

【原著論文(一般論文)】

ベーコン塩漬期間中のアズキ煮汁抽出物の浸透について

島田 謙一郎, 高橋 佑佳, 韓 圭鎬, 三上 奈々, 永田 龍二, 福島 道広

国立大学法人帯広畜産大学, 北海道帯広市 080-8555

(2022.4.17 受付, 2022.5.12 受理)

要 約

製餡工程で廃棄されていたアズキ煮汁の抽出物には抗酸化性を示すポリフェノールが含まれている。食肉製品には脂質が多く、脂質酸化が製品の品質に影響を及ぼす可能性がある。そこで、塩漬(乾塩漬)時にこのアズキ煮汁抽出物(AE)を用いた場合にポリフェノールが肉製品の内部にどの程度浸透するかバラ肉を用いて調べた。市販のAEを入手し、豚バラ肉に対して食塩、砂糖、グルタミン酸塩および重合リン酸塩からなる塩漬剤を擦り込んだモデルベーコンを対照区とし、これにAEを1%添加したものを処理区した。指定の期間、塩漬処理した後、バラ肉を表面部と芯部分け、それぞれポリフェノールの定量および色調の測定を行った。塩漬後のバラ肉中のポリフェノールを定量する際の試料の前処理法を検討したところ、有機溶媒を用いた処理が有効であることを確認した。肉表面および芯部のポリフェノール濃度は塩漬9日で最大となったが、芯部と表面部のポリフェノールの濃度差は塩漬14日には最も小さくなった。色調は塩漬期間の延長に伴い、 a^* 値が脂肪の芯部および表面部で上昇し、 L^* 値は赤肉および脂肪の芯部および表面部のいずれも減少した。 b^* 値は赤肉の芯部のみ低下した。以上の結果より、塩漬2週間後には、AE由来のポリフェノールが内部によく浸透しており、そのため、明度の低下や赤色度の増加など色調にも影響を及ぼすことが明らかとなった。

食肉の科学 **63**(1), xxx-xxx, 2022

キーワード：バラ肉, 乾塩漬, アズキ煮汁抽出物, ポリフェノール

緒 言

日本におけるアズキ(小豆)の収穫量(2021年)は4万2,200tで、主要な生産地である北海道は約93%を占めている¹⁾。北海道における小豆の生産量は68.8%であり約7割の生産量となっている²⁾。このように昔から国内の主要産地であり、地元産の小豆で製餡を行う企業も多くある。製餡工程で廃棄されていたアズキ煮汁は以前から問題となっていたが、その抽出物に多くのポリフェノールが多く含まれている。実際に、アズキ(小豆)(*Vigna angularis*)にはアントシアニンを含んだポリフェノールが含まれ³⁾、その他にカテキン類、クロロゲン酸なども含まれている^{4,5)}。アズキ抽出物は酸化ストレスの増加やマクロファージ浸潤を抑制することが報告されている^{6,7)}。製餡過程で生じる煮汁にも様々なポリフェノールが含まれていることが知られており、最近、食品素材としてアズキ煮汁の抽出物(AE)が開発され、市

販されている。食肉製品には脂質が多く含まれるため、脂質の酸化は製品の品質へ影響を及ぼす。近年、食品にはジブチルヒドロキシトルエン(BHT)、ブチルヒドロキシアニソール(BHA)などの合成抗酸化剤なども用いられるが体外への排出時間が長い、発ガン性などの問題が指摘されている。消費者は合成抗酸化物質の安全性に対する懸念から、天然物由来の抗酸化剤が好まれる傾向にある⁸⁾。我々はこのAEに含まれるポリフェノール(アントシアニン、プロトカテキン酸、ケルセチン、カテキン、フェルラ酸、カフェイン酸を含む⁹⁾)の酸化防止効果を期待し、製品の品質保持の目的のためクックドソーセージに添加したところ、AEが0.2%の添加量で製品の色調や臭いに多少、影響を及ぼすものの、他には影響を与えないことを明らかにしている¹⁰⁾。しかし、まだハムやベーコンなどの単身品での効果は検証していない。そこで本研究では塩漬(乾塩漬)時にAEに

連絡者：島田謙一郎 (fax:0155-49-5577, e-mail: kshimada@obihiro.ac.jp)

含まれるポリフェノールの肉製品内部への浸透度と塩漬期間との関係を明らかにするとともに、色調への影響についても検討を行った。

材料および方法

アズキ煮汁抽出物

コスモ食品（東京）より入手した市販の AE を実験に用いた。100 g あたりの組成はポリフェノール 13.7 g, 水分 4.3 g, タンパク質 2.9 g, 脂質 0.4 g, 灰分 9.2 g および炭水化物 54.7 g であった。

