

エミューすじ肉の食品理化学的特性を生かしたドライソーセージの開発

誌名	日本食品科学工学会誌 : Nippon shokuhin kagaku kogaku kaishi = Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology
ISSN	1341027X
著者名	中澤,洋三 吉田,彩乃 鹿嶋,陽彦 佐竹,絵梨 伊藤,宏華 為近,夢 森竹,亮介 南,和広 相根,義昌
発行元	日本食品科学工学会
巻/号	68巻12号
巻号補足	
掲載ページ	p. 447-454
発行年月	2021年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



報 文

エミューすじ肉の食品理化学的特性を生かした ドライソーセージの開発

中澤洋三*, 吉田彩乃, 鹿嶋陽彦, 佐竹絵梨, 伊藤宏華,
為近 夢, 森竹亮介, 南 和広, 相根義昌

東京農業大学生物産業学部食香粧化学科

Development of Dry Sausage that Utilizes the Food Physico-chemical Characteristics of Emu Tendon Meat

Yozo Nakazawa*, Ayano Yoshida, Haruhiko Kashima, Eri Satake, Hiroka Ito, Yume Tamechika,
Ryosuke Moritake, Kazuhiro Minami and Yoshimasa Sagane

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

In this study, we clarified the food physico-chemical characteristics of emu tendon. In comparison with beef tendon, emu tendon had a higher in protein content, was lower in fats, higher in iron, and richer in collagen. By adding 0.2% sodium ascorbate to the raw meat, the dry sausages were improved and had a bright and strong reddish tone with moderate hardness and a chewy texture. After the sausages were dried for four days, they contained a moisture level of <35% and water activity of <0.87, which met the Japanese Agricultural Standard (JAS) criteria for dry sausages. The dry emu sausages developed in this study had a high nutritional value, suitable physical properties, and good palatability other than flavor profile that was comparable to similar foods already on the market.

(Received Apr. 6, 2021 ; Accepted Aug. 6, 2021)

Keywords : emu, tendon meat, dry sausage, collagen, gelatin

キーワード : エミュー, すじ肉, ドライソーセージ, コラーゲン, ゼラチン

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2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。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。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⁾。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、日本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。

平成21年度エミュー平均解体内訳(未公表内部データ)によれば、エミュー1羽あたり、もも肉が10.8kgと最も多く、すじ肉は2.1kgともも肉に次いで多く採取されるが、「硬い」、「加工が困難」そして「独特な臭みがある」という理由から、ほとんど利用されていない。しかし、すじ肉には、近年、美容・美肌成分として認知された³⁾ コラーゲンが豊富に含まれることが予想され、有効活用されるべき生物資源である。

〒099-2493 北海道網走市八坂196

*連絡先 (Corresponding author), y3nakaza@nodai.ac.jp

本研究では、エミューすじ肉の一般成分および調理加工特性を明らかにし、それら食品化学的特性に応じたドライソーセージの開発を目的とした。

実験方法

1. 試料

試料に供したエミューのすじ肉(図1A)およびもも肉は(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。エミューすじ肉は、もも肉を覆っている筋膜に結合した組織で、もも肉をトリミングする際に筋膜と共に副生したものである。牛すじ肉(図1B)および豚脂肪は市内精肉店で購入した。食塩(山菱岩塩、(株)白松)、砂糖(グラニュー糖、三井製糖)、発色剤(New 硝素(食塩85%、亜硝酸ナトリウム5%および硝酸カリウム10%含有)、千代田商工(株))、発色助剤(アスコルビン酸ナトリウム、研光通商)、リン酸塩(ポリゴンM(ポリリン酸ナトリウム60%、メタリン酸カリウム20%、ピロリン酸四ナトリウム10%およびメタリン酸ナトリウム10%含有)、千代田商工(株))、グルタミン酸ソーダ(味丹VEDAN社)、ブラックペッパー、コリアンダーシード、セージ、メース(いずれもギャバン)およびファイブラスケーシング(直径32.8mm、Visko Teepak社)を使用した。エミュー製品の成分、物性および官能評価の対照試料として、日本産K社カルパス、日本産I社生サラミおよびイタリア産チンタセネーゼ・サラミーノを使用した。

2. すじ肉の分析

(1) 一般成分分析

水分は水分計(MX-50、(株)エー・アンド・デイ)を用いて測定した。タンパク質、脂質および灰分は、セミマイクロケルダール法、ソックスレー脂質抽出法および直接灰化法に従いそれぞれ測定した。炭水化物は差し引き法により算出した⁴⁾。エネルギーは、タンパク質4.22kcal/g、脂質9.41kcal/gおよび炭水化物4.11kcal/gのAtwater係数⁵⁾を乗じて算出した。

(2) 鉄分測定

均質化した試料5gをろつばに採取し、灰化(550℃、8時間)した。残留物に20%(w/w)塩酸10mLを加え、加熱して凝固させた。10%(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⁶⁾に従い測定した。

