

肉の前処理技術の効果の持続性評価 — 製造 2 週間から 12 ヶ月までの経時変化 —

稲田 有美子

Evolution of Pretreated Meat Products Packaged in Pouches: Quality Check Results during Storage from 2 Weeks to 12 Months

Yumiko Inada

In packaged foods that can be stored at room temperature, the texture of meat greatly affects the commercial value. However, the hardening of packaged meat and the loss of meat juiciness during storage at room temperature have been encountered over a year. Therefore, the improvement of meat packaging is of great importance. Based on previous studies, tendering and juiciness can be retained even after retort sterilization by soaking in a softener solution comprising sodium bicarbonate and carrageenan. In checking the durability of the effect, beef, pork, and chicken samples with different tender treatment intensities were stored at 23°C for 12 months. Consequently, the stronger the treatment strength was, the tenderer and juicier the meats were even after a year of storage. Additionally, any major property changes were not observed. Therefore, the tender treatment effect was maintained for 1 year.

Key words: meat, tender, sodium bicarbonate, carrageenan, hardness, juicy, color, pH, water content, aging, changes during storage

I. はじめに

常温保存可能な容器詰食品において、食肉のテクスチャーは商品価値に大きな影響を及ぼす。しかし、かねてより常温保存可能な容器詰食品において保存中に肉が硬くなり、多汁性が喪失するという課題があり、解決策が求められていた。また、硬化および多汁性低下の抑制処理を製造現場で実施するためには、簡便でかつ処理効果が長期間にわたり持続する必要がある。我々はその解決策としてこれまでに、重曹およびカラギーナンからなる軟化剤溶液に浸漬することにより、レトルト殺菌後も軟らかさおよび多汁性が期待できることを見いだしている。その効果の持続性の検証を目的として、異なる強度の軟化剤で処理した牛・豚・鶏肉のサンプルを 23°C で保存し評価を行った。本報では、12 ヶ月保存した結果を報告する。

II. サンプル調製と評価方法

1. 原材料

肉は宮崎商会で入手したオーストラリア産の牛、メキシコ産の豚、国産親鶏のそれぞれもも肉を用いた。食品添加物グレードの重曹（炭酸水素ナトリウム）は富士フィルム和光純薬（株）製を、カラギーナン（GENUGEL CHP-1F：κ-カラギーナン純品）は三晶（株）製を用いた。食

塩は食品用の市販品を用いた。

包材は東洋製罐（株）製 電子レンジ対応レトルトパウチ（140 × 150 × 38mm）を使用した。

2. サンプル調製

厚さ約 15mm の牛・豚・鶏のもも肉を任意の大きさにカットし、5°C で 16 ~ 18 時間、軟化剤に浸漬した。軟化剤は重曹およびκ-カラギーナン濃度が各 0, 1.5, 3.0% となるよう水道水に分散させたものを用い、それぞれ処理強度を「無」、「弱」、「強」とした。肉 2 に対し、軟化剤は 1 の重量割合とした。浸漬後、肉の 3 倍重量の沸騰水に軟化剤浸漬液と共に全量を投入し、1 分間加熱後、ザルで液切、流水をかけて粗熱を取った。肉をレトルトパウチに 2 切れずつ充填し、固形量の 1/4 重量の 5% 食塩水を注液として注入した。ヘッドスペース（HS）ガスは少量残存している状態でヒートシールした。レトルト殺菌機を用い 121°C で 17 分間加圧加熱殺菌した。

23°C で、2 週間、3 ヶ月、6 ヶ月、9 ヶ月、12 ヶ月保存した。

3. 評価方法

(1) 外観評価

肉の表・裏面の写真撮影は L*, a*, b* 値が特定できる

カラーチャートを同時に撮影した。得られた画像はカラーチャートをもとに色補正を行った。色の補正はアドビシステムズ株式会社の“PhotoShop”で行った。色補正した写真から代表的な色調を示す部位を表裏各3点抽出し、“PhotoShop”を用いてLab値を読み取った。ただし、鶏肉は片面が皮であるため肉面3点とした。また、得られた値より2週間区を基準とし、 ΔE_{ab} 値を算出した。

(2) 硬さ測定

吉村ら¹⁾および貝田ら²⁾の方法を一部改良し、硬さ測定を行った。サンプルの脂身、血管等が無く、さらに筋線維の方向が治具に対して水平方向とならない部位を15×15mmに切り出した。テクスチュロメーター(EZ-S, (株)島津製作所)に円柱型プランジャー(直径10mm)を装着し、100mm/minで歪み率95%まで圧縮した。プランジャーでの破断は筋線維に対して垂直または斜め方向とした。60%(噛みこんだ時の硬さ)までに要した破断エネルギーを硬さとした。ただし、鶏肉は均一なサンプルが得られないことから、機器による測定は行わなかった。

