。通常食肉の pH をアクチン (pI 4.7) やミオシン (pI 5.7) の等電点に近い pH 5.0 付近にすると、静電的

表4 アスコルビン酸添加量の影響

添加量 (%)	破断強度 (kg)	破断凹み (cm)	ゲル強度 (kg・cm)	色調 (表面)			色調 (切断面)			NO ₂ ⁻ 量 (ppm)
				L*	a*	b*	L*	a*	b*	
0	1.0	1.0	1.0	48.1	7.6	10.9	48.9	8.8	10.6	15.0
0.1	1.1	1.0	1.1	51.3	7.7	9.7	46.1	13.2	8.4	9.2
0.2	1.0	0.9	0.9	52.2	7.4	9.7	46.8	17.6	9.5	9.5
0.4	0.8	0.9	0.7	49.0	8.3	9.8	45.3	18.6	10.1	7.0
1.0	0.5	1.2	0.6	55.3	12.1	11.6	52.0	19.7	11.6	2.0

表5 リン酸塩添加量の影響

添加量 (%)	破断強度 (kg)	破断凹み (cm)	ゲル強度 (kg・cm)	色調 (表面)			色調 (切断面)			保水力 (%)
				L*	a*	b*	L*	a*	b*	
0	0.8	1.1	0.9	38.3	17.9	12.0	43.9	19.2	10.7	73.2
0.2	1.0	0.8	0.8	46.5	17.1	8.4	38.0	19.8	9.7	89.5
1.0	1.1	0.8	0.9	36.2	18.8	7.9	45.4	18.4	9.1	91.6
1.5	1.1	0.9	1.0	34.8	15.1	7.3	43.9	18.6	8.7	97.5

表6 豚脂肪添加量の影響

添加量 (%)	破断強度 (kg)	破断凹み (cm)	ゲル強度 (kg・cm)	色調 (表面)			色調 (切断面)			脂質量 (g/100g)
				L*	a*	b*	L*	a*	b*	
20	1.0	0.9	0.9	36.2	18.8	7.9	45.4	18.4	9.0	15.4
25	0.9	1.0	0.9	36.3	20.1	11.8	41.9	18.3	9.5	18.9
30	0.9	0.8	0.7	37.5	16.0	12.0	44.1	17.3	9.4	22.7

反発が減少し、太いフィラメントと細いフィラメント間の空間が狭くなる。これにより、水分を保持する空間が減少し、保水力が低下する。一方、等電点以外のpHでは静電的反発力により、フィラメント間が拡大し保水力が向上する¹⁴⁾ことが知られている。このことから、アスコルビン酸の添加過多は食肉タンパク質のpHを等電点付近まで低下させ、保水力を低下させることが示唆された。また、酸味を呈する製品となった。以上の結果より、アスコルビン酸の添加量を0.20%とした(表4)。

iii) リン酸塩添加量の影響

リン酸三ナトリウムは金属封鎖作用により、筋構造タンパク質であるアクチンと結合しているCa²⁺を封鎖する。これによりタンパク質構造がゆるみ、水が取り込まれ、保水力が増強する¹⁵⁾。そこで、保水力に及ぼすリン酸三ナトリウムの影響を検討した。その結果、リン酸三ナトリウム添加量の増加に伴い、保水力が上昇した。通常肉はpH5.0付近で保水力が最少となる¹⁴⁾が、リン酸三ナトリウムの添加によってpHが上昇し、保水力が増強したことが示唆された。また、ゲル強度においては大差が認められず、食感は改善されなかった。しかし、無添加区と比較して、若干ゲル強度が向上したことから、リン酸三ナトリウムの添加量を0.2%とした(表5)。

iv) 豚脂肪添加量の影響

混合工程において食塩によって抽出された塩溶性タンパク質が乳化剤の役割を果たし、脂肪と水は均一に混じり合う。さらに加熱によって脂肪が融解し、タンパク質の三次元網目構造に脂肪球として保持されることにより食感が向上する¹⁶⁾。そこで、豚脂肪の添加量を検討した。その結果、20%添加区と比較して25ならびに30%添加区では破断強度が低下したものの、食味が向上した。しかし、30%添加区では製品の脂質含量が20%を超え、市販品と同等となったことから豚脂肪の添加量を25%とした(表6)。

v) 食塩添加量の影響

食肉に食塩を添加するとアクチンとミオシンが溶出して結合し、アクチンミオシンとなる。このアクチンミオシンにより粘稠な肉糊となり、加熱により凝固して立体的な網目構造のゲルを形成する¹⁷⁾。これがフランクフルトソーセージの食感に大きく影響する。そこで、食塩添加量を検討した。その結果、添加量に関わらずフランクフルトソーセージのゲル強度に差は認められなかったが、製品の塩分は添加量の増加に伴い上昇した。食味と製品の塩分を考慮し、食塩添加量を2.00%とした(表7)。

