

## 塩漬剤としての $MgCl_2$ , $MgSO_4$ , または $CaSO_4$ の添加が牛肉の理化学特性, ミネラル含量, およびドリップのグルタミン酸濃度に及ぼす影響

金谷圭太<sup>1</sup>・横田朋佳<sup>1</sup>・柴 伸弥<sup>2</sup>・村元隆行<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 岩手大学大学院総合科学研究科, 盛岡市 020-8550

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> 岩手大学農学部, 盛岡市 020-8500

(2021. 2. 9 受付, 2021. 5. 6 受理)

**要 約** 牛肉の塩漬には一般的に NaCl が用いられる。ここで、塩漬剤としての NaCl への  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ , または  $CaSO_4$  の添加が牛肉の理化学特性, ミネラル含量, およびドリップのグルタミン酸濃度に及ぼす影響について検討を行った。筋肉サンプル (100g) に添加量の異なる  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ , または  $CaSO_4$  (筋肉重量あたり 2%, 4%, または 6%) を添加した NaCl (筋肉重量あたり 6%) を添加して 24 時間の塩漬を行った。塩漬後, ドリップロス, 最大荷重, 凝集性, 付着性, ガム性荷重, Na 含量, Mg 含量, およびドリップのグルタミン酸濃度を測定した。NaCl に  $MgSO_4$  を添加した塩漬で最もドリップロスが高かった。しかし, 塩漬剤としての NaCl への  $MgSO_4$  の添加はテクスチャー特性およびドリップのグルタミン酸濃度に影響を及ぼさなかった。塩漬剤としての NaCl への  $MgSO_4$  の添加は塩漬後の牛肉の Na 含量を低下させ, Mg 含量を増加させた。したがって, 塩漬剤としての NaCl への  $MgSO_4$  の添加は牛肉の水分活性を低下させ, 保存性を高めることが示された。

日本畜産学会報 92 (3), 319-325, 2021

**キーワード** : 塩漬, グルタミン酸, 日本短角種牛肉, ミネラル, 理化学特性

スペイン北西部のレオン地区では、牛肉を原料としたセシーナという非加熱ハムが製造されている。セシーナの特徴の一つは塩漬が海塩のみで行われることである。したがって、海塩を用いて塩漬を行った非加熱ハムの品質には海塩中に含まれる成分が影響することが考えられる。

海塩には、NaCl の他に  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ , および  $CaSO_4$  などのミネラルが含まれている (杉田 2006)。そこで金谷ら (2019) が、塩漬剤として NaCl,  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ , または  $CaSO_4$  を、それぞれ単独で牛肉に添加した結果、牛肉のテクスチャー特性にはミネラルの違いによる影響はみられなかったが、ドリップロスには影響がみられたことを報告している。また、ミネラルの組み合わせについて Aliño ら (2009) は、塩漬剤中の  $Mg^{2+}$  および  $Ca^{2+}$  は  $Na^+$  の筋肉内への浸透を阻害することを報告している。したがって、海塩中に含まれる各ミネラルを組み合わせで行う塩漬は、各ミネラル単独で行う塩漬とは異なる影響を牛肉に及ぼすことが考えられる。ここで、国内において亜硝酸ナトリウムなどの発色剤を使用しない非加熱食肉製品を製造する場合、筋肉重量あたり 6% 以上の NaCl, KCl, またはそれらを組み合わせたものを用いる必要がある (厚生労働省 2021)。したがって、国内において発色剤を使用しな

い牛肉非加熱ハムの製造を目的に、海塩中のミネラルを組み合わせた塩漬方法を明らかにするためには、筋肉重量の 6% の NaCl を添加した上で他のミネラルの添加量を検討する必要があると考えられる。

貯蔵や加熱により筋肉から排出されるドリップにはタンパク質、ペプチド、アミノ酸、乳酸、およびビタミン B 複合体などが含まれている (平野 1992)。非加熱ハムの製造における塩漬でもドリップが排出されるが、これにより筋肉の水分活性が低下するため保存性が高まる (田島 2003)。塩漬により排出されるドリップにも栄養成分であるタンパク質が含まれていることが報告されているが (Paredi ら 2017; Zhou ら 2019)、塩漬中に筋肉から漏出するドリップに呈味成分がどの程度含まれているかについては明らかにされていない。