(3) ミオグロビンの測定

ミオグロビンの定量は吸光度法⁷⁾により測定した。すなわち、酸性アセトンを用いて肉試料からミオグロビンを抽出し、380nmにおける吸光度を測定した。なお、検量線はウマ心筋由来ミオグロビン(シグマ・アルドリッチ社)の標準液を用いて作成した。

(4) コラーゲンの測定

コラーゲンの定量はヒドロキシプロリン比色法¹⁰⁾により測定した。肉試料を酸加水分解し、遊離したヒドロキシプロリンをOxidant溶液とEhrich's試験溶液で発色させ、560nmによる吸光度を測定した。なお、検量線はヒドロキシプロリン標準液を用いて作成した。

(5) すじ肉の水煮によるゼラチンの抽出と煮こごり化試験

ガラス遠沈管に均質化した試料10gと水25mLを添加して、ブロックヒーターにて80℃で加熱して2時間毎に煮汁を回収して、さらしでろ過後、ろ過した煮汁のタンパク質量をビウレット法で測定すると共に冷却凝固させて、煮こごり化を確認した。

3. コラーゲンの分析

(1) コラーゲンの抽出精製

コラーゲンは、アルカリ/ペプシン/酢酸抽出法⁸⁾に従い抽出精製した。コラーゲンの精製度は、ドデシル硫酸ナトリウム・ポリアクリルアミドゲル電気泳動(SDS-PAGE)⁹⁾により確認した。

(2) コラーゲンの示差走査熱量分析

コラーゲン乾燥物1mgをアルミ製オープンパン(AL70-CAPSULE、セイコーインスツルメンツ(株))に精秤し、純水50 μ Lを入れ、シーラーでクリンプした。また、対照として純水50 μ Lのみで同様に操作した。この2つの試料について示差走査熱量計(DSC6100、セイコーインスツルメンツ(株))を用いて、温度20~120℃、昇温速度1℃/minにおける熱量を測定し、接続ステーション(EXSTAR6000、セイコーインスツルメンツ(株))で解析した。

4. ドライソーセージの製造

エミューすじ肉に対して、食塩2%、ニュー硝素0.5%、ポリゴンM0.5%を添加して、サイレントカッター(OMF-500K、(株)大道産業)でミンチ状にし、カッターキュアリング法にて塩漬した。もも肉の半解凍肉を約5cm角に切断し、食塩2%、ニュー硝素0.5%を添加して、乾塩法にて塩漬した。豚脂は約5cm角に切断し、食塩2%を添加して、乾塩法にて塩漬した。これらを0~3℃で3~4日間塩漬した後、もも肉と豚脂をミートチョッパー(OMC-12、(株)大道産業)で肉挽きした。その後、ミンチ状のすじ肉1100g、もも肉500gと豚脂400gの挽き肉に他の添加物を添加して、サイレントカッターで細切・混和した。添加

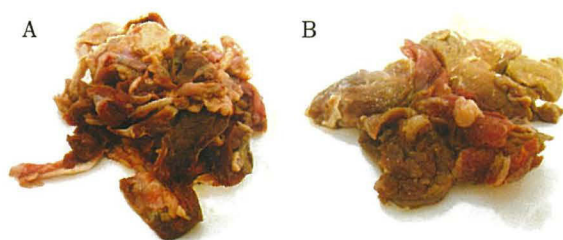


図1 試料のエミューすじ肉(A)と牛すじ肉(B)

物には、発色助剤のアスコルビン酸ナトリウム 0~6g (原料肉類に対して 0~0.3%), グルタミン酸ソーダ 2g (0.1%), ブラックペッパー 8g (0.4%), グラニュー糖 20g (1%), コリアンダーシード 2g (0.1%), セージパウダー 2g (0.1%), メースパウダー 1g (0.05%) を使用した。その練り肉をスタッパー (EB-9, 大道産業) にてファイブラスケーシングへ充填し, 10~20℃の冷風乾燥機 (ミニカン 21, (株)ユニマック) を用いて, 一定期間 (0~5 日間) 乾燥させた。

この製造方法を基本とし, 色調および亜硝酸根残存量を適正化するためにアスコルビン酸ナトリウムの添加量を, 水分, 水分活性および物性を適正化するために乾燥期間を検討した。

5. ドライソーセージの品質評価

(1) 一般成分, 鉄分およびコラーゲンの測定

前述した食肉の分析と同様に試験した。

(2) 水分活性測定

均質化したドライソーセージを専用シャーレに標線まで入れ, 水分活性測定装置 (AW SPRINT TH-500, Novasina 社) で水分活性を測定した。なお, 標準温度は 25℃とし, 温度安定性ファクターは 10 に設定した。

