

小豆餡製造時の渋切処理における海洋深層水の利活用

Utilization of deep seawater in the astringency removal process of red bean paste production

山田勝久・柴田雄次

Katsuhisa YAMADA, and Yuji SHIBATA

Abstract

Deep seawater (DSW) is one of sustainable resources. There are 15 stations for pumping up it in Japan and it is utilized in many kinds of fields now. DSW has the specific position different from other sustainable resources because there are many kinds of useful substances for human life in it in addition to the cold energy. Today, we can see many kinds of souvenir food products using DSW in the local areas where DSW is pumped, however there is little scientific evidence of the utility value of DSW, particularly in the confectionery field. Therefore, the aim of this study is to investigate the value of DSW utilization in the production of red bean paste which was universally used in confectionery. In this process, DSW was utilized in the removal of astringent substances from red beans, which is important in producing red bean paste. As a result, it was suggested that DSW was able to successfully remove astringent substances from red beans while also increasing softness and preventing discoloration; effects which were superior to using salt water of the same concentration.

Key Words: Astringency substance, color retention, confectionery, SDGs, softening of beans

要 旨

海洋深層水 (DSW) は持続可能な冷熱エネルギー源である。それは全国15箇所で取水されて、様々な分野で幅広く利活用されている。また冷熱エネルギー以外にも人類の生活に有用な物質が多様に含まれていることから、再生可能自然エネルギー資源の中でも特異な位置付けにある。DSWの取水地域では食品の土産物としてDSWを利活用した菓子類をよく見かけるが、その利活用意義を示す科学的な知見は見あたらない。そこで本研究では、菓子類を構成する材料として広く用いられている小豆餡の製造におけるDSWの利活用意義を調査することを目的として、小豆餡製造時の重要な工程である渋切処理にDSWを供した。その結果、DSWは小豆餡製造時の軟化を促進すると共に色調低下を抑止しつつ渋切効果を発揮すること、そしてそれらの効果は、同濃度に調整した食塩水よりも顕著に優れていることが示唆された。

キーワード: 渋味成分, 色留め, 菓子類, 持続可能な開発目標, 豆の軟化

1. 緒 言

今日、激しい気候変動やこれに伴うと思われる災害が頻繁に世界規模で発生している。この主たる原因を地球温暖化に求められて、化石エネルギーから太陽光、風力、地熱、水力などの自然エネルギーへ

の転換に世界を挙げて傾注していることは周知のとおりである。本研究の対象であるDSWも上述の自然エネルギー同様に再生可能なエネルギー資源である一方、他の自然エネルギー資源とは異なり、その冷熱エネルギーの利用後に残る海水自身にも、水資源、金属類や肥料など、人類が必要とする多種多様

な物質資源が含まれているという一大特徴を持っている。当然のことながらDSWの研究は、再生可能エネルギーとしての利活用に向けた価値検討が先行していて、現在全国15箇所の取水地の中で冷熱エネルギー源として久米島(安永・池上, 2019)や入善(高橋, 2019)では、世界に先駆けて実証段階の利活用研究が進んでいる。冷熱エネルギー資源としての役割を終えたDSWでも、未だ多種多様な有用物質を含む資源としての価値がある。この点に着目して、魚介類の畜養や魚市場の洗浄、衛生管理、そして飲料、酒類、食品や化粧品などの加工品への利活用が対象となっていることは周知のとおりである。その中でも菓子類へのDSWの利活用は、取水地各地の地場産業に普遍的に見ることができる。一般にDSW取水地はいずれも風光明媚な観光地であり、地域特産の伝統的な和菓子も多い。この和菓子へのDSWの利活用研究は、取水地の地域産業の活性化にも直結するので大変意義がある研究の一つであると思われる。一方、古来より和菓子には小豆餡が不可欠な原料とされている(高橋ら, 1954)。小豆餡の主原料である小豆は、今日でも自給率が65%を上回る稀有な豆類なので(公益財団法人日本豆類協会ホームページ)、その積極的な利活用研究に取り組むこともまた意義のある研究課題である。近年、小豆に含まれる成分に健康機能が報告されるようになり(小嶋, 1999)、小豆餡を用いた菓子が、これまでのように単に土産物や嗜好品としてではなく、健康にも寄与する食品になる可能性を秘めている。こうした背景の下、小豆餡製造時にDSWを利活用する意義や利活用された小豆餡に関する科学的な知見について調査してみたところ、それらの知見が全く見られなかったので本研究に着手することにした。本研究の対象となる小豆餡は、一般に小豆を長時間煮熟処理することで軟化したのち、砂糖を添加して得られるが(安部, 1987)、その製造の初期工程として行われる小豆の渋切処理は、主に小豆自身が持つ不快臭や不快味成分の除去を目的として行われ、この処理の善し悪しが仕上がる小豆餡の品質を左右する(畑井, 1976)。今日、大豆の不快味成分として知られるサポニンが(工藤ら, 1992)、小豆にも含