そこで本研究では、試験 1 として、NaCl と  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ , または  $CaSO_4$  とを組み合わせで行う塩漬が牛肉の理化学特性に及ぼす影響について明らかにするため、筋肉重量あたり 6% の NaCl と筋肉重量あたりの添加量が異なる  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ , または  $CaSO_4$  とを組み合わせた塩漬を行い、保水性およびテクスチャー特性について検討を行った。また試験 2 として、NaCl と他のミネラルとを組

連絡者 : 村元隆行 (fax : 019-621-6287, e-mail : muramoto@iwate-u.ac.jp)

み合わせた塩漬が牛肉から漏出するドリップの呈味成分の濃度、および NaCl の筋肉内への浸透度に及ぼす影響について明らかにするため、筋肉重量あたり 6% の NaCl に筋肉重量あたりの添加量が異なる MgSO<sub>4</sub> を添加した塩漬を行い、塩漬中に漏出したドリップに含まれる旨味成分であるグルタミン酸 (Young と Ajami 2000; 藤村ら 1996) の濃度および塩漬後の牛肉の Na および Mg の含量について検討を行った。

## 材料および方法

### 試験 1

#### 1. 供試筋肉

日本短角種去勢牛 6 頭 (26.0 ± 0.6 ヶ月齢) の大腿二頭筋 (*M. biceps femoris*) を供試した。すべての筋肉は屠畜の 2 日後に枝肉から採取され、真空包装されたものであった。これらの筋肉を 4℃ で屠畜後 12 日目まで貯蔵した後、-20℃ で貯蔵した。なお、分析を行う際は 4℃ で 48 時間かけて解凍を行った。

#### 2. 理化学分析

各筋肉から、筋線維断面の現れる面が 40×40 mm で厚さ 50 mm かつ 100 g の筋肉サンプルを 10 個切り出し、重量を測定した。切り出したサンプルのうち 1 個については重量あたり 6% の NaCl (0% 区) を、残りの 9 個については、6% の NaCl に 2% (MC 2% 区), 4% (MC 4% 区), または 6% (MC 6% 区) の MgCl<sub>2</sub> を添加し、同様に 2% (MS 2% 区), 4% (MS 4% 区), または 6% (MS 6% 区) の MgSO<sub>4</sub> を添加し、同様に 2% (CS 2% 区), 4% (CS 4% 区), または 6% (CS 6% 区) の CaSO<sub>4</sub> を添加し、それぞれ筋肉サンプルの表面に擦込んだ。その後、重量 (塩漬前重量) を測定し、真空包装して 4℃ で 24 時間の塩漬を行った。塩漬後、筋肉サンプルの表面に付着しているドリップをペーパータオルで除去し、重量 (塩漬後重量) を測定した。次に、筋肉サンプルの表面に付着しているミネラルを除去するため流水に 30 秒間当て、水滴をペーパータオルで除去した後、塩漬前重量と塩漬後重量との差を塩漬前重量で除した値からドリップロス (%) を求めた。

#### 3. テクスチャープロファイル分析

ドリップロスを求めた後、各筋肉サンプルのすべての面の表面から 5 mm を除去し、筋線維断面の現れる面が 10×10 mm となる直方体サンプルを作成した。各直方体サンプルについて、卓上型物性測定器 (TPU-2C; 山電, 東京) を用い、岡田と村元 (2013) の方法によりテクスチャープロファイル分析を行った。なお、プランジャーによる加圧の方向は、筋線維に対して垂直になるようにした。分析により得られた波形から最大荷重、凝集性、付着性、およびガム性荷重を求めた。

#### 4. 統計解析

添加した各ミネラルについて、試験区間における各測定項目の平均値の差の検定を Tukey-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。

### 試験 2

#### 1. 供試筋肉

日本短角種去勢牛 6 頭 (27.8 ± 0.5 ヶ月齢) の大腿二頭筋を供試した。すべての筋肉は屠畜の 2 日後に枝肉から採取され、真空包装されたものであった。これらの筋肉を 4℃ で屠畜後 12 日目まで貯蔵した後、試験 1 と同様の処理を行った。