(3) 色調測定

ドライソーセージの切断面の色調は, ビジュアルアナライザー (IRIS VA300, アルファ・モス社) で測定した。切断面の画像をカラーピッカー (キャスマッチ, ベアーメディック社) と共に, 室温, 一定光量 (2000lux 程度) にてデジタル画像を撮影した。デジタル画像を写真編集ソフト Photoshop (CS6, Adobe 社) でカラーピッカーの白色, 灰色および黒色の順にレベル補正をした。レベル補正したデジタル画像を 200pixel×200pixel になるように切り抜いた後, 解析ソフト AlphaSoft for IRIS (アルファ・モス社) でカラースペクトルを解析し, 各色の占有率を取得した。

(4) 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液とした。この試料液 1mL にグリース・ロミイン試薬 (1mM スルファニル酸および 2.5 mM α -ナフチルアミン溶液を含む 15% 酢酸溶液) 0.2mL と水 3.8mL を添加した後, 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¹⁰⁾。なお, 検量線は亜硝酸ナトリウム標準液を用いて作成した。

(5) 物性測定

ドライソーセージを 10mm 厚に切断し, 切断面の中央部分に中空円筒型プランジャー (ϕ 10mm) が当たるように, 畜肉用回転テーブル (180°/sec) にセットし, 物性測定装置 (TENSIPRESSER TTP-50BXII, タケトモ電機) を用

いて, 積算微小変位法 (多重積算バイト法) にて 0.1mm ずつ侵入させながら, 200 回圧縮復帰させることで得られる変形歪み応力曲線と回復応力曲線から「柔らかさ」, 「しなやかさ」, 「噛みごたえ」および「もろさ」を専用ソフトウェアのミートデータ解析により算出した。

(6) 塩分測定

均質化した試料 5g を採取し, 加温 (100℃, 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 50mL に定容したものを試料溶液とした。試料溶液の塩分はデジタル塩分計 (ES-421, アタゴ) を用いて測定した。

(7) 衛生検査

コンパクトドライ (日水製薬(株)) を用いて, 一般生菌, 大腸菌・大腸菌群, 黄色ブドウ球菌およびサルモネラ属菌について, 取扱説明書に従い検査した。

(8) 官能検査

パネリスト 40 人に対して, 製品と市販ドライソーセージ 3 種と比較して, 嗜好型の官能検査を実施した。評価項目は, 色, 匂い, 硬さ, 噛みごたえ, 塩味, 旨味, 風味の 7 項目で, 「好き」の度合いを 1 点から 5 点までの 5 段階で評価し, その理由についても記述させた。

6. 統計解析

対象とするデータに関して, 独立する二群の比較分析には Student の t 検定による有意差検定を, 多群の比較分析には一元配置分散分析または繰り返しのない二元配置分散分析とその後の Tukey-Kramer 法による多群間の有意差検定を, それぞれ統計解析ソフト Statcel4¹¹⁾ にて解析した。統計的有意水準は, 有意確率 (p 値) が 5% 未満の場合とした。

実験結果および考察

1. すじ肉の一般成分組成, エネルギー, 鉄分, ミオグロビン含量およびコラーゲン含量

すじ肉の成分組成を表 1 に示す。エミューすじ肉の水分は 63.5g/100g, タンパク質は 23.5g/100g, 脂質は 5.2g/100g, 灰分は 1.0g/100g および炭水化物は 6.8g/100g であった。一方, 牛すじ肉の水分は, 67.0g/100g, タンパク質は 16.0g/100g, 脂質は 11.4g/100g, 灰分は 0.9g/100g および炭水化物は 4.6g/100g であった。エミューすじ肉のタンパク質は, 牛すじ肉のそれと比較して, 有意に高い含有量であった。一方, エミューすじ肉の脂質は, 牛すじ肉のそれと比較して, 有意に低い含有量であった。エミュー肉は他の食肉と比較して, 高タンパク質で低脂肪であることが既報^{12)~15)} で明らかになっており, すじ肉においても同様な傾向であることが示された。

赤肉の炭水化物は一般的に 1% 未満であることが知られており, 筋肉中に残存しているグリコーゲン等が主体であるとされているが, エミューすじ肉は 6.8g/100g, 牛すじ肉は 4.6g/100g と高かった。これは, すじ肉にプロテオグ

表1 すじ肉の成分組成

	水分 (g/100g)	タンパク質 (g/100g)	脂質 (g/100g)	灰分 (g/100g)	炭水化物 (g/100g)	エネルギー (kcal/100g)	鉄分 (mg/100g)	ミオグロビン (mg/100g)	コラーゲン (g/100g)
エミュー	63.5±0.4 ^a	23.5±1.6 ^a	5.2±0.6 ^a	1.0±0.1 ^a	6.8±1.2 ^a	175.7±1.8 ^a	3.8±0.4 ^a	555.2±61.1 ^a	8.7±1.2 ^a
牛	67.0±0.8 ^b	16.0±0.6 ^b	11.4±1.1 ^b	0.9±0.1 ^a	4.6±1.2 ^a	194.0±8.7 ^a	2.5±0.3 ^b	433.2±57.9 ^a	0.8±0.2 ^b

値は平均値±標準誤差を示す (n=3)