まれることは古くから知られている(高橋・白濱, 1927)。小豆の渋切処理が不快臭や不快味に及ぼす影響については、時友・飯島(1987)がガスクロマトグラフィーや定量ガスクロマトグラフィーによる分析を行い、渋切処理によって煮熟小豆の青臭い臭いが除去され、甘い匂いに変わることを報告している。また、DSWの粉末化物には豆乳中の豆臭さの主要成分であるヘキサナールの削減作用の報告(森田・谷本, 2011)もある。上述のとおり、渋切処理による不快臭や不快味の除去は小豆製餡の大切な工程であるが、渋切処理は即ち煮熟工程なので小豆から水溶性の色素が流出して小豆が持つ鮮やかな色合いを喪失する懸念がある。こうした背景を鑑みて、本研究では渋切処理時にDSWを供し、不快味や色調ならびに小豆の軟化に及ぼす影響を対象に、小豆製餡におけるDSW利活用の科学的な意義を探索することを目的とした。その結果、若干の知見が得られたので本報で報告する。

2. 材料と方法

2.1 小豆の渋切処理に供するDSW濃度の検討

最初に小豆粒の渋切処理に供するDSWの適切な濃度を検討するために、本研究で用意した供試水が渋切処理後の小豆粒の物理的変化に及ぼす影響について検討した。無作為に選出した20粒の小豆粒(エリモ小豆, 2021年十勝産, 村上農場, 本研究では全てこの小豆を用いた)について、予め1粒ずつ精密化学天秤(A&D GX-6100, 研精工業)で重量を計量後、長径、短径、厚みはデジタルノギス(ABSデジタルマチックキャリパ, ミットヨ)で計測したのちピーカーに移し、流水(精製水)で洗浄した。次に時友・飯島ら(1987)の方法に準じて上述の小豆に対して2.5倍量の重量の供試水を加えて、湯浴中、75-85℃で1時間渋切り処理を行った。供試水はDSW(伊豆赤沢, 34°50'19"N, 139°08'11"E, 取水深度800 m, 2022年1月取水後冷蔵保存, 表1)を精製水で0, 0.5, 1.0および2.0% (v/v)になるようにそれぞれ調整したものをを用いた。また比較対照の供試水は、各濃度に調整したDSWに含まれる塩分と同濃度になるように

表1 DSW中のミネラル含有量と食塩相当量(2022年1月取水分)

ミネラル	含有量 (mg/L)
Na	10,500
K	383
Ca	408
Mg	1,270
食塩相当量	26,670

ミネラル分析は、高周波誘導結合プラズマ発光法(ICP)で測定
食塩相当量 = Na量 × 2.54 (内閣府令, 2015)

表2 食塩中のミネラル含有量

ミネラル	含有量 (mg/100 g)
Na	39.16
K	0.094
Ca	0.025
Mg	0.025
塩化ナトリウム	99.53

公財)塩事業センターの分析データより

食塩(表2, 公益財団法人塩事業センター)を精製水に溶解して調製した食塩水を用いた。食塩相当量は、内閣府令第十号食品表示基準附則第二章第一節第一款第三条表栄養成分の量および熱量の表示1の食塩相当量の算出方法(内閣府令, 2015)に従って算出した。上述したように、小豆餡は長時間の煮熟処理を通して小豆粒を軟化させて得られる(安部, 1987)。渋切処理もその工程の一部と考えられることから、渋切処理後の小豆粒の物理的変化について、上述の操作に従って重量および長径、短径、厚みに加えて、レオメーター(RT-3010D-CW, くさび型プランジャー装着, レオテック)で硬度を測定し、上述の操作で得られた結果を総合的に考察して、渋切処理後の小豆粒に対する各供試水の影響を比較検討して渋切処理に供する適切なDSW濃度を判断した。

