

Cells Alive Systemを用いた磁場での冷凍が ブロイラーおよび地鶏の筋肉の理化学特性に及ぼす影響

村元隆行^{1,*}・佐々木貴広¹・柴 伸弥²

¹ 岩手大学農学部, 盛岡市 020-8550

² 農研機構東北農業研究センター畜産飼料作研究領域, 盛岡市 020-0198

2020 年 5 月 14 日受付, 2020 年 12 月 28 日受理

要 約

Cells Alive System (CAS) を用いた磁場での冷凍がブロイラーおよび地鶏である南部かしわの浅胸筋の理化学特性に及ぼす影響について検討を行った。冷凍区 (n = 5) の筋肉は標準的な冷凍庫を用いて -20℃ で冷凍し, また CAS 区 (n = 5) の筋肉は CAS を用いて冷凍し, それぞれ -20℃ で 7 日間の貯蔵を行い, 4℃ で 24 時間の解凍を行った。対照区 (n = 5) の筋肉は冷凍を行わず 4℃ で 24 時間の貯蔵を行った。貯蔵後のすべての筋肉について, ドリップロス, ドリップのグルタミン酸濃度, クッキングロス, および剪断力価を測定した。ブロイラーのドリップロスおよびクッキングロスは冷凍区が他区に比較して有意に高かった。南部かしわのドリップロスは冷凍区が他区に比較して, また CAS 区が対照区に比較して, それぞれ有意に高かった。南部かしわのクッキングロスは CAS 区が他区に比較して有意に高かった。グルタミン酸濃度および剪断力価には試験区間での有意な差はみられなかった。本研究の結果から, CAS 冷凍は通常の冷凍に比較して, ブロイラーおよび南部かしわの筋肉から解凍時に漏出するドリップを少なくし, 旨味成分の漏出を抑制すること, また加熱時に漏出するドリップをブロイラーの筋肉では少なくするものの, 南部かしわの筋肉では多くしてしまうことが示された。

キーワード: Cells Alive System, 冷凍, グルタミン酸濃度, 地鶏, 理化学特性

東北畜産学会報 70 (2): 43 ~ 48 2021

緒 言

冷凍は食肉の品質の低下を抑制するための処理であるが, 冷凍を行うと筋線維間に大型の氷結晶が形成されるため, 筋線維が損傷し, 牛肉では解凍時のドリップロスが多くなってしまうこと (Añón と Cavelo 1980) および剪断力価が低下すること (Logerstedt ら 2008) が報告されている。また, 冷凍した牛肉 (Vieira ら 2009) お

よび鶏肉 (Zhang ら 2019) のクッキングロスは, 冷凍していないものに比較して多くなることが報告されている。さらに, 食肉のドリップ中には栄養成分だけではなく旨味成分であるグルタミン酸 (Young と Ajami 2000; Lawrie と Ledward 2006) も含まれているため, 冷凍による保水性の低下は食肉の旨味性も低下させてしまう可能性があると考えられる。

軟らかい食感が高く評価されるウシの筋肉とは異なり, 地鶏の筋肉では硬い食感が地鶏特有の「歯ごたえ」として高く評価される傾向にある (松石 ら 2005)。したがって, 旨味成分の含量が高く, また硬い食感が好まれる地鶏の筋肉では, 冷凍による保水性および剪断力価の低下は好ましくないと考えられる。

* 連絡者: 村元隆行 (むらもと たかゆき)
(岩手大学農学部)
〒020-8550 岩手県盛岡市上田 3-18-8
Fax : 019-621-6287
E-mail: muramoto@iwate-u.ac.jp

Cells Alive System (CAS) を用いた冷凍は、交流磁場の環境下で行う冷凍技術である。CAS冷凍では、凝固点を下回っても水分子を振動させることにより、過冷却の状態を維持させ、その後十分冷却された物質を磁場から解放すると、氷特有の立体網目構造を形成させることなく凝固が完了する。これにより、すべての氷結晶が小型化され、筋線維の損傷を抑制することが可能になる。Yamamotoら (2005) は、CAS冷凍されたブロイラーの胸肉の解凍時のドリップロスおよびクッキングロスは緩慢冷凍されたものに比較して少なく、またCAS冷凍されたブロイラーの胸肉の筋線維は冷凍の6ヵ月後も冷凍前の状態を保持していたことを報告している。したがって、CAS冷凍は、地鶏の筋肉においても保水性および剪断力価の低下を抑制した貯蔵を可能にすると考えられる。しかし、CAS冷凍がブロイラーおよび地鶏の筋肉の保水性、硬さ、およびドリップロスによるグルタミン酸の損失に及ぼす影響については明らかにされていない。