Student の t 検定にて異なるアルファベット間で有意差有り (p<0.05)

リカンが豊富に含まれていることが原因であると推察された。

エミューすじ肉の鉄分は3.8mg/100gであり、牛すじ肉のそれ(2.5mg/100g)よりも有意に高く、1.5倍の鉄を含んでいた。さらに、エミューすじ肉のコラーゲンは8.7g/100gであり、牛すじ肉のそれ(0.8g/100g)よりも有意に高く、10倍多くコラーゲンを含んでいた。

すじ肉は精肉の過程で産生されるが、特定の部位ではなく、不均一な食肉であり、屠体の月齢や性別によっても含有量は変わってくることが予想される。さらに、精肉従事者の熟練度等によって赤肉の混在率が異なってくる。本研究で実験した試料では、ロット間でコラーゲン含量に10倍の差があったが、これは筋(すじ)の含有率や赤肉部分の混在率が大きく影響していることが考えられた。

2. すじ肉の水煮による溶出コラーゲン(ゼラチン)量と煮こごり化

すじ肉を水煮し、その煮汁を経時的に回収して、タンパク質量を測定し、可溶性タンパク質の溶出挙動を確認したところ、水煮4時間で、エミューすじ肉は牛すじ肉よりも有意に多くのタンパク質を溶出し、水煮6時間後、8時間後ではその差は更に大きくなった(図2A)。それら各煮汁を冷却し、凝固するかを確認したところ、エミューすじ肉の水煮2時間の煮汁では未凝固であったが、水煮4時間以降では煮汁は凝固した。一方、牛すじ肉の煮汁は、いずれの水煮時間においても凝固しなかった。これはすじ肉中のコラーゲン量に起因していることが推察された。

3. すじ肉コラーゲンの抽出精製と加熱による変性挙動

すじ肉よりコラーゲンを抽出精製し、得られた精製画分をSDS-PAGEに供したところ、約120kDaの $\alpha 2$ 鎖と約140kDaの $\alpha 1$ 鎖および約200kDaの β 鎖のコラーゲンに特徴的な3本のタンパク質バンドが検出され、コラーゲンが高度に精製されていることが確認された(図3)。精製コラーゲンをDSC分析に供したところ、エミューすじ肉コラーゲンでは50.3℃と63.9℃に、牛すじ肉コラーゲンでは46.2℃と65.3℃にそれぞれ2つの吸熱ピークが検出された(図4)。さらに、牛すじコラーゲンとは異なり、エミューすじ肉コラーゲンは、一次から二次吸熱ピークにかけての熱量の再上昇がほとんど見られず、緩やかに熱変性することが示唆され、この現象がエミューすじ肉のゼラチン溶出を容易にし、保形性に優れたゲル形成に関係してい

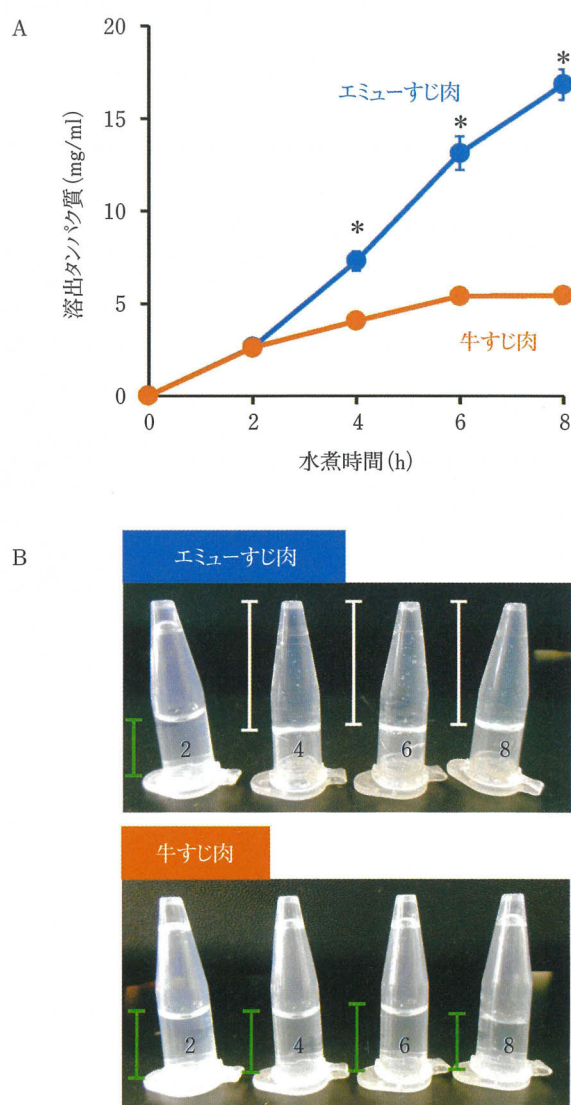


図2 水煮液の溶出タンパク質量 (A) と煮汁の煮こごり化 (B)

(A) *印で有意差あり (p<0.05)