2.2 適切な濃度のDSWが小豆粒の渋切処理に与える影響

再び無作為に20粒の小豆粒を選出し、2.1で適切と判定された濃度のDSWを小豆粒重量の2.5倍量供して、湯浴中、75-85℃で1時間渋切処理を行ったのち、ザル(400メッシュ, ステンレス製)で小豆粒と渋切液に分けた。この操作を3回行って計60粒の小豆粒を合一、混合した。上述の操作で得られた渋切

液については、渋切効果を確認するために、小豆に含まれる不快味成分の一つである渋切液のサポニン濃度を向井ら(1992)の方法に準じて測定した。一方、渋切処理により渋切液中に小豆の色素成分の流出を想定し、渋切処理した小豆粒の中から無作為に選出した10粒の小豆粒について、色差計(CR400, KONICA MINOLTA)でL*値(明度), a*値(赤緑色), b*値(黄青色)の絶対値を測定し(市川ら, 1998)、渋切処理に供した供試水が小豆粒の色調に及ぼす影響を検討した。なお、2.1で適切と判定された濃度のDSWの代わりに、2.1と同様の操作で調製した食塩水を比較対照として用いた。

2.3 2.1の検討で適切と判断した濃度のDSWで渋切処理した小豆粒で製造した小豆餡の官能評価

新たに100gの小豆粒をザル(400メッシュ, ステンレス製)にとり、流水(精製水)で洗浄後ピーカーに移し、2.1の検討で選ばれた濃度のDSWを250g(小豆粒重量の2.5倍量)供して、湯浴中、75-85℃で1時間渋切処理を行った。処理後は上述のザルに小豆粒を集めた。集めた小豆粒をピーカーに移し、これに上述の小豆粒と等重量(100g)の精製水を新たに加えて、再び湯浴中、75-85℃で1時間加熱して小豆粒を軟化させた。これに30gの上白糖(三井製糖)を加え、均一になるように攪拌しながらさらに湯浴中で30分間、加熱(75-85℃)して小豆餡を製造した。なお、2.1の検討で選ばれた濃度のDSWの代わりに、2.1と同様に調製した食塩水を比較対照として用いた。

上述の2種の供試水を用いて渋切処理して得られた小豆餡を16名(女性:12名, 男性:4名)のインフォームド・コンセントが得られたボランティアモニターに、野村・古谷(2020)の報告を参考にして、小豆餡のざらつき感、舌触り、豆臭さ、風味の4項のパラメータについて、1~5点(満点)の評点で二重盲検比較試験法による官能試験を行った。

2.4 統計処理

本研究では、実験データは平均値±標準偏差で表し、二群の母集団間の差異の検定にはStudent's

t-testによる解析, また三群以上の母集団間の差異の検定には, Tukeyによる多重解析により有意差を判定した。

3. 結 果

3.1 小豆の渋切処理に供するのに適当なDSW濃度

2.1の方法で渋切処理された小豆粒の物理的変化に対する各供試水の影響を調べた結果, 0.5%と1.0% (v/v) DSWおよびそれらと同濃度の塩分に調整した食塩水を供した渋切処理により, 精製水に比べて顕著な ($p < 0.05$) 小豆粒の重量増加がみられた (図1)。なお, 2.0% (v/v) DSWおよびそれと同濃度の塩分に調整した食塩水には重量増加はみられず, 精製水で渋切処理した小豆粒との差異もみられなかった。また小豆粒の大きさについては, 重量増加と同様, 0.5%と1.0% (v/v) DSWで渋切処理した小豆粒の長径は顕著に増大 ($p < 0.05$) したが (図2), 短径と厚さには変化は認められなかった (データ未提示)。次に渋切処理による小豆粒の硬さに及ぼす供試水の影響は, 0.5%および1.0% (v/v) DSWおよびそれらと同濃度の塩分に調整した食塩水を供した渋切処理により, 小豆粒は顕著に ($p < 0.05$) 軟化が促進されたが, 2.0% (v/v) DSWおよびそれと同濃

度の塩分に調整した食塩水を供した渋切処理では, 精製水を供した場合と同様, 小豆粒の軟化促進現象はみられなかった (図3)。これらの結果から, 渋切処理に供する供試水のDSW濃度は, 0.5-1.0% (v/v) が適当であると判断された。