そこで本研究では、CAS冷凍がブロイラーおよび地鶏の筋肉の理化学特性に及ぼす影響を明らかにするため、ドリップロス、クッキングロス、剪断力価、およびドリップのグルタミン酸濃度について検討を行った。

材料および方法

1. 供試筋肉

供試筋肉はブロイラー 15羽 (7週齢) および在来種の岩手地鶏から作出された地鶏である南部かしわ15羽 (15週齢) の浅胸筋 (*M. pectoralis superficialis*) とし、各15サンプルを5つずつ3つの試験区 (対照区、冷凍区、およびCAS区) に分け、貯蔵前重量を測定した後に真空包装を行った。なお、ブロイラーの浅胸筋は盛岡市内の小売店から購入し、南部かしわの浅胸筋は南部かしわ加工センター (西和賀町) から提供されたものであり、何れも当日に食鳥処理されたものであった。

2. ドリップロスおよびクッキングロスの測定

対照区の筋肉は4℃で24時間の貯蔵を行った。貯蔵中に真空包装の中に漏出したドリップをマイクロチューブ (ナチュラル1.5ml; アズワン株式会社, 大阪) に1ml採取し、グルタミン酸濃度を測定するまで-20℃で貯蔵した。次に、表面のドリップをペーパータオルで除去し、貯蔵後重量を測定し、貯蔵前重量との差から4℃貯蔵中のドリップロス (%) を求めた。冷凍区の筋肉は-20℃で冷凍を行った後、またCAS区の筋肉はラック式フリーザー (ハイスーパーショックフリーザー; 株式会社

アビー, 千葉) でCAS冷凍を行った後、それぞれ-20℃で7日間の貯蔵を行った。これらの筋肉は4℃で24時間かけて解凍し、対照区と同様の方法で真空包装の中に漏出したドリップの採取および貯蔵を行い、また解凍によるドリップロス (%) を求めた。

各ドリップロスの測定後、各筋肉から表皮および脂肪組織を取り除き、湯浴前重量を測定した。各筋肉をポリエチレン袋 (ハイポリNo.12; サーマ株式会社, 東京) に入れ、80℃に設定したウォーターバスに浸漬し、中心温度が75℃になるまで湯浴を行った。その後、クラッシュアイス中で30分間の冷却を行い、以降の加熱を停止させた。冷却後の各筋肉の表面のドリップをペーパータオルで除去した後、湯浴後重量を測定し、湯浴前重量と湯浴後重量の差からクッキングロス (%) を求めた。また、ドリップロスとクッキングロスとの和をトータルロスとした。

3. 剪断力価の測定

クッキングロスの測定後、各筋肉から10×10mmの面に筋線維断面が表れる筋線維と平行な直方体の筋肉サンプルを3個ずつ作成し、Warner-Bratzler剪断力価計 (G-R MANUFACTURING Co., Manhattan, Kansas, USA) を用いて筋線維を断つ方向の剪断力価を測定した。

4. グルタミン酸濃度の測定

-20℃で貯蔵されたドリップを解凍し、1 mlを15ml容のプラスチック遠沈管 (IWAKI SCIENCE PRODUCTS Dept., 静岡) に採取した後、9mlの5%過塩素酸を加えてホモゲナイズし、遠心分離機 (SRX-201; トミー精工, 東京) を用いて5℃で3000rpmおよび20分間の遠心分離を行った。その後、上澄み4mlを15ml容のプラスチック遠沈管 (IWAKI 2325-015; AGC テクノガラス, 静岡) に分注し、1mlのKOH (2 mol/L) を加えてボルテックスし、この溶液を中和した。5℃で20分間静置させた後、5℃で3000rpmおよび10分間の遠心分離を行った。その後0.45 μ mのメンブレンフィルター (13HP045AN; アドバンテック東洋, 東京) で濾過し、サンプルチューブ (II A; 信和化工, 京都) に濾液を1ml分注し、測定に用いた。グルタミン酸濃度の測定にはリチウム系イオン交換カラムが装着された全自動アミノ酸分析機 (JLC-500V2; JEOL, 東京) を用い、ニンヒドリンを用いて得られたアミノ酸生成物を吸光度570nmおよび440nmで測定した。外部標準としてアミノ酸標準との混合溶液 (富士フィルム和光純薬工業, 大阪) を使用した。