#### 2. 理化学分析

試験 1 と同様に筋肉サンプルを 4 個切り出し、重量を測定した。切り出したサンプルのうち 1 個については重量あたり 6% の NaCl (0% 区) を、残りの 3 個については 6% の NaCl に 2% (MS 2% 区), 4% (MS 4% 区), または 6% (MS 6% 区) の MgSO<sub>4</sub> を添加し、それぞれ筋肉サンプルの表面に擦込み、試験 1 と同様に塩漬を行った。塩漬後、真空包装の袋の中に漏出したドリップを 1.5 mL 容のマイクロチューブ (1-7521-01; アズワン, 大阪) に 1 mL 採取し、グルタミン酸濃度の測定を行うまで -20℃ で貯蔵した。その後、試験 1 と同様に筋肉サンプルの表面の処理を行った。

#### 3. Na 含量および Mg 含量の測定

筋肉サンプルの表面の処理を行った後、各筋肉サンプルのすべての面の表面から 5 mm を除去してから細切した。細切した各サンプルについて、Na 含量 (原子吸光度法) および Mg 含量 (ICP 発光分析法) の分析を日本食品分析センター (東京) に委託して行った。

#### 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 15 mL 容のプラスチック遠沈管 (IWAKI 2325-015; AGC テクノグラス, 静岡) に採取した後、9 mL 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 3000 rpm および 20 分間の遠心分離を行った。その後、上澄み 4 mL を 15 mL 容のプラスチック遠沈管 (IWAKI 2325-015; AGC テクノグラス, 静岡) に分注し、1 mL 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 3000 rpm および 10 分間の遠心分離を行った。その後 0.45 μm 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 1 mL 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 570 nm および 440 nm で測定した。また、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

試験区間における各測定項目の平均値の差の検定を

Tukey-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

1. 試験 1

塩漬剤としての NaCl への MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, または CaSO<sub>4</sub> の添加が日本短角種去勢牛の大腿二頭筋のドリップロスに及ぼす影響を表 1 に示す。MgCl<sub>2</sub> の添加については、MC 6% 区が 0% 区および MC 2% 区に比較して、また MC 4% 区および MC 2% 区が 0% 区に比較して、それぞれドリップロスが有意に高かった。また MgSO<sub>4</sub> の添加については、MS 6% 区が他の区に比較して、MS 4% 区が 0% 区および MS 2% 区に比較して、また MS 2% 区が 0% 区に比較して、それぞれドリップロスが有意に高かった。また、CaSO<sub>4</sub> の添加については、CS 2% 区、CS 4% 区、および CS 6% 区の間ドリップロスの有意な差はみられなかったものの、CS 6% 区が 0% 区に比較してドリップロスが有意に高かった。

金谷ら (2019) は、ミネラルを単独で用いて行う牛肉の塩漬について、NaCl, MgSO<sub>4</sub>, および CaSO<sub>4</sub> はドリップロスを増加させるものの、MgCl<sub>2</sub> はドリップロスに影響を及ぼさないことを報告している。したがって、MgCl<sub>2</sub> を単独で用いて行う塩漬では、6% の添加量までは牛肉のドリップの排出量に影響を及ぼさないが、MgCl<sub>2</sub> を NaCl に添加して塩漬すると、添加量の増加によりドリップの排出量が増加することが示された。また、MgSO<sub>4</sub> は単独で用いて行う塩漬でも NaCl に添加して行う塩漬でも、何れも添加量の増加によりドリップの排出量が増加することが示された。さらに、CaSO<sub>4</sub> は単独で用いて行う塩漬でも NaCl に添加して行う塩漬でも、何れも筋肉重量あたり少なくとも 6% の添加量でドリップの排出量が増加することが示された。

NaCl に添加するミネラルの添加量 2% および 4% におけるドリップロスは、MgCl<sub>2</sub> および MgSO<sub>4</sub> が CaSO<sub>4</sub> に比較して有意に高く、また添加量 6% におけるドリップロスは、MgSO<sub>4</sub> が他のミネラルに比較して、および MgCl<sub>2</sub> が CaSO<sub>4</sub> に比較して、それぞれ有意に高かった (表 1)。