3.2 1.0% (v/v) DSWが小豆の渋切処理に与える影響

3.1の結果から, 以降の研究では供試水に用いるDSW濃度を1.0% (v/v) と定め, これと同濃度の塩分に調整した0.026% (v/v) 食塩水を比較対照として渋切処理に供した。この渋切処理により得られた小豆粒の色調を比較した結果, 1.0% (v/v) DSWで渋切処理した小豆粒の色調は, 比較対照の食塩水に比べて赤色を示す a^* 値が有意に高かった ($p < 0.05$, 図4)。なお, 同時に測定した L^* 値および b^* 値には両者の供試水間に有意な違いはみられなかった。一方, それぞれの供試水で渋切処理した処理液中に含まれるサポニン量を測定した結果, 1.0% (v/v) DSWを供した渋切処理後の液中には比較対照の食塩水を供した渋切処理後の液中に比べて, 顕著に高い濃度のサポニン量が検出された ($p < 0.05$, 図5)。

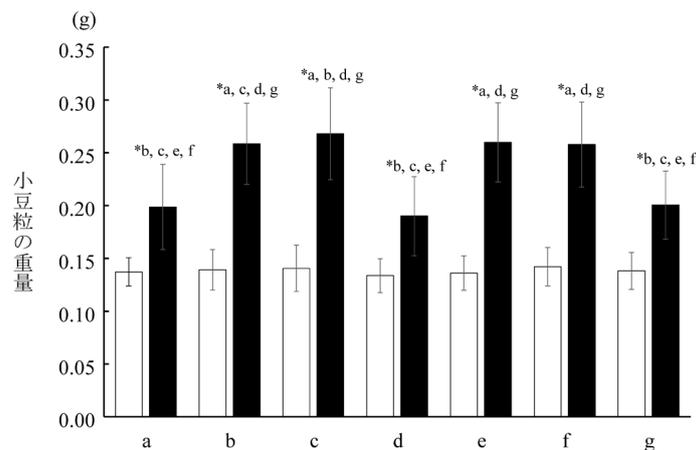


図1 渋切処理後の小豆粒の重量変化に及ぼす供試水の影響

$n = 20$, 各棒グラフは平均値, 各エラーバーは標準偏差を示す。

□: 渋切処理前, ■: 渋切処理後

a: 0% (v/v) DSW, b: 0.5% (v/v) DSW, c: 1.0% (v/v) DSW, d: 2.0% (v/v) DSW, e: 0.013% (w/v) 食塩水, f: 0.026% (w/v) 食塩水, g: 0.052% (w/v) 食塩水をそれぞれ示す。

* $p < 0.05$ は, Turkey法による多重解析の結果, 統計学的な有意差があることを示す。

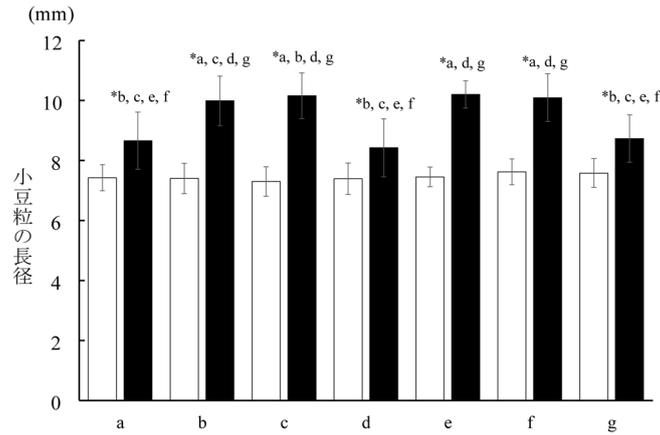


図2 渋切処理後の小豆粒の長径変化に及ぼす供試水の影響

$n=20$, 各棒グラフは平均値, 各エラーバーは標準偏差を示す.

□: 渋切処理前, ■: 渋切処理後

a: 精製水, b: 0.5% (v/v) DSU, c: 1.0% (v/v) DSU, d: 2.0% (v/v) DSU, e: 0.013% (w/v) 食塩水, f: 0.026% (w/v) 食塩水, g: 0.052% (w/v) 食塩水をそれぞれ示す.

* $p<0.05$ は, Turkey法による多重解析の結果, 統計学的な有意差があることを示す.