(3) 多汁性測定

内田の方法³⁾を改良し、凍結乾燥法により水分含量を求めた。試料約2~4gを60時間凍結乾燥した後、乾燥前後の重量変化から式1を用いて水分含量を求めた(n=5)。

$$\text{水分含量(\%)} = \frac{\text{乾燥前の試料重量(g)} - \text{乾燥後の試料重量(g)}}{\text{乾燥前の試料重量(g)}} \times 100 \quad \dots \text{式1}$$

(4) pH測定

固形物(肉)は異なる袋からサンプリングし(n=5)、2倍希釈となるよう水を加え、滑らかになるまでホモジナイズした後、30分間以上放置した。堀場製作所製pHメーターを用いてpHを測定した。

(5) 官能評価

東洋食品研究所に所属する男女をパネルとして官能評価を行った。パネル人数は機器による硬さ測定を実施する牛・豚肉は7名とし、機器測定が困難な鶏肉については9名とした。二元配置分散分析によりパネル間の誤差とサンプルに起因する差を分けて解析できるようにするため官能評価はそれぞれの肉に対して毎回同じ人に評価してもらうこととした。

基準品を設けず評価者の尺度で総合的に評価した。複数回噛んだ後の総合的な硬さまたは多汁性の評価については、次の基準で行った。硬い、または多汁性に欠けていれば負の点数、軟らかい、または多汁性に富んでいれば正の点数で-5~+5の範囲で評点を得、0点は「どちらでもない」とした。

(6) 解析

得られた測定データはt-検定および一元配置分散分析を行った。また、官能評価結果については二元配置分散分析を行った。分散分析で有意な差が見られたものについてTukey-Kramer(全群比較)またはDunnett(2週間区との比較)の多重比較検定により統計解析を行った。Tukey-Kramer法で有意差の生じた結果には異なる符号を、Dunnett法では*(*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ****:p<0.0001)を付した。有意差のない結果には同じ符号もしくはn.s.とした。また、平均値の比較のためグラフでは標準誤差(SEM)を用いた。

Ⅲ. 結果および考察

1. 牛肉

外観を写真1に示す。軟化剤処理したものは処理無と比較して赤味が強かった。このことはa*値にも表れており(図1)、処理無が最も低く、処理弱および強は同程度であった。また、保存期間中の変化は6ヶ月程度まで徐々にa*値が高くなったが、それ以降ほとんど変化は見られなかった。

100℃以下の加熱の場合、肉の赤色色素であるミオグロビンは肉のpHが5.6よりも7.4で安定であると報告されており^{4,5)}、処理によって肉のpHはpH6.0以上となり熱変性するミオグロビンの割合が小さくなった結果、肉内部の赤味が強くなったと考えられる。そのため、レトルト殺菌を施したサンプルにおいても軟化剤処理強度が強いほどpHが高い(12ヶ月区無:pH5.7, 弱:pH6.3, 強:pH6.9)ため肉の赤色が安定となりa*値が高くなったと推察される。

図2に硬さの経時変化をエネルギー値で示した。軟化剤処理を行ったサンプルは6ヶ月もしくは9ヶ月経過後からエネルギー値が低下し、6ヶ月経過後から経時的に軟らかくなっていくことが確認された。この経時変化は官能評価では有意な差は認められなかったが、傾向は見られた。12ヶ月保存後は無・弱の差は縮まったものの、処理強が最も軟らかいことは維持されていた。

図3に肉の水分含量の経時変化を示した。軟化剤処理無では経時的に水分含量が低下傾向にあった。一方、処理を施した場合、経時的にも水分含量の大きな変動は見られなかった。また、12ヶ月保存後も処理強度が強いほど水分含量は高かった。

図4に肉のpHの経時変化を示した。12ヶ月保存後も処理強度が強いほどpHは高かったが、pHの変化は処理無において経時的に僅かに低下していた。このpHの低下が処理無において経時的に水分含量が低下していた一因である可能性が示唆された。右田⁶⁾は肉のpHと保水性の関係について報告している。タンパク分子のもつ正味の電荷(net charge)はタンパク分子が水をひきつける作用を与

えると同時にタンパク分子に静電的な斥力を与え筋線維同士の反発により構造をゆるめ空間ができる効果がある。正味の電荷が増加すれば空間に水が入り込むため保水性は増すと考えられる。一般的に加熱した食肉のpHは5.8～6.4であり、肉の等電点付近（正味の電荷はゼロ）であるため保水性が最も低くなる。一方、等電点より遠ざかる、すなわち正味の電荷が増加するにつれ保水性が増すが、特に加熱前のpH調整は効果が高く、加熱後のpHも保水力に影響を及ぼすようである。