(B) 数字は水煮時間, 白色スケールは凝固, 緑色スケールは未凝固

ると推察された。また、それぞれの吸熱ピークがいずれかのコラーゲンサブユニットタンパク質の変性に伴う熱量変化と関わっていることが示唆されるが、その詳細は今後の研究により明らかにしたい。

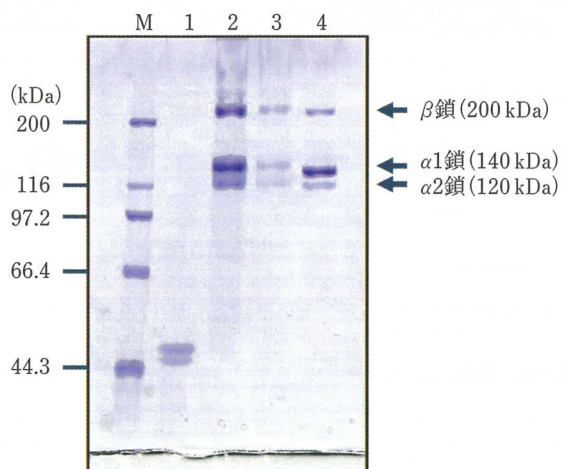


図 3 精製コラーゲンの SDS-PAGE

M: 分子量マーカー, 1: ペプシン, 2: エミューすじ肉,
3: 牛すじ肉, 4: 豚コラーゲン標品

4. エミュードライソーセージの製造

(1) アスコルビン酸ナトリウム添加量の品質に及ぼす影響

発色助剤のアスコルビン酸ナトリウムの添加量を変化させてドライソーセージを製造したところ、アスコルビン酸ナトリウム無添加では、乾燥後の色調が黒色になったが、添加することで、暗赤色に変化した（図 5A）。ビジュアルアナライザーを用いて色調を解析したところ、アスコルビン酸ナトリウムの添加量に伴い、各カラーコードの占有率が変化した。カラーコード No. 256, 512, 768 および 1024 の L^* 値は、それぞれ 0.65, 2.00, 4.46 および 8.26 であり、 a^* 値はそれぞれ 2.19, 8.24, 19.17 および 27.63 である。すなわち、アスコルビン酸ナトリウムの添加量に伴い、明るくなり、赤みが増加することが示された（図 5B）。

アスコルビン酸ナトリウムの添加量に伴い亜硝酸根の残存量が低下する傾向が見られた。いずれの添加区も食品衛生基準の 70 ppm (mg/kg) 以下を満たしていた。一方、アスコルビン酸ナトリウム 0.2% 添加区において、硬さと噛みごたえの物性値が高くなる傾向であった。アスコルビン酸ナトリウムは、食肉に添加すると徐々にイオン化して、遅行的にアスコルビン酸になる酸化防止剤である。遊離のアスコルビン酸から解離した水素イオンによって、筋タンパク質の等電点の pH5 付近となることで、等電点沈殿（不溶化）させ、結着性や保水性を低下させることが考えられる。本研究において、アスコルビン酸ナトリウムを 0.2% 添加したときに、筋タンパク質が等電点となったため、製品の硬さや噛みごたえが高い傾向になることが推測された。ドライソーセージには適度な硬さと噛みごたえが必要となることから、アスコルビン酸ナトリウム添加量を原料肉量に対して 0.2% 添加することとした（表 2）。