モデルベーコンの塩漬

対照区は豚バラ肉（通常の 3 元交配 (LWD) 豚を使用）に重量比で、食塩 2.0%, 砂糖 0.5%, グルタミン酸ナトリウム 0.4% および重合リン酸塩 (N2, 武田薬品工業, 大阪) 0.4% 相当量を含む塩漬剤を擦り込み、ラップで包んで 4°C で乾塩漬を行った。添加区は、対照区の塩漬剤組成に AE を 1% 添加して同様に乾塩漬を行った。塩漬期間中 (0, 1, 3, 5, 7, 9, 12, 14 日) は、1 日に 1 回上下反転を行い、塩漬終了後に、流水で 30 秒間洗ってから表面をペーパータオルで拭取った。

ポリフェノールの定量および色調の測定

表面から 1 cm を切り取った部分を表面とし、残った部分を芯部とした。ポリフェノールの定量では、除タンパク質する必要があるため、予め加熱処理¹¹⁾と有機溶媒処理¹²⁾の 2 種類で前処理する方法を比較した。塩漬後、表面部と芯部のポリフェノールは Folin-Ciocalteu 法¹³⁾で定量し、標準物質はカテキンを用いた。表面部および芯部の赤肉と脂肪部の色調は、分光測色計 (CM-5, コニカミノルタ, 東京) を用いて L* (明度), a* (赤色度), b* (黄色度) を測定した。

統計処理

ポリフェノール濃度と色調においては、多重比較検定は SAS の Tukey 多重比較検定を用い、2 群間の比較にはスチューデント t 検定を用いて統計処理を行った。

結果および考察

初めに、塩漬する前の豚バラ肉で加熱処理と有機溶媒処理の 2 種類の方法で前処理し、ポリフェノールを測定したところ、加熱処理が 1.19 ± 0.03 mg/g で、有機溶媒処理は 0.71 ± 0.05 mg/g であった (図表はなし)。本来、豚肉はポリフェノールを含んでおらず、0 に近い値となるべきであるが、いずれも偽陽性物質が検出された。しかし、有機溶媒処理の方が比較的、偽陽性物質の検

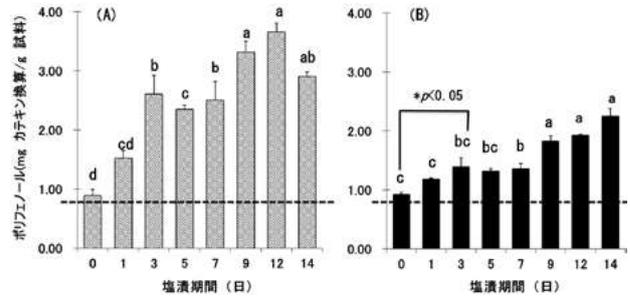


図 1 塩漬期間に伴うポリフェノール濃度の変化

(A) は表面部、(B) は芯部の結果を示す。横軸は塩漬期間、縦軸はポリフェノール濃度を示し、異なるアルファベットは Turkey 多重比較検定による有意差 ($P < 0.05$) を示す。点線は、本文中で述べた偽陽性濃度を示す。(B) において 2 点を線でつないだ $*P < 0.05$ の表示は 2 群間の t 検定の結果を示す。値は平均値 ± 標準偏差 (n=3) で示した。

出が少ないことから、ポリフェノールの定量では、前処理法として有機溶媒処理を採用することとした。

次に、AE の浸漬度と塩漬期間との関係を明らかにするため、各塩漬期間後の表面部および芯部のポリフェノール濃度の変化は調べた (図 1)。その結果、表面部では塩漬 3 日目以降開始時と比べてポリフェノールが有意に増加していた ($P < 0.05$)。また、芯部でも開始時と比べて有意なポリフェノールの増加がみられた ($P < 0.05$)。表面部のポリフェノールは塩漬 9 日目で最大となり、その傾向は、芯部でも同様であった。しかし、表面部のポリフェノールは芯部に比べて高かったが、塩漬 14 日目では、塩漬開始 1 日目以降の中で両部の差が小さいため、塩漬期間が 14 日間であれば、ポリフェノールは芯部によく浸透すると思われる。Katoh と Nakamura らは、ピクル液で塩漬した豚ロース肉中の食塩が 2 週間 (14 日間) で十分に浸透すると報告していることから¹⁴⁾、本研究で得られた結果はそれを支持するものと考えた。

