

【原著論文(一般論文)】

リン酸塩処理による豚腸ケーシングのレオロジー特性と細菌数およびそれを用いた燻煙ソーセージ品質への影響

竹田 志郎^{1,2}・小林 祥子¹・水野谷 航^{1,2}・坂田 亮一^{1,3}

¹麻布大学 大学院 獣医学研究科, ²麻布大学 ヒトと動物の共生科学センター, 神奈川県相模原市 252-5201,

³明治大学, 神奈川県川崎市 214-8571

(2022.11.24 受付, 2023.4.10 受理)

要 約

天然ケーシングはソーセージエマルジョンの充填など、食肉加工において使用される皮膜全般であり、ヒツジやブタの腸が用いられる。しかし、生産地や種類によって品質がバラつく傾向があるため、その品質安定化に向けた研究開発が行われている。本研究では、リン酸塩処理が豚腸ケーシングのレオロジーおよび細菌類に及ぼす影響について評価するとともに、リン酸塩で処理した豚腸ケーシングを用いて製造されたソーセージの色調と官能特性について検討した。リン酸三ナトリウム (Na_3PO_4) で処理した豚腸ケーシングの最大荷重値および破断歪率をクリープメータにより評価したところ、対照区に比べて、その最大荷重は有意に低値を示し、破断歪率は低下傾向であった。また、 Na_3PO_4 処理による豚腸ケーシングの細菌数について評価した結果、対照区と比較して、卵黄添加マンニット食塩培地における生菌数は有意に低かった。また、 Na_3PO_4 処理した豚腸ケーシングを用いた燻煙ソーセージの色調および官能特性について検討したところ、ソーセージ断面の $L^*a^*b^*$ 値は対照区に比べて、それぞれ有意に高い値を示した。さらに、パネルによるアンケート調査では、 Na_3PO_4 処理した豚腸ケーシングを用いて製造された燻煙ソーセージの方が、色調と噛み切りやすさの項目において好適な影響を及ぼす傾向であった。従って、 Na_3PO_4 処理は豚腸ケーシングの品質の安定化をもたらし、燻煙ソーセージの品質向上に寄与することが示唆された。

食肉の科学 64(1), 21-28, 2023

キーワード：ケーシング, ソーセージ, レオロジー, 細菌, リン酸塩, 食肉製品

緒 言

食肉加工において動物由来の天然ケーシングは、主にブタおよびヒツジの腸が用いられており、ソーセージエマルジョンの充填に使用されている。そして、適度な弾力性と特有な歯ごたえがあるために消費者に好まれ、広く用いられている。しかしながら、天然ケーシングは品質のバラツキが大きく、ソーセージエマルジョンを充填する際に破れたり、硬すぎて咀嚼後もケーシングが口の中に残るといった問題がある¹⁾。そのため品質の安定化に向け、有機酸、電子照射、リン酸塩処理さらには高圧処理を用いた天然ケーシングのレオロジー改善についての研究が行われてきた²⁻⁶⁾。先行研究において、Sakataら(2008)はリン酸塩による羊腸ケーシングの軟化作用について報告した⁵⁾。また、天然ケーシングは

有機酸などの前処理により、充填後のソーセージ製品の外観に影響を及ぼす可能性が報告されている^{7,8)}。従って、リン酸塩処理による豚腸ケーシングのレオロジー改善処理効果ならびにリン酸塩処理したケーシングによるソーセージの外観など食肉製品の品質に及ぼす影響についても期待されるが、十分な調査研究が行われていない。

天然ケーシングは各動物の小腸の粘膜下層を洗浄・剥離することによって得られ、さらに粘膜層と筋層を洗浄・剥離することで得られる⁹⁾。しかしながら、ケーシング用に調製されたブタやヒツジの腸は、ケーシング 1 g あたり $10^4 \sim 10^7$ 個の一般生細菌が混入していると報告³⁾があり、天然ケーシングに残存する微生物の増殖を抑えるために塩蔵がしばしば行われている。従って、