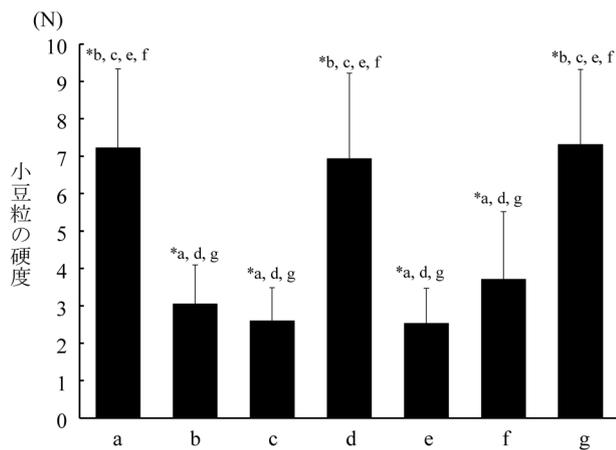


図3 渋切処理後の小豆粒の硬度に及ぼす供試水の影響

$n=20$, 各棒グラフは平均値, 各エラーバーは標準偏差を示す.

a: 精製水, b: 0.5% (v/v) DSU, c: 1.0% (v/v) DSU, d: 2.0% (v/v) DSU, e: 0.013% (w/v) 食塩水, f: 0.026% (w/v) 食塩水, g: 0.052% (w/v) 食塩水をそれぞれ示す.

* $p<0.05$ は, Turkey法による多重解析の結果, 統計学的な有意差があることを示す.

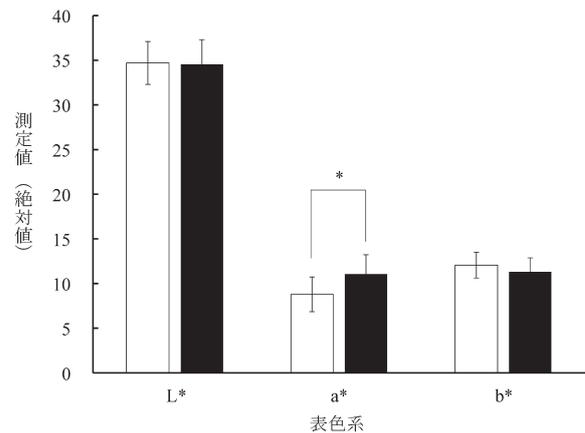


図4 渋切処理におけるDSUの小豆粒の赤色退色防止効果

$n=10$, 各棒グラフは平均値, 各エラーバーは標準偏差を示す.

L*値: 明度, a*値: 赤緑色, b*値: 黄青色をそれぞれ示す.

* $p<0.05$ は, Student's *t*-test法による二群間比較の結果, 統計学的な有意差があることを示す.

□, 0.026% (w/v) 食塩水; ■, 1.0% (v/v) DSU

3.3 1.0% (v/v) DSUで渋切処理した小豆粒で製造した小豆餡の官能評価

1.0% (v/v) DSUを供して渋切処理して得られた小豆餡は, 比較対照の食塩水で渋切処理して得られた小豆餡に比べて赤味が明瞭に強かった (図6). これらの小豆餡を16名のボランティアモニターで食味の官能試験を行った結果, ざらつき感と豆臭さに

は差異はみられなかったが, 舌触りと風味は1.0% (v/v) DSUを供して渋切処理した小豆粒から得られた小豆餡の方が, 比較対照の食塩水で渋切処理した小豆粒から得られた小豆餡よりも有意に ($p<0.05$) 高い評価が得られた (図7).

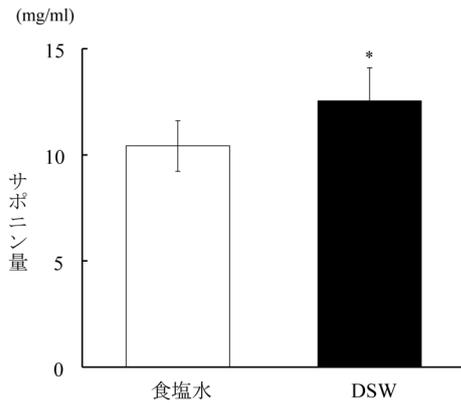


図5 渋切処理におけるDSWによる小豆粒からのサポニン抽出効果

$n=3$, 各棒グラフは平均値, 各エラーバーは標準偏差を示す。* $p<0.05$ は, Student's *t*-test法による二群間比較の結果, 統計学的な有意差があることを示す。