したがって、NaCl に MgSO<sub>4</sub> を添加して牛肉の塩漬を行うと、MgCl<sub>2</sub> または CaSO<sub>4</sub> を添加して行った塩漬に比較してより多くのドリップが排出することが示された。このことから、塩漬により牛肉の水分活性を低下させて保存性を高める (田島 2003) ためには、NaCl に MgSO<sub>4</sub> を添加した塩漬剤を用いるのが適していると考えられる。

NaCl は筋肉中の水分に溶解することで筋肉内に浸透し、浸透圧により筋肉中の水分を排出させることが報告されている (安井 1980)。したがって、本試験で供試した他のミネラルの溶解度および浸透圧もドリップの排出量に影響を及ぼした可能性が考えられる。0°C の水 100 g への溶解度 (g) は MgSO<sub>4</sub> で 26、および MgCl<sub>2</sub> で 281 であり、一方で CaSO<sub>4</sub> は水に難溶である (志田 1981)。また、浸透圧は水に溶解している粒子数に比例し、同じ重量濃度では分子量が小さいほど浸透圧が高くなる (田中 1998)。本試験で供試したミネラルの分子量 (g/mol) は MgSO<sub>4</sub> が 120.4、MgCl<sub>2</sub> が 95.2、および CaSO<sub>4</sub> が 136.1 であることから (志田 1981)、同じ重量濃度における浸透圧は MgCl<sub>2</sub> が最も高く、また CaSO<sub>4</sub> が最も低いと考えられる。したがって、牛肉の塩漬剤として NaCl に CaSO<sub>4</sub> を添加した場合に排出されるドリップの量が MgCl<sub>2</sub> または MgSO<sub>4</sub> を添加した場合のものに比較して少なかったのは、牛肉内に浸透した CaSO<sub>4</sub> の量が少なかったためであると考えられる。また Aliño ら (2009) は、塩漬剤としての MgCl<sub>2</sub> は筋肉内への浸透量が少ないことを報告している。これは、MgCl<sub>2</sub> は水への溶解度が高いため、添加した MgCl<sub>2</sub> の一部が塩漬中にドリップに溶解し、ドリップと共に筋肉外に漏出したためではないかと考えられる。したがって、牛肉の塩漬剤として NaCl に MgCl<sub>2</sub> を添加した場合に排出されるドリップの量が MgSO<sub>4</sub> を添加した場合のものに比較して少なかったのは、牛肉内に浸透した MgCl<sub>2</sub> の量が少なかったためであると考えられる。一方、牛肉の塩漬剤として NaCl に MgSO<sub>4</sub> を添加した場合に排出されるドリップの量が MgCl<sub>2</sub> または CaSO<sub>4</sub> を添加した場合のものに比較して多かったのは、牛肉内に浸透した MgSO<sub>4</sub> の量が多かったためであると考えられる。

塩漬剤としての NaCl への MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, または

Table 1 Effect of addition of MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, or CaSO<sub>4</sub> to NaCl used for curing on drip loss of steak of *M. biceps femoris* from Japanese Shorthorn steers (n = 6)<sup>1</sup>

		Levels of each mineral added to 6% NaCl for curing (% of steak weight)			
		0	2	4	6
Drip loss (%)	MgCl <sub>2</sub>	6.3 ± 0.4 <sup>c</sup>	8.9 ± 0.4 <sup>b, x</sup>	11.1 ± 0.7 <sup>ab, x</sup>	13.2 ± 0.7 <sup>a, y</sup>
	MgSO <sub>4</sub>	6.3 ± 0.4 <sup>d</sup>	9.8 ± 0.4 <sup>c, x</sup>	12.8 ± 0.7 <sup>b, x</sup>	17.0 ± 0.9 <sup>a, x</sup>
	CaSO <sub>4</sub>	6.3 ± 0.4 <sup>b</sup>	7.1 ± 0.4 <sup>ab, y</sup>	7.0 ± 0.2 <sup>ab, y</sup>	7.7 ± 0.4 <sup>a, z</sup>

<sup>1</sup> Mean ± SE.

<sup>a-d</sup> Means within a row with a different superscript letter differ significantly (*P* < 0.05).