連絡者：竹田志郎 (fax:042-850-2450, e-mail: s-takeda@azabu-u.ac.jp)

好塩性や耐塩性を示す微生物の増殖を抑制することは、天然ケーシング製品の衛生的品質を維持する上で重要である。国内では天然ケーシング製品が広く使用されており、中国を主とした輸入製品が多く用いられている^{10, 11)}。それらの天然ケーシング輸入に際し、次亜塩素酸を用いた消毒が義務化されていたが、2017年より次亜塩素酸を使用せず、食塩とリン酸塩を併用し30日以上での保存による消毒方法が適用された^{12, 13)}。

リン酸塩は天然ケーシング由来一般生菌数の抑制効果や食肉組織由来の一部の細菌に対して抗菌作用を示すことが知られている¹⁴⁾。また、コラーゲンケーシングモデルにおいて、リン酸三ナトリウムを食塩と併用することにより、口蹄疫ウイルス・豚熱ウイルス・豚水疱性疾患ウイルス・アフリカ豚コレラウイルスを不活化させる効果があることが報告されている¹⁵⁾。しかしながら、リン酸塩処理による天然ケーシング由来細菌種への影響についての調査研究は十分に行われていない。

本研究では、天然ケーシングのレオロジー改善や潤滑化ならびに一部細菌類の増殖抑制に有効とされるリン酸塩に注目し、リン酸塩処理による豚腸ケーシングのレオロジーへの影響と細菌類への影響について評価するとともに、リン酸塩で処理したケーシングを用いて製造されたソーセージの色調と官能特性について評価することを目的とした。

材料および方法

実験材料と浸漬処理

日本羊腸輸入組合より購入した塩漬けされている中国産豚腸ケーシングを実験用試料とした。各試験のため、製品を水道水に浸漬し、1時間流水にて塩抜きして実験に用いた。リン酸塩にはリン酸三ナトリウム・12水和物（特級、関東化学株式会社）を用いて、1%水溶液（pH 12.87）に調製して供試した⁵⁾。浸漬処理では、ケーシング1mに対し100mLの1%水溶液へ浸漬するようにした（Na₃PO₄処理）。なお、対照区として、蒸留水を使用した（蒸留水処理）。浸漬中は冷蔵庫内（4～6℃）で1時間もしくは2時間静置した。リン酸塩処理の浸漬温度と時間は天然ケーシング加工メーカーの製品取り扱い情報より設定した。

最大荷重値と破断歪率の測定

各種豚腸ケーシングの最大荷重値と破断歪率をクリープメータ（RE2-33005S, 山電, 東京）を用いて評価した。プランジャーは直径3mmの円柱状プランジャーを用い、粘膜・漿膜側が表となるように円の直径が1cmの固定台へ設置した。その後、ケーシング表面に垂

直に一定速度で荷重をかけ、プランジャーがケーシングを突き破るときに示す最大荷重値および破断歪率を各試料で測定した。なお、圧縮速度1mm/秒およびロードセル20Nとし、各サンプルに対し10回測定した。測定値はクリープメータ自動解析ソフトウェア（BAS-3305, 山電）を使用し、各サンプルの最大荷重値と破断歪率としてデータを得た。

細菌検査

各浸漬処理を行った豚腸ケーシングを5g採取し、滅菌済みホモジナイザーカップへ移し、滅菌した生理食塩水5mLを加え、ホモジナイザーULTRA-TURRAX T25（JANKE & KUNKEL IKA-Labortechnik, Germany）を用いて約3分間氷上で9,500rpm均質化したものを試料とした。なお、ホモジナイザーのシャフトは使用前に殺菌するため、70%エタノールに1分間浸漬し滅菌水で洗浄した後、キムワイパーで水滴を拭き取った。細菌検査は一般生菌、腸内細菌科、*Staphylococcus*属、クロストリジウム属について行った。それぞれ、標準寒天培地（栄研化学）、DHL寒天培地（栄研化学）、5%無菌卵黄溶液加マンニット食塩寒天培地（栄研化学）およびクロストリジア測定用培地（栄研化学）を用い、各製品の使用方法に記載された培養方法に従って検査した。