5. 統計解析

すべての測定項目において、試験区間における差の検定を Turkey-Kramer の多重比較検定により行った。なお、危険水準は5%に統一した。

結果および考察

CAS 冷凍がブロイラーおよび南部かしわの浅胸筋のドリップロスに及ぼす影響を表1に示す。ブロイラーのドリップロスは、冷凍区が対照区およびCAS区に比較して有意に高かったが、CAS区と対照区との間に有意な差はみられなかった。一方、南部かしわのドリップロスは、冷凍区が対照区およびCAS区に比較して有意に高く、またCAS区が対照区に比較して有意に高かった。これらの結果から、解凍時に漏出するドリップは、ブロイラーの筋肉では通常の冷凍を行ったものが4℃貯蔵したものより多くなるが、CAS冷凍を行ったものは4℃貯蔵したものと同程度となること、また南部かしわの筋肉では解凍時に漏出するドリップは、CAS冷凍を行ったものが通常の冷凍を行ったものより少なくなるが、4℃貯蔵したものよりも多くなることが示された。

嶋澤ら (1997) は、つしま地鶏肉用交雑鶏の筋線維直径はブロイラーのものに比較して小さいことを報告している。つしま地鶏肉用交雑鶏は南部かしわと共通の鶏種から作出されていることから (山館ら 1986)、南部かしわの筋線維直径もブロイラーのものに比較して小さい可能性が考えられる。したがって、南部かしわがブロイラーとは異なり、CAS冷凍してから解凍した際に筋肉から漏出するドリップが4℃貯蔵した筋肉から冷凍中に漏出したドリップよりも多くなったのは、CAS冷凍により筋線維中の氷結晶が小型化されたものの、筋線維直径が小さいために氷結晶が線維内に収まらず、細胞膜を損傷したためではないかと考えられる。しかし、本研究では筋線維直径とドリップの漏出量との関係については明らかにすることができなかったため、今後の詳細な検討が必要であると考えられる。

CAS 冷凍がブロイラーおよび南部かしわのドリップのグルタミン酸濃度に及ぼす影響を表2に示す。ブロイラーおよび南部かしわのドリップのグルタミン酸濃度には試験区間での有意な差がみられなかった。これらの結果から、冷凍および冷凍方法は両鶏種の筋肉から解凍により漏出したドリップのグルタミン酸濃度には影響を及

Table 1. Effect of freezing in a magnetic field using the "Cells Alive System" on drip loss, cooking loss, total loss, and shear force of *M. pectoralis superficialis* from broiler and Nanbu Kashiwa (n = 5)¹

		Control ²	Frozen ³	CAS ⁴
Broiler	Drip loss (%)	2.3 ± 0.1 ^b	5.6 ± 1.3 ^a	2.4 ± 0.3 ^b
	Cooking loss (%)	13.1 ± 0.9 ^b	17.9 ± 1.2 ^a	13.3 ± 0.6 ^b
	Total loss (%) ⁵	15.5 ± 0.9 ^b	23.4 ± 2.4 ^a	15.6 ± 0.9 ^b
	Shear force (kg/cm ²)	2.1 ± 0.1	2.1 ± 0.1	1.8 ± 0.1
Nanbu Kashiwa	Drip loss (%)	1.2 ± 0.3 ^c	6.2 ± 0.6 ^a	4.3 ± 0.2 ^b
	Cooking loss (%)	8.2 ± 0.5 ^b	7.2 ± 0.2 ^b	10.6 ± 0.5 ^a
	Total loss (%) ⁵	9.4 ± 0.6 ^b	12.8 ± 0.3 ^a	14.7 ± 0.6 ^a
	Shear force (kg/cm ²)	2.3 ± 0.0	2.3 ± 0.0	2.3 ± 0.0

¹Mean ± SE.

²Not frozen.

³Frozen at -20℃ in a standard freezer.

⁴Frozen in a magnetic field using the "Cells Alive System".

⁵Drip loss + cooking loss.

^{a-c}Means within a row with a different superscript letter differ significantly (P < 0.05).

Table 2. Effect of freezing in a magnetic field using the "Cells Alive System" on glutamic acid concentration in the drip during storage of *M. pectoralis superficialis* from broiler and Nanbu Kashiwa (n = 5)¹

	Glu (mg/100ml)		
	Control ²	Frozen ³	CAS ⁴
Broiler	0.73 ± 0.06	0.68 ± 0.03	0.58 ± 0.03
Nanbu Kashiwa	0.17 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.15 ± 0.01

¹⁻⁴See footnotes in Table 1.