<sup>x-z</sup> Means within a column with a different superscript letter differ significantly (*P* < 0.05).

CaSO<sub>4</sub>の添加が日本短角種去勢牛の大腿二頭筋のテクスチャー特性に及ぼす影響を表2に示す。すべての測定項目について、試験区間における有意な差はみられなかった。したがって、塩漬剤としてのNaClへのMgCl<sub>2</sub>、MgSO<sub>4</sub>、およびCaSO<sub>4</sub>の添加は牛肉のテクスチャー特性に影響を及ぼさないことが示された。

非加熱ハムでは軟らかさ (Parolariら1994) およびべたつき (Arnauら1998; García-Garridoら2000; García-Reyら2004) が問題となり、Moralesら(2013)は、消費者は軟らかすぎず硬すぎない中間的な食感の非加熱ハムを好むことを報告している。金谷ら(2019)は、NaCl、MgCl<sub>2</sub>、MgSO<sub>4</sub>、およびCaSO<sub>4</sub>単独で行う塩漬は、それぞれ牛肉の最大荷重、凝集性、付着性、およびガム性荷重に影響を及ぼさないことを報告している。また本試験の結果から、NaClにMgCl<sub>2</sub>、MgSO<sub>4</sub>、またはCaSO<sub>4</sub>を添加して塩漬を行っても、牛肉のテクスチャー特性には影響がみられなかった。したがって、MgCl<sub>2</sub>、MgSO<sub>4</sub>、またはCaSO<sub>4</sub>は単独で用いて行う塩漬でもNaClに添加して行う塩漬でも、何れも消費者からの評価に影響を及ぼす可能性はないと考えられる。また、非加熱ハムにおいて水分

含量は硬さおよび噛み応えと関係があることが報告されているが (Serraら2005; Aliñoら2010)、本試験の結果から、塩漬後に排出されたドリップの量はテクスチャー特性に影響を及ぼさなかったと考えられる。

2. 試験2

塩漬剤としてのNaClへのMgSO<sub>4</sub>の添加が日本短角種去勢牛の大腿二頭筋から漏出したドリップのグルタミン酸濃度に及ぼす影響を表3に示す。グルタミン酸濃度には、試験区間における有意な差はみられなかった。したがって、塩漬剤としてのNaClへのMgSO<sub>4</sub>の添加量は牛肉から漏出するドリップのグルタミン酸濃度には影響を及ぼさないことが示された。また、本試験で測定したグルタミン酸以外の各遊離アミノ酸および総遊離アミノ酸の濃度についても、試験区間における有意な差はみられなかった (データ示さず)。

非加熱ハムのアミノ酸含量は呈味性に影響を及ぼすことが報告されており (Pérez-Santaescolásticaら2019)、Sugimotoら(2020)は、グルタミン酸濃度が高い非加熱ハムは官能評価において高い評価を得ることを報告している。したがって、塩漬により漏出するグルタミン酸の量

**Table 2** Effect of addition of MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, or CaSO<sub>4</sub> to NaCl used for curing on textural properties of steak of *M. biceps femoris* from Japanese Shorthorn steers (n = 6)<sup>1</sup>

		Levels of each mineral added to 6% NaCl for curing (% of steak weight)			
		0	2	4	6
Maximum load (N)	MgCl <sub>2</sub>	26.9 ± 4.8	21.8 ± 0.8	26.9 ± 3.8	29.6 ± 4.9
	MgSO <sub>4</sub>	26.9 ± 4.8	25.1 ± 3.5	34.5 ± 4.3	30.7 ± 3.8
	CaSO <sub>4</sub>	26.9 ± 4.8	26.8 ± 3.7	22.7 ± 3.4	28.3 ± 4.4
Cohesiveness	MgCl <sub>2</sub>	0.49 ± 0.02	0.49 ± 0.01	0.51 ± 0.01	0.49 ± 0.02
	MgSO <sub>4</sub>	0.49 ± 0.02	0.45 ± 0.02	0.49 ± 0.03	0.49 ± 0.01
	CaSO <sub>4</sub>	0.49 ± 0.02	0.42 ± 0.04	0.53 ± 0.03	0.46 ± 0.01
Adhesiveness (kJ/m <sup>3</sup> )	MgCl <sub>2</sub>	4.4 ± 0.2	5.0 ± 0.3	5.4 ± 0.9	4.6 ± 0.4
	MgSO <sub>4</sub>	4.4 ± 0.2	4.9 ± 0.5	5.3 ± 0.8	4.5 ± 0.7
	CaSO <sub>4</sub>	4.4 ± 0.2	4.8 ± 0.6	3.8 ± 0.3	6.0 ± 0.1
Load of gumminess (N)	MgCl <sub>2</sub>	12.7 ± 2.1	10.7 ± 0.4	13.7 ± 2.0	14.8 ± 2.9
	MgSO <sub>4</sub>	12.7 ± 2.1	11.0 ± 1.3	17.0 ± 2.7	15.3 ± 2.0
	CaSO <sub>4</sub>	12.7 ± 2.1	11.3 ± 1.8	12.1 ± 2.1	13.2 ± 2.4