燻煙ソーセージの製造

燻煙ソーセージを製造するため、市販の豚モモ肉（相模原市）および3元交配豚の枝肉より採取した豚背脂肪と豚背脂肪の混合脂肪を用意した。豚モモ肉はコマ切れにし、そこに食塩2.5%（w/w）、砂糖1.0%（w/w）、塩漬剤製剤（ニュー硝素, 千代田商工, 東京）0.25%（w/w）およびアスコルビン酸ナトリウム（オーウィル, 東京）0.1%（w/w）を添加後、冷蔵にて1週間塩漬した。塩漬後、塩漬赤肉と混合脂肪をミートチョッパーで挽き、それぞれ0～1℃まで冷却した。その後、氷、調味料（食塩、砂糖、ブラックペッパー、グルタミン酸）および結着補強剤（ポリゴンC, 千代田商工）を添加し、サイレントカッターで細挽きのソーセージエマルジョンを得た。同ソーセージエマルジョンを、各種豚腸ケーシングに充填した。さらに充填した製品を燻煙機（東京晃線TKC-SG-40）中で、50℃で15分間乾燥させた後、水を含ませたサクラチップ（渡辺林産工業, 東京）を用いて50℃で1時間の温燻煙で処理した。さらに中心温度が75℃に達するまで加熱殺菌を行った。その後、室温に戻し、真空包装後、冷蔵保存した。製品はデソキシコレート寒天培地による大腸菌群の細菌検査を行い、陰性であることを確認した。

ソーセージ断面の色調の評価

ソーセージ断面の色調を $L^*a^*b^*$ 表色系により評価した。分析には分光測色計 (MINOLTA CM-3500, コニカミノルタセンシング社) を用い、1つの試料につき5カ所ずつ測定した。分光測色計の設定はD65光源, 反射光除去方式, 視野 10°, 反射率測定とした。

官能検査試験

被験者は事前に実験の内容について説明し, 参加同意を得た大学生 (22 ~ 24 歳) 男性 9 名と女性 12 名の計 21 名より構成した。空腹でも満腹でもない状態で, アンケート形式の調査を行った。検査時には, パネル間での会話は禁止した。冷蔵保存したソーセージ試料を室温に戻した。ソーセージ試料の外見すなわちケーシングの色の評価とケーシングを含む厚さ 1 cm の円柱形状にカットし, ソーセージの断面の色を評価させた。その後, 食感, 噛み切りやすさについてアンケート形式の調査を行った。各項目の点数は, 外見の色, 断面の色は濃いものを 1, 薄いものを 4 とした。食感は硬いものを 1, 軟らかいものを 4 とした。噛み切りやすさは, 噛み切りやすいものを 1, 噛み切りにくいものを 4 とした。アンケートの設問は「各サンプルについて断面色, 表面色, 食感, 噛み切りやすさの各項目について好ましい順に数字を記入して下さい。」とした。検査の際はサンプルごとに水で口の中を濯ぐように指示を行った。

統計解析

豚腸ケーシングの最大荷重と破断歪率, 細菌数, ソーセージ色調に関する試験結果の統計処理は, Student-t 検定または一元配置分散分析・Tukey 法を行った。統計解析ソフトは GraphPad Prism (GraphPad Software, California, USA) を使用した。官能検査における統計処理では, Newell & MacFarlane の検定表を用いた¹⁶⁾。本研究における各試験結果の有意水準は, 危険率 5% 未満 ($P < 0.05$) とした。

結果および考察

Na₃PO₄ 処理による豚腸ケーシングのレオロジーへの影響

供試した豚腸ケーシングについて, Na₃PO₄ 処理または蒸留水処理により 1 ~ 2 時間浸漬した後, クリプメータを用いて各試料のレオロジーについて評価した。図 1 にはクリプメータ分析による歪率と荷重の波形を示す。