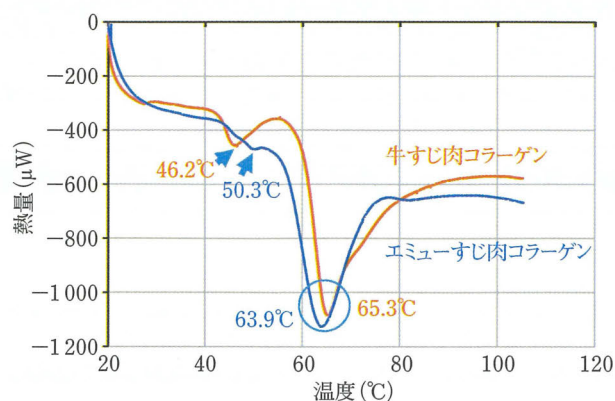


図 4 精製コラーゲンの DSC 分析

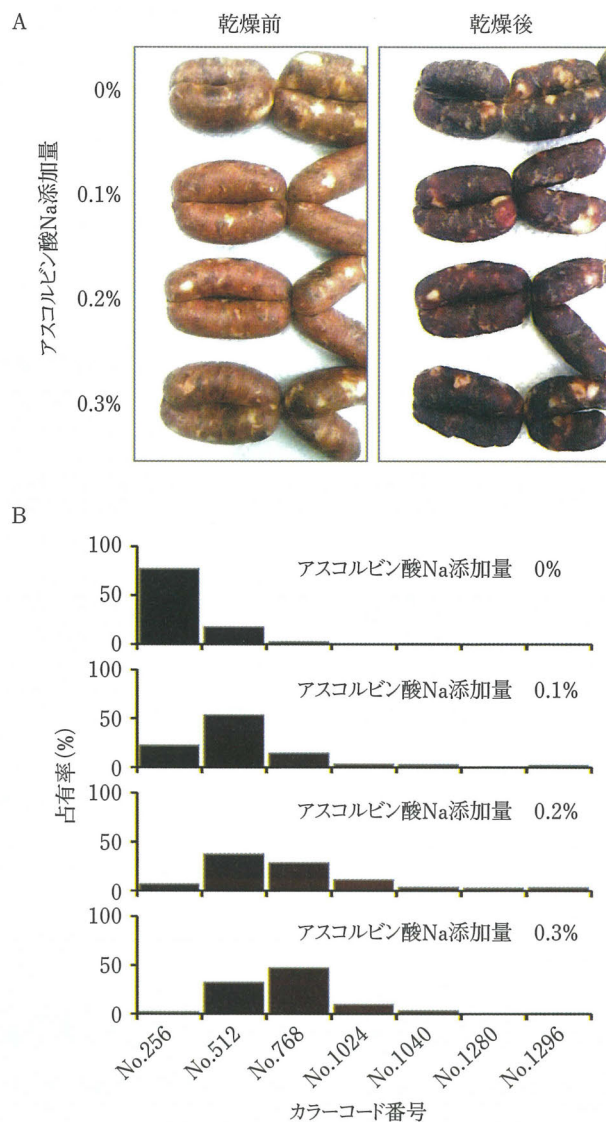


図 5 アスコルビン酸ナトリウム添加が乾燥前後の外観 (A) と乾燥後の色調 (B) に及ぼす影響

表2 アスコルビン酸ナトリウム添加量がドライソーセージの亜硝酸根残存量と物性に及ぼす影響

添加量 (%)	亜硝酸根残存量 (mg/kg)	物性			
		硬さ ($\times 10^5 \text{ N/m}^2$)	しなやかさ	噛みごたえ ($\times 10^4 \text{ J/m}^2$)	もろさ
0	12.71 $\pm$ 1.21 ^a	7.20 $\pm$ 1.14 ^a	1.027 $\pm$ 0.032 ^a	7.42 $\pm$ 1.12 ^a	3.135 $\pm$ 0.333 ^a
0.1	7.47 $\pm$ 0.48 ^b	9.25 $\pm$ 2.52 ^a	1.001 $\pm$ 0.093 ^a	7.86 $\pm$ 3.19 ^a	3.250 $\pm$ 0.625 ^a
0.2	6.47 $\pm$ 0.33 ^b	12.98 $\pm$ 3.17 ^a	0.937 $\pm$ 0.044 ^a	19.72 $\pm$ 6.57 ^a	2.639 $\pm$ 0.524 ^a
0.3	5.06 $\pm$ 0.55 ^b	7.28 $\pm$ 1.15 ^a	0.973 $\pm$ 0.044 ^a	4.85 $\pm$ 1.70 ^a	3.945 $\pm$ 0.187 ^a

物性値 ($n=5$) および亜硝酸根濃度 ($n=3$) は平均値 $\pm$ 標準誤差を示す

Tukey-Kramer の多重比較検定にて異なるアルファベット間では有意差あり ($p<0.05$)

表3 エミューすじ肉ドライソーセージ製品と市販品との成分と物性の比較

	成分					物性			
	タンパク質 (g/100g)	脂質 (g/100g)	塩分 (g/100g)	鉄分 (mg/100g)	コラーゲン (g/100g)	硬さ ($\times 10^5 \text{ N/m}^2$)	しなやかさ	噛みごたえ ($\times 10^4 \text{ J/m}^2$)	もろさ
製品	35.8 $\pm$ 0.7 ^a	34.7 $\pm$ 0.2 ^a	3.4 $\pm$ 0.2 ^a	8.7 $\pm$ 0.2 ^a	6.4 $\pm$ 0.2 ^a	10.48 $\pm$ 2.51 ^a	0.937 $\pm$ 0.044 ^a	13.40 $\pm$ 2.31 ^a	2.639 $\pm$ 0.524 ^a
日本産カルパス	33.7 $\pm$ 0.5 ^{ab}	54.4 $\pm$ 1.1 ^b	2.8 $\pm$ 0.1 ^b	1.9 $\pm$ 0.0 ^b	0.2 $\pm$ 0.1 ^b	10.91 $\pm$ 0.51 ^a	1.118 $\pm$ 0.460 ^a	8.69 $\pm$ 4.35 ^a	6.789 $\pm$ 1.789 ^b
日本産生サラミ	31.3 $\pm$ 0.8 ^{bc}	36.5 $\pm$ 1.2 ^a	3.5 $\pm$ 0.1 ^a	0.8 $\pm$ 0.1 ^c	0.3 $\pm$ 0.0 ^b	16.77 $\pm$ 1.67 ^{ab}	0.831 $\pm$ 0.015 ^a	37.97 $\pm$ 7.74 ^{ab}	2.333 $\pm$ 0.345 ^a
イタリア産 ドライソーセージ	29.0 $\pm$ 1.4 ^c	37.3 $\pm$ 1.0 ^a	4.3 $\pm$ 0.2 ^c	0.3 $\pm$ 0.0 ^d	1.1 $\pm$ 0.2 ^c	24.20 $\pm$ 3.59 ^b	0.881 $\pm$ 0.029 ^a	58.55 $\pm$ 12.51 ^b	2.195 $\pm$ 0.217 ^a