次に色調を測定し、結果を L* 値 (明度) では図 2 に、a* 値 (赤色度) は図 3 に、また b* 値 (黄色度) は図 4 に示す。明度は赤肉の表面部および芯部で、開始時に比べてそれぞれ塩漬 5 日目および 7 日目で有意に低下した ($P < 0.05$)。脂肪の表面部および芯部では、それぞれ塩漬 3 日目および 7 日目で有意に低下した ($P < 0.05$)。赤色度は、赤肉の表面部および芯部では塩漬期間中に変化はみられなかったが、脂肪の表面部および芯部はそれぞれ塩漬 3 日目および 7 日目で有意に増加した ($P < 0.05$)。黄色度は、赤肉の表面部では塩漬期間中に変化がなく、芯部では塩漬 5 日目で有意に低下した ($P < 0.05$)。脂肪の表面部は、赤肉と同様に塩漬中に変化が認められず、芯部も表面部と同様であった。無塩漬ソーセージに 0.2% AE を添加した場合、

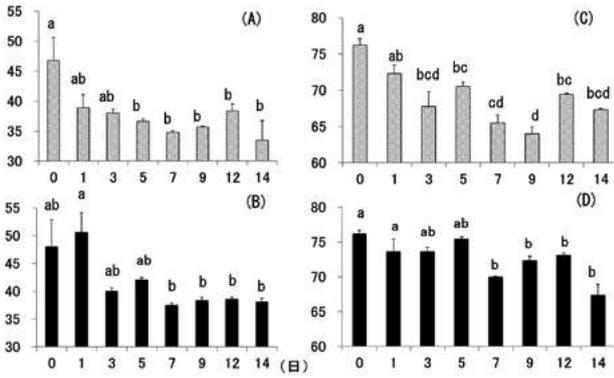


図2 明度 (L* 値) への影響

(A) および (B) は赤肉を, (C) および (D) は脂肪を, (A) および (C) は表面部の L* 値 (黒塗り) を, (B) および (D) は芯部の L* 値 (斜線) を示す。横軸は塩漬期間 (日) を, 縦軸は L* 値を示す。異なるアルファベットは Turkey 多重比較検定による有意差 ($P < 0.05$) を示す。値は平均値 ± 標準偏差 ($n=3$) で示した。

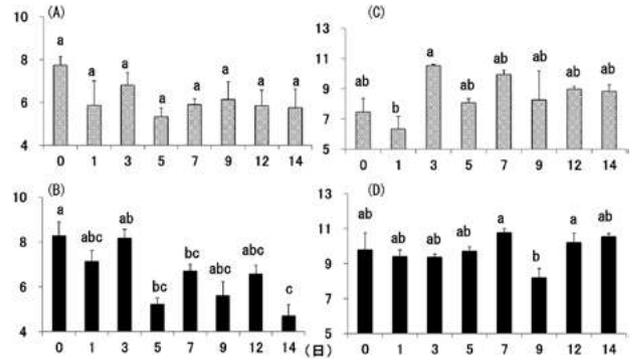


図4 黄色度 (b* 値) への影響

(A) および (B) は赤肉を, (C) および (D) は脂肪を, (A) および (C) は表面部の b* 値 (黒塗り) を, (B) および (D) は芯部の b* 値 (斜線) を示す。横軸は塩漬期間 (日) を, 縦軸は b* 値を示す。異なるアルファベットは Turkey 多重比較検定による有意差 ($P < 0.05$) を示す。値は平均値 ± 標準偏差 ($n=3$) で示した。

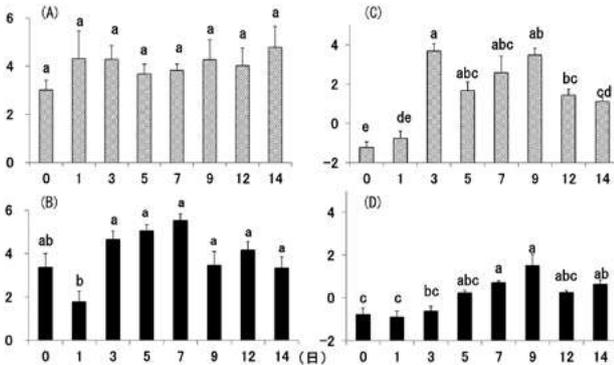


図3 赤色度 (a* 値) への影響

(A) および (B) は赤肉を, (C) および (D) は脂肪を, (A) および (C) は表面部の a* 値 (黒塗り) を, (B) および (D) は芯部の a* 値 (斜線) を示す。横軸は塩漬期間 (日) を, 縦軸は a* 値を示す。異なるアルファベットは Turkey 多重比較検定による有意差 ($P < 0.05$) を示す。値は平均値 ± 標準偏差 ($n=3$) で示した。

明度の低下, 赤色度の増加, 黄色度の低下などの色調変化が確認されており⁹⁾, 今回の結果ともよく一致していた。

これまでの結果をまとめると, AE 中に含まれるポリフェノール濃度と脂肪の赤色度は塩漬期間に伴って増加した。明度は赤肉および脂肪とも塩漬期間に伴って低下し, 黄色度は赤肉の芯部だけ塩漬期間に伴って減少した。これらは AE のポリフェノールにはアントシアニン, プロトカテキン酸, ケルセチン, カテキン, フェルラ酸, カフェイン酸を含むため⁹⁾, 塩漬期間に伴って内部に浸透することで, 製品中のポリフェノールの色素成分が増えて, 全体的に色調を暗くし, 浸透に要する時間は