□, 0.026% (w/v) 食塩水; ■, 1.0% (v/v) DSW

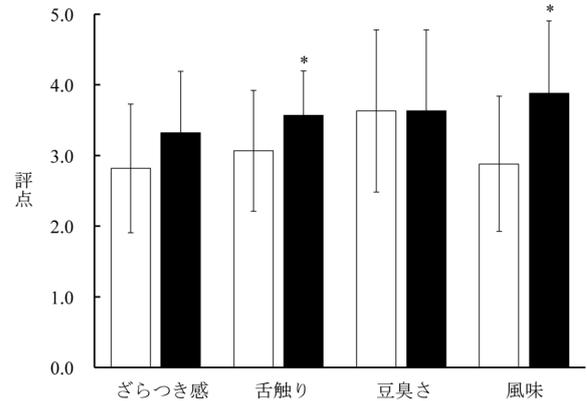


図7 1.0% (v/v) DSWとそれに含まれる同濃度の塩分となる0.026% (w/v) 食塩水で渋切処理して製造した小豆餡に対する官能試験

$n=16$, 二重盲検試験. 各棒グラフは平均値, 各エラーバーは標準偏差を示す。* $p<0.05$ は, Turkey法による多重解析の結果, 統計学的な有意差があることを示す。

□, 0.026% (w/v) 食塩水; ■, 1.0% (v/v) DSW

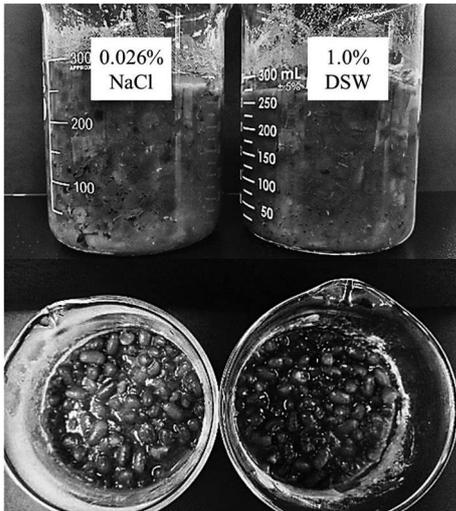


図6 DSWとそれに含まれる同濃度の塩分の食塩水で渋切処理した小豆粒の色調に対する目視観察

上写真は横からの観察, 下写真は上からの観察. 上下いずれもの写真も, 左側は比較対照の0.026% (w/v) 食塩水処理. 右は1.0% (v/v) DSW処理による。

4. 考 察

小豆餡の製造時におけるDSWの利活用のタイミングとして, 本研究では小豆粒の渋切処理工程に着目した。最初に, その工程で用いるのに適切なDSW濃度について検討した。DSWの取水地では, DSWを潤沢に入手できる。しかしDSWは塩分を多含むので(表1), 目的に応じて適切なDSWの利用量(濃度)の検討は重要である。本研究では, DSW自

身が持つ塩分と小豆粒に対する渋切処理水としての経済性の双方を考慮して, 0, 0.5, 1.0および2.0% (v/v) DSWの4濃度を実用的濃度に設定して検討を行った。また各濃度に調整したDSW供試水中の塩分と同濃度になるように調整した食塩水を比較対照の供試水として用いた。これらの供試水で小豆粒の渋切処理を行った結果, 精製水を用いた処理よりも, DSWを用いて処理した方が, 処理後の小豆粒の重量および長径が顕著に増大する($p<0.05$)ことがわかった。これは即ち, DSWを用いた渋切処理により小豆粒の水分吸収性が促進されたことを示唆している。しかし渋切処理工程における小豆粒に対するDSWの水分吸収促進効果は一次関数的な濃度依存性はみられず, 2.0% (v/v) DSWでは精製水との間に小豆粒の水分吸収性の差異がみられなくなったことから, 小豆粒の渋切処理に供するDSWには適切な濃度の存在が推察された。また渋切処理中における水分吸収性に呼応して小豆粒の軟化が促進したが, 小豆餡の製造工程全体が長時間小豆粒を煮熟して軟化させるものであり, 小豆餡の製造時にDSWを利活用することで小豆粒の軟化が促進されることは, 小豆餡製造における煮熟時間を短縮して, 効率的な熱エネルギー利用という観点からも意義があると思われる。これらの結果から, 本研究の最初の目的である小豆餡製造時の渋切処理工程で供される適当なDSW濃