vi) トレハロース添加量の影響

トレハロースはショ糖の38%の甘味を呈し、水和力が

表 7 食塩添加量の影響

添加量 (%)	破断強度 (kg)	破断凹み (cm)	ゲル強度 (kg・cm)	色調 (表面)			色調 (切断面)			塩分 (%)
				L*	a*	b*	L*	a*	b*	
1.75	1.0	0.9	0.9	34.5	19.2	20.9	39.0	18.6	8.6	1.6
2.00	1.0	1.0	1.0	40.7	20.8	13.1	44.8	19.2	10.2	1.8
2.25	1.0	1.1	1.1	38.7	19.5	12.9	44.6	16.8	9.1	1.9
2.75	1.1	1.2	1.3	36.3	20.1	11.8	41.9	18.3	9.5	2.1

表 8 トレハロース添加量の影響

添加量 (%)	破断強度 (kg)	破断凹み (cm)	ゲル強度 (kg・cm)	色調 (表面)			色調 (切断面)			保水力 (%)
				L*	a*	b*	L*	a*	b*	
0	1.0	1.0	1.0	39.7	18.8	11.8	45.2	17.5	8.9	83.9
0.3	1.0	1.0	1.0	36.5	18.0	10.6	42.8	18.9	9.3	81.6
0.4	1.1	0.9	1.0	36.1	19.6	12.5	42.5	19.0	9.8	87.0
0.5	1.0	0.9	0.9	36.3	17.3	7.5	38.1	17.3	7.5	85.4

表 9 フランクフルトソーセージの一般成分組成および化学性

	水分 (g/100 g)	タンパク質 (g/100 g)	脂質 (g/100 g)	炭水化物 (g/100 g)	灰分 (g/100 g)	塩分 (%)	鉄分 (mg/100 g)	NO ₂ ⁻ 量 (ppm)
エミュー製品	59.4	17.0	18.9	2.6	2.1	1.8	4.1	6.1
豚市販品 (I 社)	55.3	13.5	24.0	4.7	2.5	2.1	1.2	0.1
豚市販品 (N 社)	55.9	13.7	24.3	3.8	2.4	2.0	2.7	11.0
豚市販品 (M 社)	54.4	12.4	25.2	5.5	2.5	2.0	0.8	5.6

高いために保水力の増強に効果を発揮する。さらに、脂肪酸の加熱分解を抑制し、揮発性アルデヒドの発生を減少させ、変敗臭を抑制すると共に矯味・矯臭効果により、獣臭、渋み、えぐ味などを低減する効果がある¹⁰⁾。そこで、トレハロース添加量を検討した。その結果、添加量に関わらずフランクフルトソーセージのゲル強度に大差が認められなかった。添加量の増加に伴い保水力が向上したが0.5%添加区では低下した。これは糖類による軟化作用¹⁸⁾により、タンパク質構造がゆるみ、水分の保持力が減少したことが示唆された。以上の結果より、ゲル強度と保水力が共に良好となった。0.4%をトレハロース添加量とした(表8)。

(5) 製法最適化によるエミュー肉フランクフルトソーセージと豚肉市販品との特性比較

i) 一般成分組成および化学性

エミュー肉フランクフルトソーセージの一般成分を3社の豚肉市販品と比較した結果を表9に示す。エミュー肉フランクフルトソーセージは豚肉市販品と比較して高タンパク質、低脂質、低炭水化物となった。さらに、エミュー肉フランクフルトソーセージは、市販品と比較して低い塩分であった。エミュー肉フランクフルトソーセージの食感や食味は良好であったことから食塩添加量は適切であると考えられた。エミュー肉フランクフルトソーセージは鉄分を豚肉市販品の1.5~5.0倍多く含有していた。エミュー肉フ

ランクフルトソーセージの残存亜硝酸根量を3社の豚肉市販品と比較したところ、市販品と同等の残存亜硝酸根量であり、食品衛生法の規定以下であった。

ii) ゲル強度および色調

エミュー肉フランクフルトソーセージのゲル強度と色調を3社の豚肉市販品と比較した結果を表10に示す。その結果、3社の市販品にそれぞれ特徴がみられたものの、エミュー肉フランクフルトソーセージも同等のゲル強度を示した。以上の結果より、エミュー肉フランクフルトソーセージは豚肉市販品と同様の食感を有することが分かった。エミュー肉フランクフルトソーセージの色調は切断面と表面のa*値が共に高く、鮮赤色を呈する製品となった。