Na₃PO₄ 水溶液で 1 時間処理した試料の波形は蒸留水処理の波形と比べ, およそ 2.5 N まで同様の波形をたどったことから, 荷重に対する歪率への影響は少なく, 破断されたことが認められた。一方, 2 時間処理した試験区では荷重による波形は異なったことから, Na₃PO₄ 処理による豚腸ケーシング構造の変化が生じた可能性が示唆された。なお, 3 時間処理したケーシング試料は形状が脆弱しており, クリプメータによる分析が困難であった。表 1 には Na₃PO₄ 処理による豚腸ケーシングの最大荷重および破断歪率の結果を示す。1 ~ 2 時間の Na₃PO₄ 処理により豚腸ケーシングは, 蒸留水処理区に比べて, 各試験時間の最大荷重は有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。一方, 破断歪率についても平均値は下がったものの, 有意差を認めるには至らなかった。

過去の報告において, Sakata らは, Na₃PO₄ 処理による羊腸ケーシングの最大荷重および破断歪率の低下を

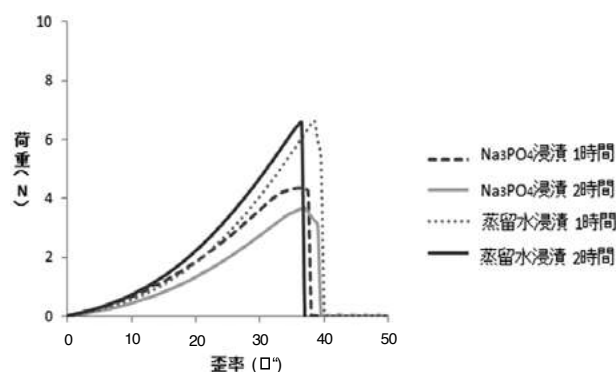


図 1 各種豚腸ケーシングのクリプメータによる破断波形

表 1 リン酸塩処理による豚腸ケーシングの物性への影響

	蒸留水処理区		Na ₃ PO ₄ 処理区	
	1 時間	2 時間	1 時間	2 時間
最大荷重 (N)	6.60 ± 0.62	6.54 ± 0.62	4.36 ± 0.38*	3.69 ± 0.29*
破断歪率 (%)	38.24 ± 2.09	38.46 ± 2.35	36.11 ± 6.07	37.19 ± 2.90

各値は平均値 ± 標準偏差である。アスタリスクは各時間の蒸留水処理区と比べて有意差あり ($P < 0.05$)

表2 リン酸塩処理による豚腸ケーシング由来細菌数への影響

培地	試験区	生菌数 (Log ₁₀ CFU/g)	
		1 時間	2 時間
標準寒天培地	蒸留水処理区	4.94 ± 0.09	4.89 ± 0.24
	Na ₃ PO ₄ 処理区	4.72 ± 0.39	4.01 ± 0.56
卵黄添加マンニット食塩寒天培地 (卵黄反応陽性)	蒸留水処理区	3.09 ± 0.40	3.23 ± 0.16
	Na ₃ PO ₄ 処理区	0.85 ± 0.95*	1.89 ± 0.16*

各値は平均値±標準偏差である。アスタリスクは各時間の蒸留水処理区と比べて有意差あり (P < 0.05)。

示した⁵⁾。これらの結果は、本研究における豚腸ケーシングを用いた結果と同様な傾向であり、Na₃PO₄ 処理による豚腸ケーシングの軟化効果が示唆された。天然ケーシングの強度はコラーゲンの熱溶解性に相関していることが知られている¹⁷⁾。我々の実験では、Na₃PO₄ 処理による羊腸ケーシングのコラーゲン加熱溶解性の上昇⁵⁾やコラーゲン繊維の脆弱化について電子顕微鏡画像により示唆している(未掲載データ)。本研究の図1において、2時間Na₃PO₄ 処理した波形の変化は、コラーゲンの加熱溶解性やケーシング構造の脆弱化による可能性が考えられた。Houbenら(2005)は、豚腸および羊腸ケーシングを塩抜き後0.01 M Na₃PO₄ 水溶液で30~45分処理することにより、ケーシング試料の滑りが向上し、ソーセージエマルジョンの充填作業が円滑に行えることを示した⁹⁾。実験データに示していないが、我々の実験においても経験的に1時間以内の短時間のNa₃PO₄ 処理による豚腸ケーシングの滑り改善が確認されている。本研究結果においてもNa₃PO₄ 処理は、ソーセージエマルジョン充填時や製品加熱時の豚腸ケーシングの破裂を防止するために有効な処理方法であると考えられた。