度については、0.5-1.0% (v/v) であると判断された。なお本研究では、DSWと同濃度の塩分に調整した食塩水にも同様の傾向がみられた。小豆の加熱処理における塩分の影響については、上里ら(1986)が、ゆで小豆の硬度に及ぼす食塩水濃度の影響を検討して、0.5, 1.0, 2.0, 3.0% (w/v) と食塩濃度の増大に伴い煮上がった小豆粒の硬度が高くなったこと報告している。本研究の渋切処理に供した食塩水の濃度は、0.013-0.052% (w/v) であり、上里ら(1986)の研究で供された食塩水濃度に比べて十分に低い濃度である。これまでも著者らは低い添加濃度条件でDSWの有効性を見出した例があるので(野村ら, 2011)、今後DSWの利活用に対しては、より低濃度領域に着目して検討することも意義があると思われる。本研究の結果からは、極めて低い濃度の食塩水が渋切処理後の小豆粒の物理的変化に影響を及ぼすことが示唆されたが、渋切処理後の小豆粒の色調については、1.0% (v/v) DSWで処理した小豆粒の方が、それと同濃度の塩分に調整した食塩水で処理した小豆粒に比べて赤色色調(a^* 値)が有意に($p < 0.05$)高かったことから、小豆粒の渋切処理工程におけるDSWの色調に及ぼす影響については、DSW中の Na^+ 以外の陽イオンによる影響が推察された。小豆粒の赤色の色調は、種皮に含まれるポリフェノールに起因するが(慈ら, 2013)、この色調は加熱処理工程が多い小豆餡の製造過程では退色しやすい(喜多ら, 1993)。本研究の小豆餡の製造においても、75-85°Cの加熱調理工程があり、概して小豆粒の赤色色調は退色し易い条件に晒されると思われるが、1.0% (v/v) DSWによる渋切処理が比較対照の食塩水よりも小豆粒の赤色色調が有意に高かった要因として、DSW中の Na^+ などの1価の陽イオン以外の金属イオン類による色留め(媒染)効果が推察された。草木染に代表される天然色素を利用した布への染色には、古来より発色や色留め効果を奏する種々の金属イオンが経験的に利用されてきたのは周知のとおりである。葛西ら(2018)は、小豆と同じくポリフェノールを多含する黒ブドウの種皮を用いた染色において、 Mg^{2+} , Al^{3+} , Ca^{2+} , Ti^{4+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} 等の金属イオンによる媒染効果を報告しているが、これらの金属イオン

の中にはDSW中に多含されるものもある。実際、海洋深層水に含まれるミネラル成分に着目した加工食品の利活用効果として、加藤・中川(2014)はワラビ、山ウドおよびマコモタケの煮熟加工処理にDSWの原水を用い、その食塩相当量に合致する食塩水との比較においてDSW原水による劣化防止効果を報告しており、この差異の要因としてDSW中に豊富に含有する Mg^{2+} , Ca^{2+} の影響を推察している。これらのことから、DSWによる渋切処理で得られた小豆粒およびそれを基に製造した小豆餡にみられた有意な赤色保持($p < 0.05$)も、DSW中に含まれる各種金属イオン類の媒染効果によるものと推察される。上述の加藤・中川(2014)の研究は、DSWの原水という高濃度のDSW利活用による加工食品の物性劣化防止効果を、また本研究では1% (v/v) DSWというより低濃度のDSW利活用による加工食品の退色防止効果を報告するものである。これらの報告はいずれも、DSWの食品への利活用に対する科学的な意義を示唆する知見である。本研究で見出された天然色素に対する色留め効果というDSWの新しい機能は、小豆餡の製造に留まらず、最近の米飯に対する嗜好性でもある雑穀米の色調保持をはじめ、食品利用以外にも草木染も含めた植物の色留めが必要とされる工程において、DSWの新しい利活用の可能性を導く知見であると思われる。なお、本研究の主眼であるDSWの小豆餡の製造時における渋切効果としてのサポニンの除去能は、DSWと同濃度の塩分に調整した食塩水に比べて有意に優れていた($p < 0.05$)。両者の供試水の塩分は同濃度であり、また小豆粒の軟化促進効果もほぼ同等で有意な差異がみられなかったことから、本研究のDSW供試水にみられた渋切効果の作用機序は、森田・谷本(2011)が報告しているDSW成分による種々の食品に対する臭いのマスキング効果にも関係している可能性があるが、詳細については今後の課題である。また本研究ではDSWを渋切処理時にだけ供し、それ以降の小豆餡の製造工程には精製水を供したが、今後機会を得て、小豆餡製造の全工程にDSWを供して得られる小豆餡に及ぼすDSWの影響について検討したいと考えている。先述の森田・谷本(2011)が取り上