官能評価の結果を図5, 6に示した。処理強度の違いが維持されているか確認するため基準品を設けず評価者の尺

度で総合的に評価した結果、12ヶ月保存後も処理強度が強い場合、処理無・弱より軟らかく（図5）官能的にも識別でき、2週間区で見られた傾向を維持していることが確認された。このことは機器測定の結果とも一致していた（図2）。さらに多汁感を評価した結果、処理無・弱と比較して処理強で有意に多汁感が識別された（図6）。処理強度が強くなるにつれ水分含量は高くなっている（図3）ことから、官能的に多汁感が識別されるためにはある一定以上の水分含量が必要と推察される。官能評価（図5）と水分含量（図3）の結果は一致していた。多汁性に関しては経時的な変化は殆ど見られなかった。

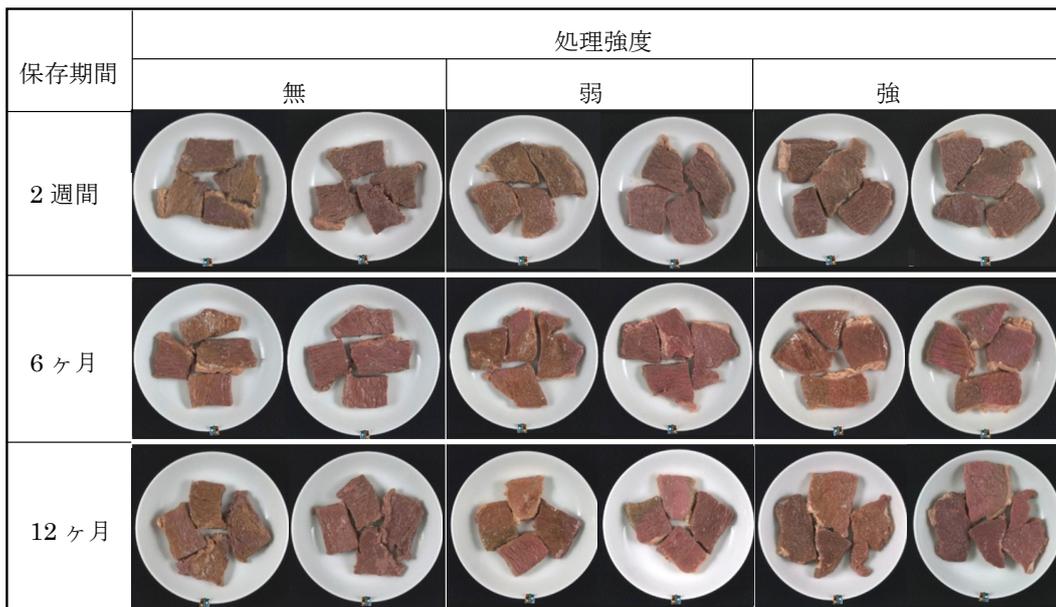


写真1 牛肉の外観写真

左：表面，右：裏面

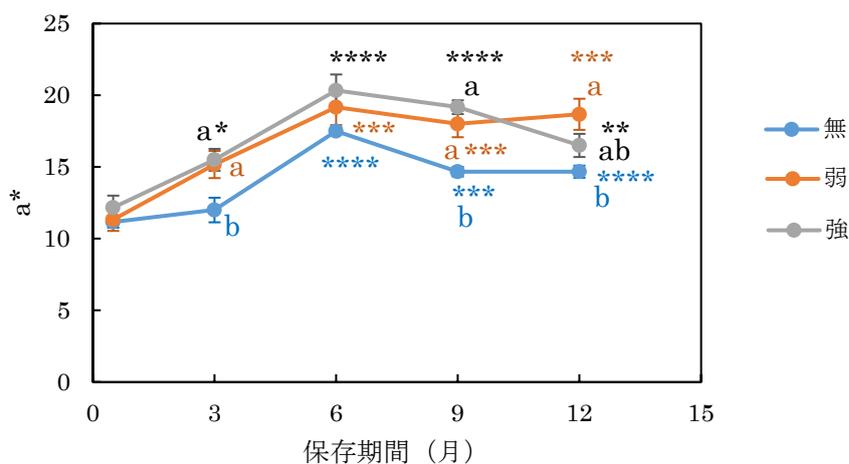


図1 a* 値の経時変化

経時変化：Dunnettの多重比較検定，*：p<0.05，**：p<0.01，***：p<0.001，n=6，vs 2週間
各保存期間における処理強度の比較：Tukey-Kramer，異符号間で有意差あり，n=6
Mean ± SEM