Na₃PO₄ 処理による豚腸ケーシング由来細菌への影響

豚腸ケーシングについて、Na₃PO₄ 処理または蒸留水処理により1~2時間浸漬処理した後、一般生菌、腸内細菌科、*Staphylococcus* 属、クロストリジウム属菌を培養法により測定し、結果を表2に示す。標準寒天培地上と卵黄添加マンニット食塩寒天培地上において、一般生菌および*Staphylococcus* 属(卵黄反応陽性)と推定されるコロニー形成を観察した。Na₃PO₄ 処理による一般生菌数の値に有意差は認められなかった。卵黄添加マンニット食塩培地では、Na₃PO₄ 処理によるコロニー数は対照区に比べて、有意に値が低下した(P < 0.05)。また、出現したコロニーはすべて卵黄反応を認めたため、*Staphylococcus* (*S.*) *aureus* の可能性が考えられた。

その他、腸内細菌科とクロストリジウム属菌についても評価を行ったが、それぞれの細菌と推定されるコロニーはNa₃PO₄ 処理の有無に関わらず、観察されなかった(検出限界 < 4.0 colony forming units (CFU)/g)。

Bakkerら(1999)は豚腸または羊腸ケーシングについて、Na₃PO₄ を含む浸漬溶液(飽和塩懸濁液)へ浸すことによる、ケーシング由来の生菌数への影響について報告している³⁾。豚腸を用いた試験結果によると、室温で11日浸漬した後の一般生菌数は、Na₃PO₄ を含まない群に比べ、ほとんど差を認めていない。本研究では浸漬時間は最大2時間とし、条件が異なるものの同様な傾向であった。天然ケーシングの細菌叢は、動物種の違いにより細菌叢の差はあるものの、*Staphylococcus*、*Enterococcus* さらに*Lactobacillus* 属に位置する細菌が優占菌であることが示唆されている^{18,19)}。従って、本研究で検出した一般細菌は、これらの細菌属に含まれる可能性がある。

一方、卵黄添加マンニット食塩寒天培地で卵黄反応陽性として検出した細菌数について、1% Na₃PO₄ 水溶液の処理により有意な減少を認めた(表2)。卵黄添加マンニット食塩寒天培地は好塩性または耐塩性を持つ細菌、特にブドウ球菌の培養に用いられ、卵黄反応により黄色ブドウ球菌を判定できる^{20,21)}。本研究において、それらのコロニーが黄色ブドウ球菌*S. aureus* であるかどうかの確定試験は行っていないが、天然ケーシングは塩蔵されることがしばしばあるため、Na₃PO₄ 水溶液処理により好塩性または耐塩性の高い細菌の生菌数を抑制できたことは、天然ケーシングの衛生管理において有効な方法であると考えられた。

Na₃PO₄ 処理による豚腸ケーシングへ充填した燻煙ソーセージの色調および官能特性への影響

Na₃PO₄ 処理または蒸留水処理により1~2時間浸漬処理した豚腸ケーシングを用いて、燻煙ソーセージを製造し、ソーセージ断面のL*a*b*値を測定した(表3)。

表3 リン酸塩処理による豚腸ケーシングを用いたソーセージ色調への影響

	蒸留処理区		Na ₃ PO ₄ 処理区	
	1 時間	2 時間	1 時間	2 時間
L* 値	62.88 ± 3.78 ^b	63.92 ± 0.95 ^b	64.41 ± 1.43 ^{ab}	66.24 ± 0.85 ^a
a* 値	9.18 ± 0.41 ^{bc}	8.79 ± 0.21 ^c	9.55 ± 0.53 ^a	9.31 ± 0.11 ^{ab}
b* 値	22.48 ± 0.95 ^b	20.97 ± 0.91 ^c	23.68 ± 1.15 ^a	22.40 ± 0.61 ^b