<sup>1</sup> Mean ± SE.

**Table 3** Effect of addition of MgSO<sub>4</sub> to NaCl used for curing on glutamic acid concentration in drip from steak of *M. biceps femoris* from Japanese Shorthorn steers (n = 6)<sup>1</sup>

	Levels of MgSO <sub>4</sub> added to 6% NaCl for curing (% of steak weight)			
	0	2	4	6
Glutamic acid (mg/100 mL)	21.1 ± 0.8	20.1 ± 1.1	20.9 ± 0.8	18.8 ± 1.0

<sup>1</sup> Mean ± SE.

**Table 4** Effect of addition of MgSO<sub>4</sub> to NaCl used for curing on Na and Mg concentrations of steak of *M. biceps femoris* from Japanese Shorthorn steers (n = 6)<sup>1</sup>

	Levels of MgSO <sub>4</sub> added to 6% NaCl for curing (% of steak weight)			
	0	2	4	6
Na (g/kg)	14.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	13.7 ± 0.1 <sup>ab</sup>	13.3 ± 0.2 <sup>b</sup>	11.9 ± 0.4 <sup>c</sup>
Mg (g/kg)	0.23 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.76 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.34 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.66 ± 0.07 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Mean ± SE.<sup>a-d</sup> Means within a row with a different superscript letter differ significantly (*P* < 0.05).

は少ない方が好ましいと考えられる。しかし本試験では、塩漬剤としてのNaClへのMgSO<sub>4</sub>の添加量は、排出されるドリップのグルタミン酸濃度に影響を及ぼさなかったため、塩漬によって漏出するグルタミン酸の量はドリップの排出量に伴って増加すると考えられる。このことは、塩漬により水分活性を低くするためにはドリップの排出量が多い方が良いが、グルタミン酸の漏出量を少なくするためには、ドリップの排出量は少ない方が良いことを示している。したがって今後は、水分活性と食味性との観点から、塩漬剤としてのNaClへのMgSO<sub>4</sub>の最も適当な添加量について検討する必要があると考えられる。

塩漬剤としてのNaClへのMgSO<sub>4</sub>の添加が塩漬後の日本短角種去勢牛の大腿二頭筋のNa含量およびMg含量に及ぼす影響を表4に示す。本試験において、Na含量はMS 4%区が0%区に比較して、およびMS 6%区が他の区に比較して、それぞれ有意に低かった。また、Mg含量はMS 2%区が0%区に比較して、MS 4%区が0%区およびMS 2%区に比較して、およびMS 6%区が他の区に比較して、それぞれ有意に高かった。したがって、塩漬剤としてのNaClにMgSO<sub>4</sub>を添加する場合、筋肉重量あたり少なくとも4%の添加量で牛肉のNa含量は減少し、Mg含量は増加することが示された。Aliñoら(2009)は、塩漬剤中のMg<sup>2+</sup>はNa<sup>+</sup>の筋肉内への浸透を阻害することを報告している。このことから、MS 4%区およびMS 6%区において塩漬後の牛肉のNa含量が低下したのは、MgSO<sub>4</sub>の添加量の増加によりNaClの牛肉への浸透が阻害されたためであると考えられる。