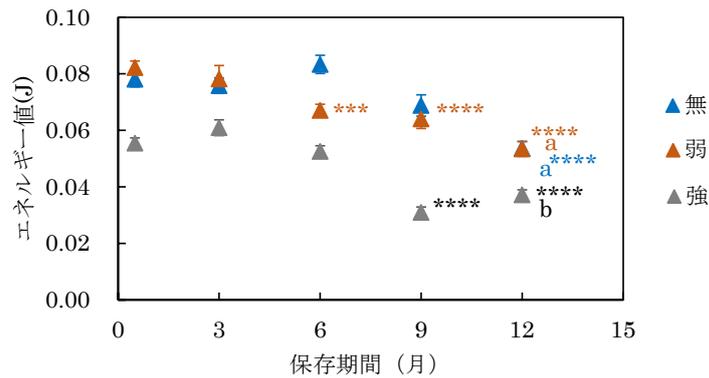


図2 牛肉の破断エネルギー値の経時変化

Dunnettの多重比較検定, *:p<0.05, n=27-58, vs 2週間

12ヶ月保存後における処理強度の比較: Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり, n=27-35
Mean ± SEM

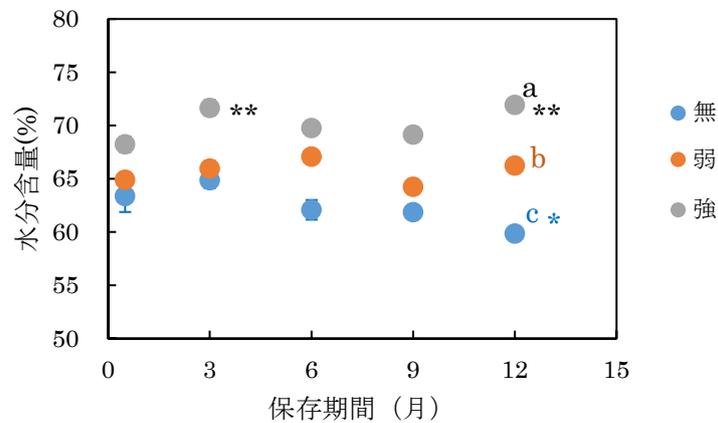


図3 牛肉の水分含量の経時変化

Dunnettの多重比較検定, *:p<0.05, **:p<0.01, n=5, vs 2週間

12ヶ月保存後における処理強度の比較: Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり, n=5
Mean ± SEM

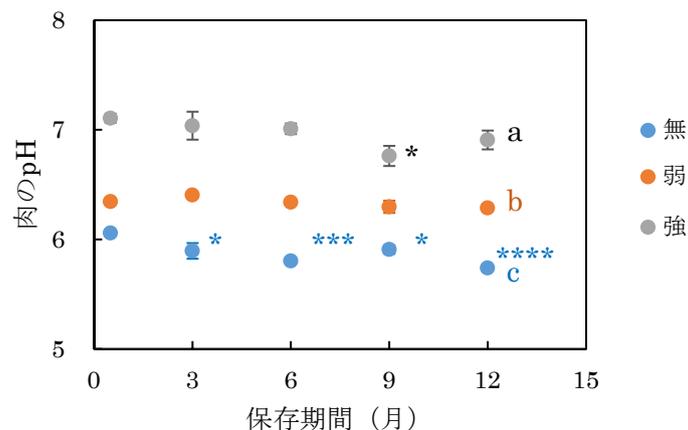


図4 牛肉のpHの経時変化

Dunnettの多重比較検定, *:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ****:p<0.0001, n=5, vs 2週間

12ヶ月保存後における処理強度の比較: Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり, n=5
Mean ± SEM

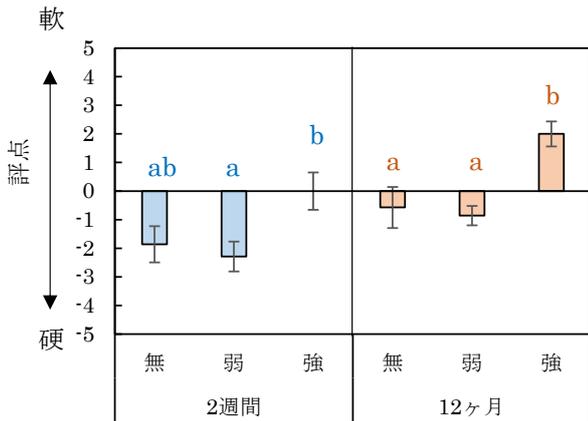


図5 2週間および12ヶ月保存後の牛肉硬さの官能評価結果(処理強度の比較)