各値は平均値±標準偏差である。各値の異符号間において有意差あり ($P < 0.05$)。

1% Na₃PO₄ 水溶液で1～2時間浸漬処理した結果、対照区に比べて、1時間処理のa*値とb*値は有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。2時間処理では、L*a*b*値のすべてで有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。従って、分光測色計による評価では、Na₃PO₄ 処理した豚腸ケーシングに充填した燻煙ソーセージ断面の色相と彩度は、対照区と比べて明確な違いがあることが分かった。

次に、製品の断面および表面の色と食感に関するアンケート調査を行った。各調査項目における各種豚腸を処理したソーセージ区のアンケート項目の順位を集計し、Newell & MacFarlane の検定を行った (表4)。すべての項目において、各ソーセージ間に有意差は認められないという結果であった。しかし、傾向として、断面色と表面色について、1時間のNa₃PO₄ 処理を行ったソーセージと対照区では、Na₃PO₄ 処理したソーセージの方が、順位合計値が低い値であった。また、噛み切りやすさについても同様な傾向であった。従って、統計学な有意差は認められなかったが、1時間のNa₃PO₄ 処理による豚腸ケーシングへの効果により、それを用いて作製した燻煙ソーセージの色調は断面と表面において濃くなり、噛み切りやすいテクスチャーへ変化したと考えられた。

Fengら (2017, 2020) は乳酸と食塩またはレシチンと大豆油で処理した豚腸ケーシングへ充填したエマルジョンを加熱し、その後の色調と外観の変化を対照区と比較して報告している^{7,8)}。これらの研究では、豚腸ケーシングの前処理は、加熱後のソーセージ製品の色調と外観に影響することを示唆している。本研究では、1% Na₃PO₄ 水溶液処理した豚腸ケーシングにソーセージエマルジョンを充填し、温熱法による燻煙製品の色調および官能特性について調べたところ、対照区に比べて、製品断面のL*a*b*値の有意な上昇とパネルによる製品の断面色と表面色の濃さが増す傾向が認められ、エマルジョン色調への影響が示唆された。本研究で製造した燻煙ソーセージは加熱処理を行っているため、過

表4 各種豚腸ケーシングを使用した燻煙ソーセージの官能検査

項目	断面色	表面色	食感	噛み切りやすさ
蒸留水処理区				
1 時間【A】	58 [*]	58	50	62
2 時間【B】	53	46	58	52
Na ₃ PO ₄ 処理区				
1 時間【C】	45	44	47	46
2 時間【D】	51	60	55	54
Newell & MacFarlane 検定結果				
A-B	5	12	8	10
A-C	13	12	3	16
A-D	7	2	5	8
B-C	8	2	11	6
B-D	2	14	3	2
C-D	6	16	8	8

※パネルがつけた順位について、項目ごとに合計値を算出した。本試験はパネル21名、試験区4区にて実施した。Newell & MacFarlane の検定結果は22以上で有意差を認める ($P < 0.05$)。

去の報告と同様、ケーシング前処理有無によるソーセージの色調変化は加熱処理に因ることが考えられた。また、上述したように、Na₃PO₄ 処理により豚腸ケーシング構造が脆弱化されたことが示唆された。そのため対照区に比べると、Na₃PO₄ 処理区豚腸ケーシングで調製された燻煙ソーセージでは、燻煙工程において燻煙成分がケーシング表面だけでなく、製品内部すなわちソーセージエマルジョンへ浸透しやすい状態となっていたと推察された。燻煙成分の中には様々なフェノール類成分が含まれており^{22,23)}、それらの中には高い還元作用を有する化合物がある。また、燻煙工程は肉内部の発色および肉色の安定化に寄与することが知られてい