本研究では、塩漬剤としてのNaClへのMgCl<sub>2</sub>、MgSO<sub>4</sub>、またはCaSO<sub>4</sub>の添加が日本短角種去勢牛の大腿二頭筋のドリップロスおよびテクスチャー特性に及ぼす影響、および塩漬剤としてのNaClへのMgSO<sub>4</sub>の添加が日本短角種去勢牛の大腿二頭筋のNa含量、Mg含量、および漏出したドリップのグルタミン酸濃度に及ぼす影響について検討を行った。本研究の結果から、塩漬により牛肉の水分活性を低下させて保存性を高めるためには、NaClにMgSO<sub>4</sub>を添加した塩漬剤を用いるのが適していることが示された。一方で、塩漬剤としてのMgSO<sub>4</sub>はNaClの牛肉への浸透を阻害することが示された。また、塩漬により漏出するドリップのグルタミン酸濃度はMgSO<sub>4</sub>の添加量の影響を受

けないため、ドリップの排出量に伴って漏出するグルタミン酸の量も増加することが示された。今後は、水分活性と食味性との観点から、塩漬剤としてのNaClへのMgSO<sub>4</sub>の最も適当な添加量について検討する必要があると考えられる。

## 謝 辞

筋肉サンプルの入手に多大な御協力を頂いた有限会社総合農舎山形村の川村周氏、筋肉サンプルの入手およびアミノ酸分析に多大な御協力を頂いた東北農業研究センターの柴伸弥氏に感謝いたします。

## 文 献

- Aliño M, Grau R, Baigts D, Barat JM. 2009. Influence of sodium replacement on the salting kinetics of pork loin. *Journal of Food Engineering* **95**, 551-557.
- Aliño M, Grau R, Toldrá F, Blesa E, Pagán MJ, Barat JM. 2010. Physicochemical properties and microbiology of dry-cured loins obtained by partial sodium replacement with potassium, calcium and magnesium. *Meat Science* **85**, 580-588.
- Arnau J, Guerrero L, Sárraga C. 1998. The effect of green ham pH and NaCl concentration on cathepsin activities and the sensory characteristics of dry-cured hams. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **77**, 387-392.
- 藤村 忍, 古賀秀徳, 武田弘美, 利根尚子, 門脇基二, 石橋 晃. 1996. グルタミン酸, イノシン酸及びカリウムイオンが鶏肉抽出液の呈味に果たす役割. *日本畜産学会報* **67**, 423-429.
- García-Garrido JA, Quiles-Zafra R, Tapiador J, Luque de Castro MD. 2000. Activity of cathepsin B, D, H and L in Spanish dry-cured ham of normal and defective texture. *Meat Science* **56**, 1-6.
- García-Rey RM, García-Garrido JA, Quiles-Zafra R, Tapiador J, Luque de Castro MD. 2004. Relationship between pH before salting and dry-cured ham quality. *Meat Science* **67**, 625-632.
- 平野正男. 1992. 第3章 食肉の科学Ⅳ 筋肉の死後変化・筋肉から食肉へ. In: 森田重廣 (ed.), 食肉・肉製品の科学, 初版. pp. 31-80. 学窓社, 東京.
- 金谷圭太, 福田智歩, 村元隆行. 2019. 塩漬剤としての4種類のミネラルの添加量の違いが日本短角種牛肉の保水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* **90**, 321-325.
- 厚生労働省. 2021. 食品別の規格基準について. [homepage