総合評価, パネル数: 7, Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり, Mean ± SEM

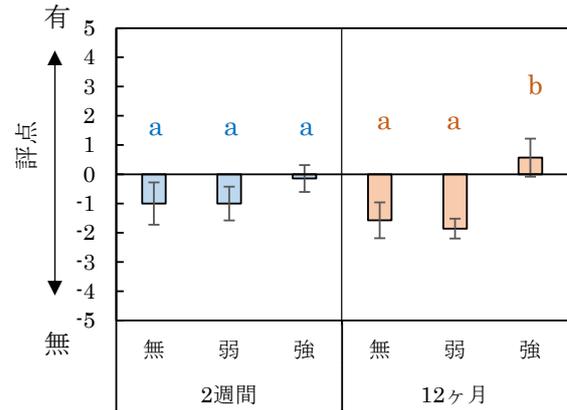


図6 2週間および12ヶ月保存後の牛肉多汁性の官能評価結果(処理強度の比較)

総合評価, パネル数: 7, Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり, Mean ± SEM

2. 豚肉

外観を写真2に示す。豚肉は牛肉と異なり軟化剤処理の有無で色調差はほとんど見られなかった。このことはa*値にも表れていた(図7)。保存期間中の変化は概ね6ヶ月まで徐々に赤味が増しa*値が高くなったが、それ以降ほとんど変化は見られなかった。

図8に硬さの経時変化をエネルギー値で示した。軟化剤処理を行ったサンプルはエネルギー値が低下し経時的に軟らかくなっていることが確認された。また、軟化剤処理していないサンプルも12ヶ月区で急激に軟化し、弱との差が無くなっているが、この点についてはさらに保存を継続し、同様の傾向が見られるのか確かめる必要がある。しかし、12ヶ月保存後も牛肉と同様に処理強度が強いサンプルは軟らかく処理効果を維持されていた。

図9に肉の水分含量の経時変化を示した。全ての処理強度において経時的にも水分含量の大きな変動は見られず、また、12ヶ月保存後も処理強度が強いほど水分含量は高かった。

図10に肉のpHの経時変化を示した。経時的な変化は認められず、また、12ヶ月保存後も処理強度が強いほどpHは高かった。

官能評価の結果を図11, 12に示した。硬さ、多汁性共に官能的に明確に識別できるほどの経時変化は殆ど見られなかった。また、機器による測定では12ヶ月保存後も処理強度が強い場合、硬さ及び多汁性の測定結果(図8, 9)は明確に肉が軟化していることおよび水分含量が高いことを示している。しかし、官能的に明確に認識されるほどではなかった(図11, 12)。



写真2 豚肉の外観写真

左: 表面, 右: 裏面

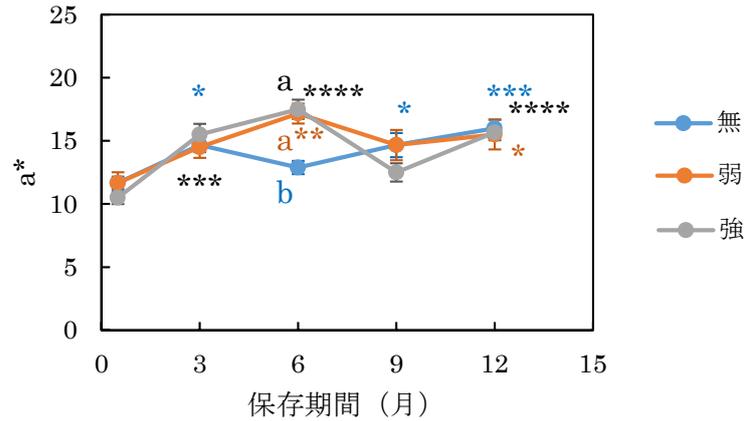


図7 a* 値の経時変化

経時変化: Dunnetの多重比較検定 *:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ****:p<0.0001, n=6, vs 2週間
 各保存期間における処理強度の比較: Tukey-Kramer, n.s., n=6, Mean ± SEM

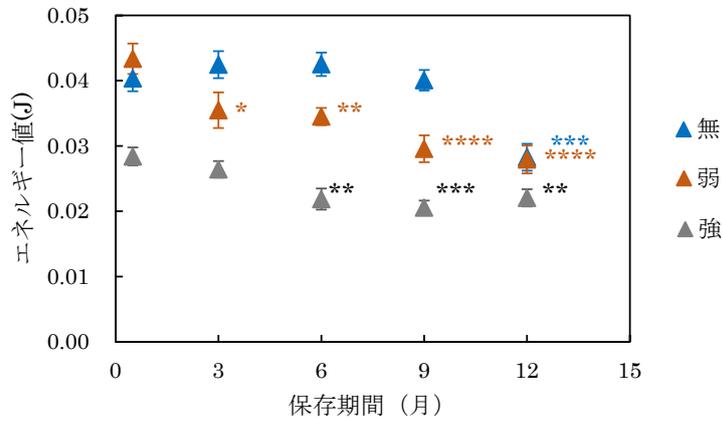


図8 豚肉の破断エネルギー値の経時変化

経時変化: Dunnetの多重比較検定 *:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ****:p<0.0001, n=26-39, vs 2週間
 12ヶ月保存後における処理強度の比較: n.s., n=27-28 Mean ± SEM