3. 要 約

エミュー肉は、アメリカやオーストラリアにおいて、健康的な食材として流通しているが、その加工特性は不明な点が残されている。本研究は、エミュー肉を使ったフランクフルトソーセージ製造のための化学的および加工特性を明らかにすることを目的とした。豚もも肉と比較し、エミューもも肉は、高タンパク質であるが、コレステロールを含む脂質の量が顕著に低かった。また、エミューもも肉は豚もも肉よりも6倍多くの鉄を含んでいた。エミューのひき肉に塩を加えたところ、塩溶性タンパク質の溶出が低かったが、得られた加熱ゲルは高いゲル強度を示した。発

表 10 フランクフルトソーセージのゲル強度および色調

添加量 (%)	破断強度 (kg)	破断凹み (cm)	ゲル強度 (kg・cm)	色調 (表面)			色調 (切断面)		
				L*	a*	b*	L*	a*	b*
エミュー製品	1.0	1.0	1.0	42.5	19.0	9.8	36.1	19.6	12.5
豚市販品 (I 社)	1.1	1.2	1.3	48.9	13.3	25.3	58.5	11.1	6.7
豚市販品 (N 社)	0.9	1.0	0.9	51.2	13.2	25.7	59.1	10.6	9.7
豚市販品 (M 社)	0.8	0.9	0.7	58.3	17.8	39.4	61.6	13.3	10.5

色剤によって発色されたエミュー肉糊の色は、豚肉のそれと比較し、加熱に対し安定性を示した。これらの結果を基に、最適化した方法で調製したフランクフルトソーセージは、良好な物性と色調だけでなく、高タンパク、高铁分、低脂質、低塩分および低カロリーを示す製品であった。

文 献

- 1) 東京農大バイオインダストリー・オホーツク実学センター編 (2009). 「エミュー飼いたい新書」, 東京農業大学出版会, 東京, pp. 14-16.
- 2) 東京農大バイオインダストリー・オホーツク実学センター編 (2009). 「エミュー飼いたい新書」, 東京農業大学出版会, 東京, pp. 72-95.
- 3) 田中太郎 (1961). アンスロン反応を中心にした炭水化物の比色定量法, 分析化学, **10**, 64-71.
- 4) 安本教傳, 竹内昌昭, 安井明美, 渡邊智子 (2006). 「五訂増補日本食品標準成分分析マニュアル」, 建帛社, 東京, pp. 151-153.
- 5) 中村カホル, 滝田聖親, 渡部俊弘 (2001). 「基礎食品化学実験書」, 三共出版, 東京, pp. 134-136.
- 6) 大山 徹, 渡部俊弘 (2004). 「初歩からのバイオ実験」, 三共出版, 東京, pp. 136-137.
- 7) 西山隆男, 笠間信他, 末松茂孝 (1987). 「絵でみる食品化学総合実験書」, 農業図書, 東京, pp. 90.
- 8) 滝田聖親, 渡部俊弘, 大石祐一, 服部一夫 (2009). 「新基礎食品学実験書」, 三共出版, 東京, pp. 58-61.

- 9) 森田重廣 (1982). 「最新食品加工講座 畜肉とその加工」, 建帛社, 東京, pp. 114-115.
- 10) 香川芳子 (2016). 「七訂食品成分表 2016 本表編」, 女子栄養大学出版部, 東京, pp. 178.
- 11) 大森正司, 宮川金二郎, 松本憲一, 堀口恵子 (2002). 「フードマテリアルズ」, 化学同人, 京都, pp. 64 (2002).
- 12) 古澤栄作 (2015). 「ハム・ソーセージ入門」, 日本食糧新聞社, 東京, pp. 96-97.
- 13) 森田重廣 (1982). 「最新食品加工講座 畜肉とその加工」, 建帛社, 東京, pp. 56-57.
- 14) 鈴木敦士, 渡部終五, 中川弘毅 (1998). 「タンパク質の科学」, 朝倉書店, 東京, p. 30.
- 15) 森田重廣 (1982). 「最新食品加工講座 畜肉とその加工」, 建帛社, 東京, pp. 54.
- 16) 沖谷明紘 (1996). 「肉の科学」, 朝倉書店, 東京, pp. 138.
- 17) 平野正男, 鏡 晃 (1999). 「今さら聞けない肉の常識」, 食肉通信社, 大阪, pp. 80-81.
- 18) 斉藤義蔵, 小島正秋, 金井恒夫, 加香芳孝 (1980). 「食肉加工法」, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 99.

引用 URL

- i) <http://www.netlaputa.ne.jp/~taisyou/emu/shoshin/emyu.html> (2017.2.28)
- ii) <https://www.food.hayashibara.co.jp/product/treha/> (2017.2.28)

(平成 29 年 3 月 14 日受付, 平成 29 年 5 月 11 日受理)