- on the internet]. 厚生労働省, 東京; [cited 26 January 2021]. Available from URL : <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500Shokuhinanzendu/00000-71198.pdf>
- Morales R, Guerrero L, Aguiar APS, Guàrdia MD, Gou P. 2013. Factors affecting dry-cured ham consumer acceptability. *Meat Science* **95**, 652-657.
- 岡田祐季, 村元隆行. 2013. 野生エゾシカの3筋肉の理化学特性. 日本畜産学会報 **84**, 169-174.
- Paredi G, Benoni R, Pighini G, Ronda L, Dowle A, Ashford D, Thomas J, Saccani G, Virgili R, Mozzarelli A. 2017. Proteomics of Parma Dry-Cured Ham : Analysis of Salting Exudates. *Agricultural and Food Chemistry* **65**, 6307-6316.
- Parolari G, Virgili R, Schivazappa C. 1994. Relationship between cathepsin B activity and compositional parameters in dry-cured hams of normal and defective texture. *Meat Science* **38**, 117-122.
- Pérez-Santaescolástica C, Carballo J, Fulladosa E, Munekata PES, Bastianello Campagnol PC, Gómez B, Lorenzo JM. 2019. Influence of high-pressure processing at different temperatures on free amino acid and volatile compound profiles of dry-cured ham. *Food Research International* **116**, 49-56.
- Serra X, Ruiz-Ramírez J, Arnau J, Gou P. 2005. Texture parameters of dry-cured ham *m. biceps femoris* samples dried at different levels as a function of water activity and water content. *Meat Science* **69**, 249-254.
- 志田正二. 1981. 化学辞典. 第2版. pp. 175, 179, 1350, 1353, 1400. 森北出版株式会社, 東京.
- Sugimoto M, Sugawara T, Obiya S, Enomoto A, Kaneko M, Ota S, Soga T, Tomita M. 2020. Sensory properties and metabolomic profiles of dry-cured ham during the ripening process. *Food Research International* **129**, 108850.
- 杉田静雄. 2006. 海水の濃縮とミネラル. 日本海水学会誌 **60**, 335-341.
- 田中宗彦. 1998. 食品加工・貯蔵における塩の機能と役割. 日本海水学会誌 **52**, 352-358.
- 田島 眞. 2003. 食品加工における塩の役割. 日本海水学会誌 **57**, 3-6.
- 安井 勉. 1980. 第II編 製法編 第2章 塩漬. In : 天野慶之, 藤巻正生, 安井 勉, 矢野幸男 (eds), 食肉加工ハンドブック, 初版. p. 283. 株式会社光琳, 東京.
- Young VR, Ajami AM. 2000. Glutamate : an amino acid of particular distinction. *American Society for Nutritional Sciences* **130**, 892-900.
- Zhou CY, Wang C, Dai C, Bai Y, Yu XB, Li CB, Xu XL, Zhou GH, Cao JX. 2019. iTRAQ-based quantitative proteomic characterizes the salting exudates of Jinhua ham during the salting process. *Food Control* **100**, 189-197.

## Effects of addition $MgCl_2$ , $MgSO_4$ , or $CaSO_4$ during curing with NaCl on the physicochemical properties and mineral content of beef and glutamic acid concentration of beef drip

Keita KANAYA<sup>1</sup>, Tomoka YOKOTA<sup>1</sup>, Nobuya SHIBA<sup>2</sup> and Takayuki MURAMOTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Arts and Sciences, Iwate University, Morioka 020-8550, Japan

<sup>2</sup> Tohoku Agricultural Research Center, NARO, Morioka 020-0198, Japan

<sup>3</sup> Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka 020-8550, Japan

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

Sodium chloride (NaCl) is generally used for curing beef. Here, the effects of adding other salts (in addition to NaCl) during the curing process, namely magnesium chloride ( $MgCl_2$ ), magnesium sulfate ( $MgSO_4$ ), and calcium sulfate ( $CaSO_4$ ), on the physicochemical properties and mineral content of the beef (*M. biceps femoris*) and the glutamic acid concentration of the beef drip were examined using samples from six Japanese Shorthorn steers. Muscle samples (100g) were cured with NaCl (6% of muscle weight) plus different levels of  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ , or  $CaSO_4$  (2%, 4%, or 6% of muscle weight) for 24 hours. Drip loss, maximum load, cohesiveness, adhesiveness, load of gumminess, Na content, Mg content, and glutamic acid concentration in the drip were then analyzed. The highest drip loss was found in muscle samples cured with NaCl plus  $MgSO_4$ . However, the use of  $MgSO_4$  in addition to NaCl did not affect the textural properties or glutamic acid concentration of the drip. The addition of  $MgSO_4$  decreased Na content and increased Mg content. These results suggest that use of  $MgSO_4$  as an addition to NaCl for curing can reduce water activity in beef during curing and improve the storage stability of the beef.

*Nihon Chikusan Gakkaiho* 92 (3), 319-325, 2021

**Key words** : curing, glutamic acid, Japanese Shorthorn beef, mineral, physicochemical properties.