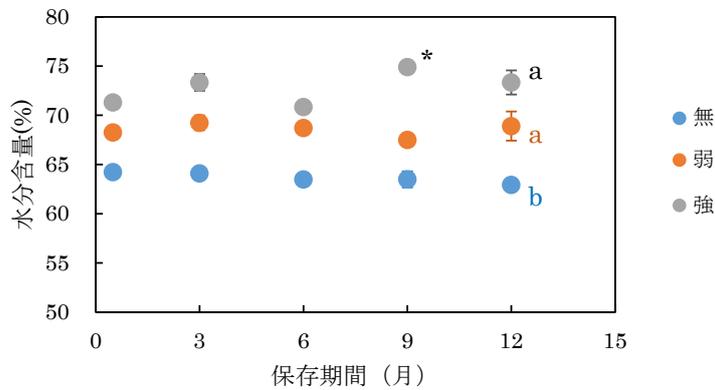


図9 豚肉の水分含量の経時変化

Dunnetの多重比較検定 *:p<0.05, n=5, vs 2週間
 12ヶ月保存後における処理強度の比較: Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり, n=5 Mean ± SEM

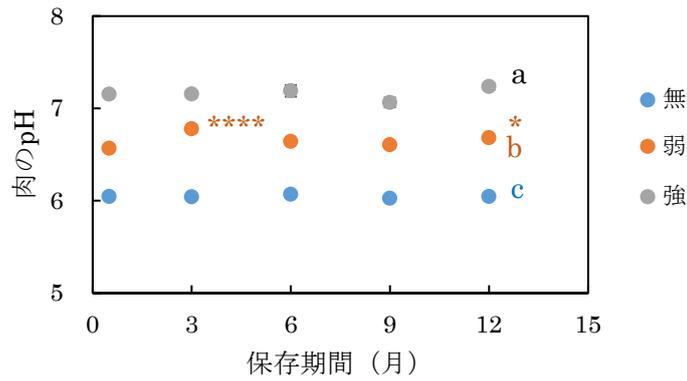


図 10 豚肉の pH の経時変化

Dunnet の多重比較検定 *:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ****:p<0.0001, n=5, vs 2週間 Mean ± SEM

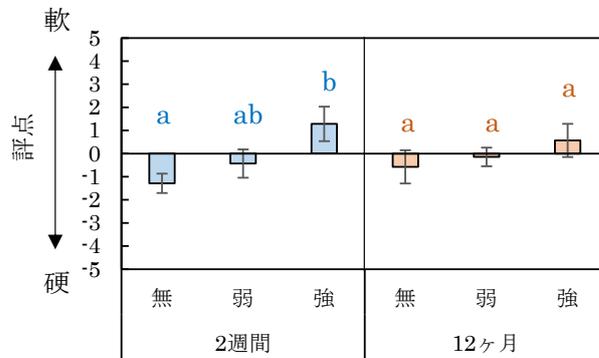


図 11 2 週間および 12 ヶ月保存後の豚肉硬さの官能評価結果 (処理強度の比較)

総合評価・基準無, パネル数: 7, Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり, Mean ± SEM

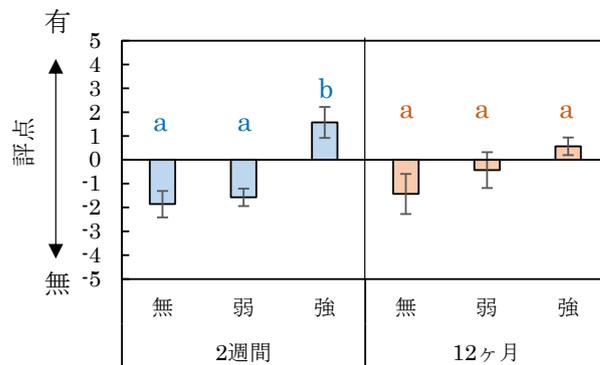


図 12 2 週間および 12 ヶ月保存後の豚肉多汁性の官能評価結果 (処理強度の比較)

総合評価・基準無, パネル数: 7, Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり, Mean ± SEM

3. 鶏肉

外観を写真3に示す。処理無では鮮やかな桃色又は暗色であったが、処理強度が強くなるにつれ透明感のある暗赤色となった。a*値も処理無は高く、保存期間中の変化は他の肉と同様に6ヶ月まで経時的に高くなり、その後の変化は見られなかった(図13)。また、処理強度が強い場合、最も暗赤色となりa*値も低かった。

図14に肉の水分含量の経時変化を示した。処理無では6ヶ月まで経時的に水分含量が高くなり以後殆ど変化は見られないが、処理した区はどちらも最初から殆ど変化が見られなかった。また、12ヶ月保存後も軟化剤処理無と比較して処理弱・強は終始水分含量が高かった。弱・強の間