る²⁴⁾。そのため、Na₃PO₄ 処理区ではエマルジョンへ添加した発色剤の亜硝酸塩は還元され、より多くの一酸化窒素が生成された結果、ミオグロビンと反応することで塩漬色として知られているニトロシルミオグロビンが多く発生し、このことが製品色調の良好な変化に寄与した作用機序の一つであると考えられた。なお、これまでに我々の研究グループでは燻煙成分を濃縮したくん液が塩漬モデルソーセージの発色率増加と残存亜硝酸根の低下作用をもたらすことを確認しており²⁵⁾、上記の作用機序を示唆している。今後、Na₃PO₄ 処理による豚腸ケーシングへ充填したエマルジョンに対し、燻煙による影響を更に検討するため、燻煙していない加熱ソーセージとの比較ならびに燻煙成分中のフェノール化合物による発色促進効果についての検討が望まれる。

Na₃PO₄ 処理による豚腸ケーシングを用いた燻煙ソーセージは、パネルによる食感と噛み切りやすさについても有意差は認められなかったものの、好適な効果を及ぼしたと考えられた。これらの結果は、Na₃PO₄ 処理による豚腸ケーシング試料の最大荷重の低下に関する結果(表1)と一致した。従って、豚腸ケーシングのNa₃PO₄ 処理はソーセージエマルジョンの充填における利便性だけでなく、ソーセージ製品のレオロジー特性さらにはヒトの嗜好性を向上させることが示唆された。

本研究ではNa₃PO₄ 処理による豚腸ケーシングおよび、それを用いた燻煙ソーセージの品質向上につながる結果を得た。本研究以外にも天然ケーシングの品質改善に向けた技術研究はいくつか報告されている^{4,6)}。また、リン酸水素二ナトリウムなどNa₃PO₄ 以外のリン酸塩類も天然ケーシング処理に用いる可能性がある³⁾。今後は天然ケーシングを用いた食肉製品の品質について、それらの先行研究とNa₃PO₄ 処理との比較や組み合わせ効果についても検討が望まれる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、ケーシングに関する情報やご助言を賜りました 新亜細亜貿易(株)代表取締役 尹 赫一様に心から御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 坂田亮一, 森田英利, 西海理之, 麻布大学雑誌, **9**・**10**, 204-209 (2004)
- 2) Sakata, R., Segawa, S., Morita, H., Nagata, Y., *Fleischwirtschaft*, **78**, 371-372 (1998)
- 3) Bakker, M.A.W., Houben, H.J., Koolmees, A.P., Bindrich, U., Sprehe, L., *Meat Science*, **51**, 163-174 (1999)
- 4) Byun, M.W., Lee, J.W., Jo, C., Yook, H.S., *Meat Science*, **59**, 223-228 (2001)
- 5) Sakata, R., Nakae, S., Oshida, T., Nishiumi, T., Yoon, H., *Fleischwirtschaft*, **88**, 59-62 (2008)
- 6) 西海理之, 食品工業 = *The Food industry*, **53**, 34-40 (2010)
- 7) Feng, C.H., Li, C., Garcia-Martin, J.F., Malakar, P.K., Yan, Y., Liu, Y.W., Wang, W., Liu, Y.T., Yang, Y., *Journal of Food Science*, **82**, 594-604 (2017)
- 8) Feng, C.H., Makino, Y., Martín, J.F.G., *Foods*, **9**, 1089 (2020)
- 9) Houben H.J., Bakker M.A.W., Keizer G., *Meat Science*, **69**, 209-214 (2005)
- 10) 山田弘幸, 食肉の科学, **63**, 23-27 (2022)
- 11) 日本羊腸輸入組合, 天然ケーシング輸入実績(財務省貿易統計), http://www.jnsca.or.jp/02gyokai/toukei_all.htm
- 12) World Organisation for Animal Health, Terrestrial Animal Health Code, Chapter 15.1., Article 15.1.24., https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/current/chapitre_asf.pdf
- 13) 動物検疫所, ケーシングの家畜衛生条件 中国から日本向けに輸出される塩蔵天然ケーシングの家畜衛生条件, <https://www.maff.go.jp/aqs/hou/require/attach/pdf/index-2.pdf>
- 14) Dickson, S.J., Cutter N.G.C., Siragusa, R.G., *Journal of Food Protection*, **57**, 952-955 (1994)
- 15) Wieringa-Jelsma, T., Wijnker, J.J., Zijlstra-Willems, E.M., Dekker, A., Stockhofe-Zurwieden, N., Maas, R., Wisselink, H.J., *International Journal of Food Microbiology*, **148**, 128-134 (2011)
- 16) 日本フードスペシャリスト協会 編, 三訂 食品の官能評価・鑑別演習, pp.20, 建泉社, 東京 (2014)
- 17) Liu, W., Chen, X., Tsutsuura, S., Nishiumi, T., *Foods*, **11**, 3815 (2022)
- 18) Pisacane, V., Callegari, M.L., Puglisi, E., Dallolio, G., Rebecchi, A., *International Journal of Food Microbiology*, **207**, 57-65 (2015)
- 19) Rebecchi, A., Pisacane, V., Miragoli, F., Polka, J., Falasconi, I., Morelli, L., Puglisi, E., *International Journal of Food Microbiology*, **212**, 49-57 (2015)
- 20) 総合食品安全辞典編集委員会 編, 食中毒性微生物, pp.140, 産調出版, 東京 (1997)
- 21) 厚生労働省 監修, 食品衛生検査指針 微生物編, pp. 237-238, 社団法人日本食品衛生協会, 東京 (2004)