2 週間であれば十分に浸透することが示唆された。このようにポリフェノールが浸透することによりベーコンを製造する場合に, 早い段階からポリフェノールの酸化防止作用により褐変反応を抑えることが可能かもしれない。

謝辞

本研究は, 文部科学省「地域イノベーションクラスター」の助成により実施した成果の一部である。

参考文献

- 1) 農林水産省. 令和3年産小豆, いんげん及びらっかせい (乾燥子実) の収穫量. https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokutei_sakumotu/attach/pdf/index-7.pdf (令和4年2月28日公表)
- 2) 北海道農政事務所. 小豆及びいんげんの市町村別作付面積及び収穫量 (北海道) (平成23~27年度). <https://www.maff.go.jp/hokkaido/toukei/kikaku/sokuho/r1kouhyou.html#shchouson>
- 3) Yoshida, K., Sato, Y., Okuno, R., Kameda, K., Isobe, M., and Kondo, T., *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **60**, 589-593 (1996)
- 4) Ariga, T., and Hamano, M., *Agric. Biol. Chem.*, **54**, 2499-2504 (1990)
- 5) Ariga, T., Koshiyama, I., and Fukushima, D., *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 2717-2722 (1988)
- 6) Sato S, Mukai Y and Yamate J., *Curr. Nutr. Food Sci.*, **5**, 217-222 (2009)
- 7) Mukai, Y., and Sato, S., *J. Nutr. Biochem.*, **22**, 16-21 (2010)

- 8) Hygreeva, D., Pandey, M.C., and Radhakrishna, K., *Meat Sci.*, **98**, 47-57 (2014)
- 9) Kitano-Okada, T., Ito, A., Koide, A., Nakamura, Y., Han, K.-Y., Shimada, K., Sasaki, K., Ohba, K., Shibayama, S. and Fukushima, M., *J. Sci. Food Agric.*, **92**, 2644-2651 (2012)
- 10) Jayawardana, B. C., Hirano, T., Han, K.-H., Ishii, H., Okada, T., Shibayama, S., Fukushima, M., Sekikawa, M. and Shimada, K., Utilization of adzuki bean extract as a natural antioxidant in cured and uncured cooked pork sausages. *Meat Sci.*, **89**, 150-153 (2011)
- 11) Sekikawa, M., Shimada, K., Fukushima, M., Ishikawa, M., Wakamatsu, J. and Mikami, M., *Food Chem.*, **69**, 315-318 (2000)
- 12) Devatkal, S.K., Narsaiah, K. and Borah, A., *Meat Sci.*, **85**, 155-159 (2010)
- 13) Singleton, V. L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R. M., *Meth. Enzymol.*, **299**, 152-158 (1999)
- 14) Katoh, K. and Nakamura, M., *Jpn. J. Zootech. Sci.*, **59**, 99-103 (1988)

Absorption of adzuki bean extract into pork belly during dry-curing

Kenichiro SHIMADA, Yuka TAKAHASHI, Kyu-Ho HAN, Nana MIKAMI, Ryuji NAGATA,
Michihiro FUKUSHIMA

Department of Life and Animal Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555,
Japan

Abstract

Adzuki bean extract (AE) prepared from the water fraction that is discarded after the simmering process of sweetened bean paste contains several bioactive ingredients, such as polyphenols and fibers. Meat products have a high lipid concentration and lipid oxidation can affect product quality. The antioxidant properties of AE were reported to be comparable to those of synthetic antioxidants when added at a 0.2% concentration to cooked pork sausage. However, the time required for internal absorption is not known for dry-curing in the production of the ham and bacon. Therefore, we investigated the time required for AE distribution into pork belly and the effect of AE on color values during dry-curing. The preferred pretreatment with organic solvent was used for polyphenol determination. Dry-curing with a curing agent containing 1% AE increased the polyphenol concentration in the core of the pork belly, and the difference in concentration between the surface and core was the smallest at 14 days of curing. Redness (a^*) values in the surface and core fatty portions increased with curing period. Lightness (L^*) values in the surface and core of the lean and fat portions decreased with curing period. Yellowness (b^*) values in the core lean portion decreased with curing period. Therefore, the polyphenols in AE were considered to be sufficiently absorbed into the core portion after 14 days of dry-curing to change to dark color in the pork belly.

Japanese Journal of Meat Science and Technology, **63**(1), xxx-xxx, 2022

Key words: pork belly, dry-curing, adzuki bean extract, polyphenol