では差は殆ど見られなかった。鶏肉の場合、軟化剤処理強度よりも処理の有無による差の方が大きい結果となった。

図15に肉のpHの経時変化を示した。12ヶ月保存後は2週間区より0.1~0.3程度低下した。また、12ヶ月保存後も処理強度が強いほどpHは高かった。

官能評価の結果を図16, 17に示した。処理無は経時的に軟らかく多汁感が増す傾向にあるものの、処理を施したサンプルは大きな経時変化は見られなかった。しかし、12ヶ月保存後も処理強度が強いほど軟らかいと認識される傾向にあったが(図16)、多汁性については3者で顕著な差は見られなかった(図17)。



写真3 鶏肉の外観写真

左：肉面，右：皮面

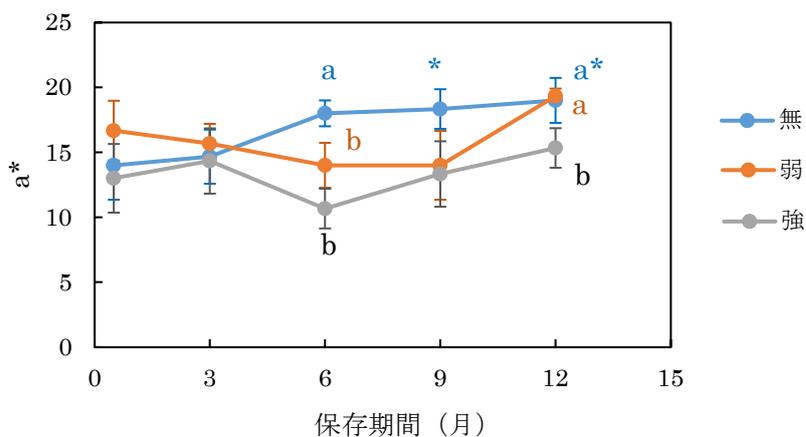


図13 a* 値の経時変化

経時変化：Dunnettの多重比較検定，*:p<0.05，**:p<0.01，***:p<0.001，n=3，vs 2週間
各保存期間における処理強度の比較：Tukey-Kramer，異符号間で有意差あり，n=3
Mean ± SEM

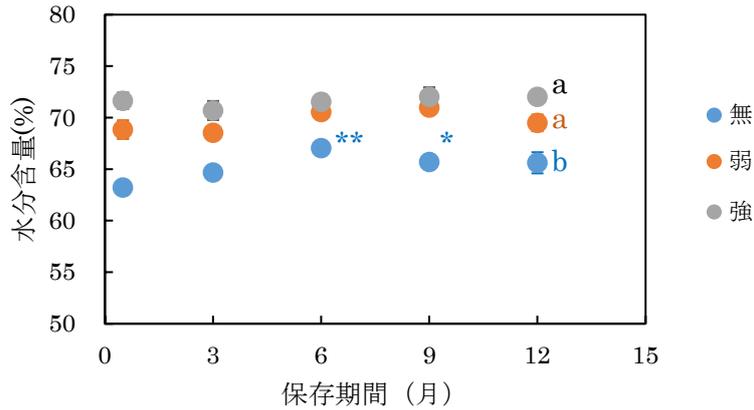


図 14 鶏肉の水分含量の経時変化

Dunnet の多重比較検定, *:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, n=5, vs 2 週間
12 ヶ月保存後における処理強度の比較: Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり, n=5
Mean ± SEM

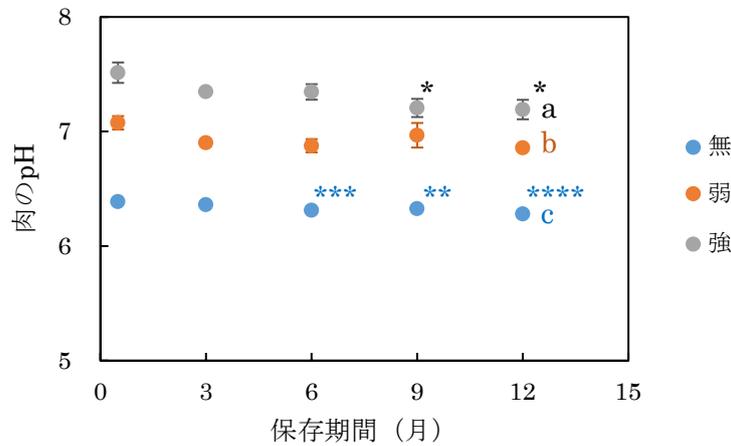


図 15 鶏肉の pH の経時変化

Dunnet の多重比較検定, *:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, n=5, vs 2 週間
12 ヶ月保存後における処理強度の比較: Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり, n=5
Mean ± SEM