- 22) Takeda, S., Uchiyama, J., Sugita, K., Enomoto, H., Ahhmed, A.M., Kinoshita, Y., Mizunoya, W., Sakata, R., *Food Science and Technology Research*, **27**, 759-768 (2021)
- 23) 前田尚之, 久保田麻美, 宮下花林, 長谷川靖洋, 岩崎智仁, 横田 博, 船津保浩, *食肉の科学*, **63**, 35-41 (2022)
- 24) 伊藤肇躬, *肉製品製造学*, pp.1111, 光琳, 東京 (2007)
- 25) Takeda, S., Kinoshita, Y., Sugita, K., Uchiyama, J., Mizunoya, W., Sakata, R., Abstract Book ICoMST 2021, pp. 210, 67th International Congress of Meat Science and Technology, Kraków (2021)

Rheological properties and bacterial counts of hog casings treated with phosphate and their effects on smoked sausage quality

Shiro TAKEDA^{1,2}, Shouko KOBAYASHI¹, Wataru MIZUNOYA^{1,2}, Ryoichi SAKATA^{1,3}

¹ Graduate School of Veterinary Science, Azabu University,

² Center for Human and Animal Symbiosis Science, Azabu University,

³ Meiji University

Abstract

Natural casings are prepared from sheep and pig intestines, and often used in meat processing procedures including sausage making. Since quality tends to vary with production region and type of intestine, this research and development has been conducted to guide stabilization of quality. We evaluated the effects of phosphate treatment on the rheology and bacteria of hog casings, and investigated the color and sensory characteristics of smoked sausages stuffed into phosphate-treated hog casings. The maximum load and rupture strain of hog casings treated with tri-sodium phosphate (Na_3PO_4) were measured with a creep meter. Maximum load was significantly reduced, and the breaking strain rate tended to decrease, compared with controls. The color and sensory characteristics of smoked sausages in Na_3PO_4 -treated hog casings were examined, and the L^* , a^* and b^* values of the sausages were significantly higher than those of the control, respectively. A panel questionnaire survey indicated that Na_3PO_4 -treated hog casings tended to favorably affect smoked sausages' color and texture. Therefore, Na_3PO_4 -treatment contributes to stabilizing the quality of hog casings and this research suggests that the qualities of smoked sausages stuffed into Na_3PO_4 -treated hog casings are improved.

Japanese Journal of Meat Science and Technology, **64**(1), 21-28, 2023

Key words: casing, sausage, rheology, bacteria, phosphate, meat products