げたように、豆乳をはじめとして豆類から製造される食品には材料由来の独特な風味を有するものが多いが、和菓子における小豆餡については、幸い現代の若い世代にも嗜好性は高い(先川・庄田, 2016)。こうした背景の下、DSWを供した渋切処理で渋味がより軽減された小豆餡がDSWの取水地で広く製造されて、若い世代が好む洋菓子をはじめ、世界の菓子里にまで広く応用されることになれば幸いである。

参考文献

- 安部章蔵 (1987) 小豆生餡製造のための煮熟方法の改良. 日本食品工業学会誌, 34, 14-19.
- 慈 照紅・豊 碩・呉 珊・小嶋道之 (2013) 30種の種子に含まれるポリフェノール含量, 機能性と種皮色について. 帯広畜産大学学術研究報告, 34, 10-16.
- 畑井朝子 (1976) 小豆の調理特性に関する研究 第2報 渋切り処理が加熱小豆の品質におよぼす影響. 調理科学, 9, 219-224.
- 市川朝子・黒沢奈緒美・高島希誉香・神戸 恵・下村道子 (1998) 家庭用軟水装置を用いた水の調理への影響 (第1報) 煮豆の場合. 日本家政学会誌, 49, 993-1001.
- 葛西美樹・安川あけみ (2018) 黒ブドウ「スチューベン」果皮の染色における媒染効果. 繊維製品消費科学, 59, 218-228.
- 喜多出穂・藤原智子・花崎憲子・丸山悦子・梶田武俊 (1993) 小豆のアントシアニン色素の分析に関する研究. 調理科学, 26, 202-207.
- 小嶋道之 (1999) アズキなどの雑豆類の健康機能性に関する研究の現状. 豆類時報, 14, 39-47.
- 公益財団法人日本豆類協会ホームページ. <https://www.mame.or.jp/> (2022年7月22日閲覧).
- 工藤重光・打田悌治・大久保一良 (1992) 大豆不快味成分と発酵食品. 日本醸造協会誌, 87, 29-35.
- 上里千穂子・吉原富子・千田真規子 (1986) ゆでアズキの硬さと色調の変化. 東京家政大学研究紀要, 26, 73-77.
- 加藤肇一・中川秀幸 (2014) 海洋深層水を利用した野菜加工品の品質劣化防止技術の開発. 富山県農林水産総合技術センター研究所研究報告, 2, 47-50.
- 森田 悠・谷本浩一 (2011) 海洋深層ミネラルパウダーの用途開発について. 海洋深層水研究, 12, 89.
- 向井俊博・堀江秀樹・後藤哲久 (1992) 茶種子サポニンの簡易定量法. 茶業研究報告, 75, 29-31.
- 内閣府令第十号食品表示基準附則第二章第一節第一款第三条表栄養成分の量および熱量の表示1の食塩相当量の算出方法 (2015).
- 野村知未・古谷規行 (2020) 小豆餡の食味に及ぼす調整法と副材料の影響. 日本生活学会誌, 31, 159-166.
- 野村道康・有賀みずえ・山田勝久・今田千秋・小林武志・濱田 (佐藤) 奈保子 (2011) 培養ヒト線維芽細胞のコラーゲン合成に対する伊豆赤沢海洋深層水の効果. 海洋深層水研究, 12, 11-17.
- 先川直子・庄田美穂 (2016) 短大生における餡の嗜好について (第2報). 目白大学短期大学部紀要, 52, 1-16.
- 高橋栄治・白濱 潔 (1927) 小豆のサポニンについて. 日本農芸化学会誌, 3, 70-76.
- 高橋正征 (2019) 日本における海洋深層水の利活用の過去・現在・未来. 海洋深層水研究, 19, 149-157.
- 高橋悌蔵・大橋一二・峨嵯孝男 (1954) 餡に関する研究餡の基礎的研究 (第1報) 餡の基礎的研究. 澱粉工業学会誌, 2, 16-19.
- 時友裕紀子・飯島栄子 (1987) 煮熟小豆のにおいおよび渋切り処理の影響. 調理科学, 20, 378-383.
- 安永 健・池上康之 (2019) 海洋温度差発電の最適設計. 日本海水学会誌, 73, 9-13.

(2022年8月16日受付; 2022年11月2日受理)