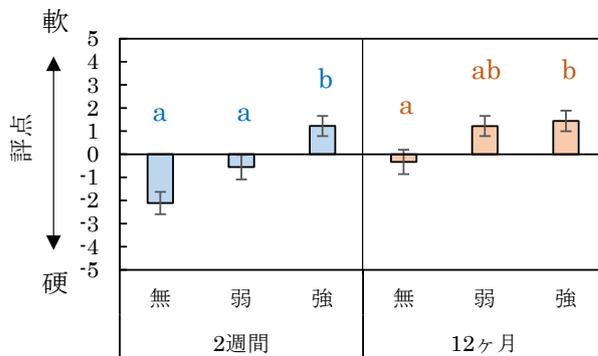


図 16 2 週間および 12 ヶ月保存後の鶏肉硬さの官能評価結果 (処理強度の比較)

総合評価・基準無, パネル数: 9, Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり,
Mean ± SEM

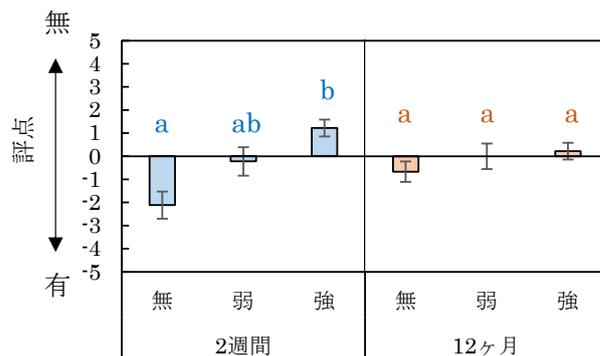


図 17 2 週間および 12 ヶ月保存後の鶏肉多汁性の官能評価結果 (処理強度の比較)

総合評価・基準無, パネル数: 9, Tukey-Kramer, 異符号間で有意差あり,
Mean ± SEM

IV. まとめ

レトルト殺菌後の畜肉の肉質改良方法としての軟化剤を用いた前処理技術の効果の持続性について確認した。

1. 牛肉

処理強度が強い場合、軟らかく水分含量も高く、12 ヶ月保存後も軟化剤処理効果を官能的に識別できる程度に維持していた。また、同一処理サンプル間の経時変化の結果では全体的に6 ヶ月経過後から軟らかくなっていたが、官能的に有意に識別できるレベルではなかった。

2. 豚肉

機器測定では処理強度が強いほど軟らかく水分含量は高い結果が得られた。12 ヶ月保存後も処理効果が維持されていたことを確認した。しかし、官能的には有意差は得られなかったものの、それらの傾向は見られた。経時的に徐々に軟らかくなったが、水分含量の変化は認められなかった。

3. 鶏肉

処理無では鮮やかな桃色又は暗色であったが、処理強度が強くなるにつれ透明感のある暗赤色となった。それは保存期間が長くなるほど顕著であった。

12 ヶ月保存後も処理強度が強いほど軟らかい傾向にあった。同一処理を施したサンプル間の比較では経時的な変化はほとんど認められなかった。水分含量は処理弱・強の間で差はほとんどなかったが軟化剤処理無と比較すると水分含量が高く、軟化剤処理の強度よりも処理の有無による差の方が大きかった。しかし官能的に処理の有無を明確に識別できるほどの多汁感の差ではなかった。

これらのことから、牛・豚・鶏肉において12 ヶ月保存

後も軟化剤による処理効果は官能的に識別されない場合はあったが、概ね持続していることが確認できた。

参考文献

- 1) 吉村美紀, 大矢 春, 藤村 庄, 渡辺敏郎, 横山真弓, 天然シカ肉加工品の物性および嗜好性に及ぼす多穀麴添加の影響, *食科工*, **58**(11): 517-524 (2011)
- 2) 貝田さおり, 玉川雅章, 渋川祥子, 牛肉の熱板焼き調理における最適加熱条件, *日本家政学会誌*, **50**(2): 147-154 (1999)
- 3) 内田仙二, サイレージの乾物含量並びに飼料価値の評価に関する研究 VI, 水分定量のためのトルエン蒸留法, 凍結乾燥法及びガスクロマトグラフィーの評価と応用, *日草誌*, **39**(2): 155 - 161(1993)
- 4) Livingston D. J., Brown W. D., The chemistry of myoglobin and its reactions. *Food Technology*, **35**, 238-252 (1981).
- 5) Gotoh T., Shikama K., Autoxidation of native oxymyoglobin from bovine heart muscle. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **163**, 476-481 (1974)
- 6) 右田正男, 食品タンパク質と水, *日本食品工業学会誌*, **13**(9): 395-401(1966)