成分値 ($n=3$) および物性値 ($n=5$) は平均値 $\pm$ 標準誤差を示す

Tukey-Kramer の多重比較検定にて異なるアルファベット間では有意差あり ($p<0.05$)

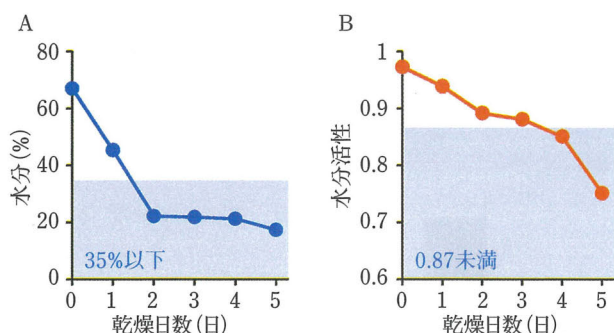


図6 乾燥による水分 (A) と水分活性 (B) の推移
データはアスコルビン酸ナトリウム無添加を示す

(2) 乾燥期間が製品の水分と水分活性に及ぼす影響

ドライソーセージを製造する際の乾燥期間を検討したところ、水分では乾燥2日目まで35%以下となり2日目以降に顕著な変化は見られなかった。一方、水分活性では乾燥4日目まで0.87未満となり、5日目には0.75まで低下した(図6)。ドライソーセージの日本農林規格(JAS)の基準を満たした4日目以降が適正であることから、ドライソーセージを製造する際の乾燥期間を4日間に設定した。

(3) 製品と市販品の成分と物性の比較

エミューすじ肉ドライソーセージ製品と市販品のドライソーセージの成分を比較したところ、エミュー製品はタンパク質含量が高く、脂質含量が低い傾向にあることが示さ

れた。鉄分とコラーゲン含量に至っては、有意に高く、市販品と比較して、鉄分では4~30倍、コラーゲンでは6~30倍も豊富であった(表3)。鉄分が市販品と比較して高かったのは、すじ肉中に混在している赤肉のミオグロビンの含量が、市販品の原料肉よりも高いことが要因と考えられた。

エミューすじ肉ドライソーセージ製品と市販品のドライソーセージの物性を比較したところ、硬さは日本産カルパスと同等であり、しなやかさといずれの市販品とも有意な差がなかった。噛みごたえは日本産カルパスと日本産生サラミの中間的な値であった。一方、もろさは日本産生サラミとイタリア産ドライソーセージと同等であった(表3)。

(4) 製品の衛生評価

一般生菌を検査したところ、6900 cfu/gであった。一方、大腸菌群・大腸菌、黄色ブドウ球菌およびサルモネラ属細菌においては、いずれも陰性であった。

(5) 製品と市販品の官能評価

エミューすじ肉ドライソーセージ製品と市販品のドライソーセージの嗜好型官能評価の結果、エミューすじ肉ドライソーセージ製品の色は日本産サラミと同等の評価であったが、赤味が強かったことから、馴染みがないパネリストの評価は最も低かった。匂いは日本産カルパスと日本産生サラミと同等の評価であったが、イタリア産ドライソーセージは低い評価であった。これは白カビ等で熟成させた

表 4 エミューすじ肉ドライソーセージ製品および市販品の嗜好型官能評価

	色	匂い	硬さ	噛みごたえ	塩味	旨味	風味
製品	2.28±0.13 ^a	3.23±0.17 ^a	3.95±0.16 ^a	3.53±0.19 ^a	3.80±0.13 ^a	3.35±0.15 ^a	2.18±0.12 ^a
日本産カルパス	2.95±0.19 ^b	3.18±0.19 ^a	3.48±0.19 ^a	2.50±0.12 ^b	3.53±0.16 ^a	3.23±0.07 ^a	3.60±0.10 ^b
日本産生サلامي	2.78±0.16 ^{ab}	3.25±0.18 ^a	2.85±0.12 ^b	3.05±0.16 ^{ab}	3.48±0.09 ^a	3.23±0.10 ^a	3.25±0.11 ^{bc}
イタリア産ドライソーセージ	3.05±0.06 ^b	2.20±0.16 ^b	2.60±0.12 ^b	3.20±0.16 ^a	2.15±0.17 ^b	3.88±0.15 ^b	2.98±0.20 ^c

値は平均値±標準誤差を示す (n=40)