ばさないことが示された。したがって、CAS冷凍を行うと、通常の冷凍を行った場合よりも両鶏種の筋肉の解凍によるドリップが少なくなるだけではなく、旨味成分の損失量も少なくできる可能性が示された。

CAS冷凍がブロイラーおよび南部かしわのクッキングロスに及ぼす影響を表1に示す。ブロイラーのクッキングロスは、冷凍区が他区に比較して有意に高かったが、CAS区と対照区との間に有意な差はみられなかった。一方、南部かしわのクッキングロスは、CAS区のクッキングロスが他区のものに比較して有意に高かったが、冷凍区と対照区との間に有意な差はみられなかった。したがって、加熱時に漏出するドリップは、ブロイラーの筋肉では通常の冷凍を行ってから解凍したものが4℃貯蔵したものよりも多くなるが、CAS冷凍を行ってから解凍したものは4℃貯蔵したものと同程度となること、また南部かしわの筋肉では通常の冷凍を行ってから解凍したものと4℃貯蔵したものとは同程度となるが、CAS冷凍を行ってから解凍したものは4℃貯蔵したものおよび通常の冷凍を行ってから解凍したものよりも多くなることが示された。

CAS冷凍がブロイラーおよび南部かしわのトータルロスに及ぼす影響を表1に示す。ブロイラーのトータルロスは、冷凍区が他区に比較して有意に高かったが、CAS区と対照区との間に有意な差はみられなかった。一方、南部かしわのトータルロスは、対照区が他区に比較して有意に低かったが、冷凍区とCAS区との間に有意な差はみられなかった。これらの結果から、解凍から加熱に至るまでに漏出するすべてのドリップは、ブロイラーの筋肉では通常の冷凍を行ったものが4℃貯蔵したものよりも多くなるが、CAS冷凍を行ったものは4℃貯蔵したものと同程度となること、また南部かしわの筋肉では冷凍の種類に関係なく4℃貯蔵したものよりも多くなることが示された。

Palka と Daun (1999) は、加熱によってサルコメア長が短縮すると、クッキングロスが増加することを報告している。したがって、CAS冷凍を行った南部かしわの加熱時のドリップが4℃貯蔵したものおよび通常の冷凍を行ったものよりも多くなり、結果的に解凍から加熱に至るまでに漏出するすべてのドリップが通常の冷凍を行ったものと同程度になったのは、氷結晶により損傷しやすくなっていた筋線維が加熱により損傷して短縮し、筋線維内に残っていた多量のドリップが漏出したためではないかと考えられる。

CAS冷凍がブロイラーおよび南部かしわの浅胸筋の剪断力価に及ぼす影響を表1に示す。ブロイラーおよび南部かしわの剪断力価には試験区間での有意な差がみら

れなかった。したがって、両鶏種の剪断力価は冷凍の有無および種類による影響を受けないことが示された。

Silva ら (1999) は、牛肉の剪断力価は保水性の低下に伴って高くなることを報告している。また、村元ら (2015) は、冷凍および冷凍期間は野生エゾシカ肉の剪断力価に影響を及ぼさないことを報告している。彼らはその理由について、冷凍による筋線維の強度の低下で生じた軟化が、ドリップの漏出による硬化により相殺されたためであるとしている。したがって、本研究において冷凍が剪断力価に影響を及ぼさなかったのは、通常の冷凍を行った両鶏種およびCAS冷凍を行った南部かしわの筋肉において、筋線維の損傷による筋肉の軟化およびドリップの漏出による筋肉の硬化によるためではないかと考えられる。

本研究の結果から、CAS冷凍は通常の冷凍よりも、解凍時にブロイラーおよび南部かしわの筋肉から漏出するドリップを少なくできることから、旨味成分の漏出を抑制できることが示された。一方、CAS冷凍は通常の冷凍よりも、加熱時にブロイラーの筋肉から漏出するドリップは少なくできるものの、南部かしわのものは多くしてしまうことが示された。したがって、CAS冷凍された南部かしわの筋肉は加熱時に漏出するドリップも活用することが可能な調理や加工を行う必要があると考えられる。

謝 辞

南部かしわの浅胸筋の御提供およびCAS冷凍のためラック式フリーザーを使用させて頂きました。いわてにしわが南部かしわプロジェクト株式会社様に心より御礼申し上げます。