Tukey-Kramer の多重比較検定にて異なるアルファベット間では有意差有り (p<0.05)



図 7 開発したエミューすじ肉を使用したドライソーセージ製品

製品に特有な独特の匂いが嗜好性を低下させたことが考えられた。硬さの評価は日本産カルパスと同等の高評価であり、日本人の嗜好性に合致した硬さを示した。噛みごたえにおいては、日本産生サلاميおよびイタリア産ドライソーセージと同等に高評価であった。塩味は日本産カルパスおよび日本産生サلاميと同等の評価であり、適度な塩味が好まれたが、イタリア産ドライソーセージは塩分が高く（表 3）、日本人の嗜好性には合致しないことが考えられた。旨味は日本産カルパスおよび日本産生サلاميと同等の評価であったが、イタリア産ドライソーセージの嗜好性よりも有意に低い評価であった。これは、イタリア産ドライソーセージの白カビによる長期熟成によって旨味が強く現れたためと考えられる。しかし、風味においては市販品と比較して、評価が有意に低かった。これには「血の味がする」や「独特の風味がする」といった意見があり、これらが嗜好性を下げていることが推察された（表 4）。今後は更に風味の嗜好性を向上させることが重要であると考えられた。

以上より、高タンパク質、低脂肪、高鉄分、コラーゲン豊富なエミューすじ肉を活用して、エミュー肉の特徴である赤い肉の色調と栄養性を生かした、風味以外の嗜好性が市販品と遜色ないドライソーセージの開発に成功した（図 7）。

要 約

エミューすじ肉の食品理化学的特徴を明らかにした。エ

ミューすじ肉は、牛すじ肉と比較して、高タンパク、低脂肪、高鉄分であり、コラーゲンを豊富に含んでいた。アスコルビン酸ナトリウムを原料肉類に対して 0.2% 添加すると、ドライソーセージが明るく、赤みの強い色調へと改善し、適度な硬さと噛みごたえのある製品となった。ソーセージの乾燥期間を 4 日間とすることで、日本農林規格（JAS）のドライソーセージの基準を満たす水分 35% 以下、水分活性 0.87 未満の製品となった。開発されたエミュードライソーセージは、市販品と遜色ない栄養性と物性を有し、風味以外の嗜好性が良好な製品であった。

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) 谷原正夫 (2013). 「コラーゲンの製造と応用展開Ⅱ」, シーエムシー出版, 東京, pp.129-142.
- 4) 高野克己, 渡部俊弘編 (2019). 「新食品理化学実験書」, 三共出版, 東京, pp.33-39, 39-43, 46-48, 48-49.
- 5) 科学技術庁資源調査会編 (1980). 「日本食品標準成分表の改訂に関する調査資料—日本人における動物性食品の利用エネルギー測定調査結果—」, 科学技術庁資源調査所資料第 73 号
- 6) 高野克己, 渡部俊弘編 (2019). 「新食品理化学実験書」, 三共出版, 東京, pp.131-134.
- 7) 小島 良, 芦澤賢一, 武内良雄, 篠 照雄 (1989). 各種食品におけるミオグロビンの定量方法の検討 (第 1 報) 食肉及び魚肉について, 農林規格検査所調査研究報告, 13, 38-45.
- 8) 谷原正夫 (2009). 「コラーゲンの製造と応用展開」, シーエムシー出版, 東京, pp.52-56.
- 9) 大山 徹, 渡部俊弘編 (2002). 「初歩からのバイオ実験—ゲノムからプロテオームへ」, 三共出版, 東京, pp.161-167.
- 10) 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.
- 11) 柳井久江 (2015). 「4Steps エクセル統計 (第 4 版)」, オーエムエス出版, 埼玉, pp.86-89, 140-148, 168-177.
- 12) 中澤洋三, 坂 尚憲, 山崎雅夫, 佐藤広顕 (2017). 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, 日本食品科学工学会誌, 64, 476-482.
- 13) 中澤洋三, 丹 大輔, 山崎雅夫, 佐藤広顕 (2018). エミューくび肉を活用したソフトジャーキーの開発, 日本食品保蔵科学会誌, 44, 23-31.

- 14) 中澤洋三, 伊藤正智, 山崎雅夫, 佐藤広顕 (2019). エミューおよびエゾシカ塩漬肉の発色に関わるミオグロビンの特性, 日本食品保蔵科学会誌, **45**, 19-23.
- 15) 中澤洋三, 相馬幸作 (2019). エミューの飼養とエミュー肉を利用した肉製品の製造, 食肉の科学, **60**, 87-92.

引用 URL

- i) <http://www.netlaputa.ne.jp/~taisyou/emu/shoshin/emyu.html> (2021. 3. 31)
- ii) 家畜改良センター編「I. 理化学実験」<http://www.nlbc.go.jp/pdf/tyousa/shokuniku-manual-1.pdf> (2021. 3. 31)

(令和3年4月6日受付, 令和3年8月6日受理)