文 献

- Añón MC, Cavelo A. 1980. Freezing rate effects on the drip loss of frozen beef. *Meat Science* **4**, 1-14.
- Lawrie RA, Ledward DH. 2006. Lawrie's Meat Science, 7th edn. Woodhead, Cambridge.
- Lagerstedt A, Enfält L, Johansson L, Lundström K. 2008. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef *M. longissimus dorsi*. *Meat Science* **80**, 457-461.
- 松石昌典, 加藤綾子, 石毛教子, 堀 剛久, 石田雄祐, 金子紗千, 竹之中優典, 宮村陽子, 岩田琢磨, 沖谷明紘. 2005. 名古屋コーチン, ブロイラーおよび合鴨肉の食味特性の比較. 日本畜産学会報 **76**, 423-430.

- 村元隆行, 鈴木悠希, 永島樹里, 岡田祐季. 2015. 冷凍貯蔵期間の違いがエゾシカ肉の理化学特性およびテクスチャー特性に及ぼす影響. 日本畜産学会報 **86**, 179-182.
- Palka K, Daun H. 1999. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating. *Meat Science* **51**, 237-243.
- 嶋澤光一, 真鳥 清, 荒木 勉. 1997. つしま地鶏肉用交雑鶏とブロイラーの外側腸脛骨筋における筋線維特性. 日本家禽学会誌 **34**, 137-144.
- Silva JA, Patarata L, Martins C. 1999. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science* **52**, 453-459.
- Vieira C, Diaz MT, Martínez B, García-Cachán MD. 2009. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. *Meat Science* **83**, 398-404.
- 山館忠徳, 青木章夫, 松田亀松. 1986. 高品質特殊鶏肉“南部かしわ”の作出. 東北農業研究 **39**, 191-192.
- Yamamoto N, Tamura S, Matsushita J, Ishimura K. 2005. Fracture properties and microstructure of chicken breasts frozen by electromagnetic freezing. *Journal of Home Economics of Japan* **56**, 141-151.
- Young VR, Ajami AM. 2000. Glutamate: an amino acid of particular distinction. *The Journal of Nutrition* **130**, 892S-900S.
- Zhang M, Xia X, Lin Q, Chen Q, Kong B. 2019. Changes in microstructure quality and water distribution of porcine longissimus muscles subjected to ultrasound-assisted immersion freezing during frozen storage. *Meat Science* **151**, 24-32.

Effect of freezing in a magnetic field using the “Cells Alive System” on the physical and chemical properties of muscle from broiler and Japanese native chickens

Takayuki MURAMOTO¹, Takahiro SASAKI¹ and Nobuya SHIBA²

¹ Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka 020-8550, Japan

² Tohoku Agricultural Research Center, NARO, Morioka 020-0198, Japan

Corresponding: Takayuki MURAMOTO

(fax: +81 (0) 19-621-6287, e-mail: muramoto@iwate-u.ac.jp)

The effect of freezing in a magnetic field using the “Cells Alive System” (CAS) on the physical and chemical properties of muscle (*M. pectoralis superficialis*) from broiler chickens and from the native Japanese breed Nanbu Kashiwa was investigated. Muscle samples were frozen at -20°C in a standard freezer (frozen group, n = 5) or using CAS (CAS group, n = 5) and were stored at -20°C for 7 days; they were then thawed at 4°C for 24 hours for the analyses. As a control, muscle samples were stored at 4°C for 24 hours (control group, n = 5). After thawing of the frozen samples, drip loss, glutamic acid concentration in the drip, cooking loss, and shear force of all the groups were measured. Drip loss and cooking loss of broiler tissues from the frozen group were significantly higher than those of the other groups. In meat from Nanbu Kashiwa chickens, drip loss of the frozen group was significantly higher than that of the other groups, and that of the CAS group was significantly higher than that of the control group. Cooking loss of Nanbu Kashiwa meat in the CAS group was significantly higher than that of the other groups. There were no significant differences in glutamic acid concentration and shear force between the groups. These results suggested that compared to general freezing CAS freezing reduces drip during thawing of broiler and Nanbu Kashiwa muscles, suppresses leakage of umami component, and reduces drip during heating of broiler muscle but does not reduce that of Nanbu Kashiwa muscle.

Key words: Cells Alive System, freezing, glutamic acid concentration, Japanese native chicken, physical and chemical properties.