

産地の異なる小豆のポリフェノール含量，ラジカル捕捉活性，物性 ならびに官能評価の比較

鶴永 陽子*・藤井 紅利*・安部 日向**

Comparison of Polyphenol Content, Radical Scavenging Activity, Physical Properties and Sensory Evaluation of Red Beans from Different Cultivated Areas

Yoko Tsurunaga・Akari Fujii・Hinata Abe

要 旨

本研究では、小豆の主要産地である北海道、京都府、そして鳥根県で栽培された小豆について、ポリフェノール含量、ラジカル捕捉活性、物性ならびに官能評価の差を検討し、小豆の産地化に向けた基礎資料とすることを目的とした。3産地の健康機能性を調査した結果、生小豆のポリフェノール含量とラジカル捕捉活性については産地間の有意差はなかった。餡のポリフェノール含量とラジカル捕捉活性については、鳥根県産の値が有意に高かったが、製造方法の影響を受けた可能性もあるため、今後の再検討が必要である。餡の官能評価については、色、舌触り（なめらかさ）、粘り、味、香り、総合評価いずれとも、産地間での有意差が認められなかった。また、新たな小豆の摂取方法として注目を集めている魔法瓶を活用した茹で小豆について、浸漬時間と茹で汁の健康機能性ならびに小豆の物性を検討したところ、6時間以上の浸漬で良いことが示唆された。

【キーワード：生小豆，産地，機能性，餡，官能評価，物性】

I. 緒言

小豆 (*Vigna angularis*) は中国南部を原産とする、マメ科ササゲ属小豆亜属に属する一年草で、日本には1,800年前頃に伝来したといわれている¹⁾。また、小豆は、世界中で日本だけに特に好まれるマメともいわれ¹⁾、その赤い色に魔除けなどの力があると信じられている²⁾。さらに、和菓子は、「餡に始まり、餡に終わる」といわれるほど、餡の品質が重要視される。小豆のデンプンは熱凝固性のタンパク質であるグロブリンにまつまれているため、加熱してもデンプンがのり状にならず、ほっくりとした餡特有の食感を生み出している。

小豆の産地としては、北海道、兵庫県、京都府が有名で、作付面積割合も高い³⁾。特に北海道の十勝平野での小豆はブランド化されており、全国

的に人気も高い。

一方、鳥根県（特に出雲地方）と小豆には深いつながりがある。鳥根県松江市は茶処として有名であるが、これは松江藩松平家7代藩主・松平治郷（不昧公）が茶道「不昧流」を大成させたことによる。そして、茶の湯文化が広まり、茶会でふるまわれた和菓子が今も引き継がれ、多くの銘菓が現在も販売されている。また、鳥根県出雲市は、ぜんざいの発祥の地といわれ、出雲ぜんざい学会が活動をしている。10月31日は、「出雲ぜんざいの日」として、ぜんざいに関わるイベントなどが開催されるとともに⁴⁾、出雲大社前の神門通りでは、ぜんざいなど小豆の加工品が数多く販売されている^{4,5)}。さらに、出雲市平田灘分を中心とする宍道湖西岸地区のほ場整備事業において、地元産小豆の大規模生産に取り組むことを目指し、産学官連携による研究が展開され、ブランド化に向けた取り組みがスタートしている。

*鳥根大学人間科学部 **鳥根大学教育学部

そこで、本研究では、小豆の主要産地である北海道、和菓子処で有名な京都府、そして島根県で栽培された小豆について、健康機能性、物性ならびに官能評価の差違を検討し、今後の小豆のブランド化のための基礎資料とすることを目的とした。小豆の健康機能性としては小嶋ら⁶⁾が報告しているポリフェノール含量ならびにラジカル捕捉活性を評価することとした。

II. 実験方法

1. 原料

生小豆の評価は、北海道産、京都府産（亀岡市）、島根県産（出雲市）を使用した。北海道産は平成30年度産の‘とよみ大納言小豆’の市販品を築地雑穀門屋三栄商会より購入し（産地不明）、京都府産ならびに島根県産は平成30年度に、それぞれ亀岡市ならびに出雲市で栽培された‘丹波大納言小豆’を入手した。

2. 生小豆の評価方法

生小豆については、百粒重、ポリフェノール含量、ラジカル捕捉活性を測定した。これらを測定するために、生小豆をオスターブレンダー（SUN BEAM OSTER 社製、Osterrizer 16-speed）で粉碎し粉末試料を得た。その後、60%エタノール（v/v）を用い、40℃、2時間の振とう抽出を行った。

3. 餡の製造方法と評価方法

餡の製造については、出雲市の和菓子メーカーS社に加工依頼をし、3産地の小豆について、それぞれを同一条件にて餡に加工してもらった。製造方法は、小豆350gに水1,000mLを加え、強火で加熱沸騰後、弱火で15分加熱した。渋切り後に水1,000mLを加えて加熱し、沸騰後に弱火で40分間加熱を続けた。その後グラニュー糖400gを添加し、1時間休ませた後、糖度が51になるまで、しっかりと煮詰め練り上げた。しかしながら、生小豆の吸水性などの特性が異なり、餡にならない可能性が生じたため、火加減などを3産地で若干変更せざるを得なかった。餡については、ポリフェノール含量、ラジカル捕捉活性、物性を測定し、さらに官能評価を実施した。餡のポリフェノール含量、ラジカル捕捉活性の測定は、60%エタノール（v/v）を添加し、ホモジナイズして得た抽出液を分析に使用した。

4. 茹で小豆の調整方法と評価方法

茹で小豆については、島根県産‘丹波大納言小豆’を使用した。製造方法は、500mL容量の保温ボトル（タイガー魔法瓶株式会社製）に、洗浄

した40gの生小豆をいれ、熱湯を400mL入れてふたをした。加熱ムラを防ぐため、保温ボトルを横に倒して、6、18、24時間静置した。その後、茹で汁と小豆粒に分け、各評価に供試した。茹で汁の評価は、ポリフェノール含量、ラジカル捕捉活性を、茹で小豆については物性を測定した。

5. 分析方法

(1) 百粒重

生小豆の百粒分の重量を測定した。1産地について3回測定を行った。

(2) ポリフェノール含量

ポリフェノールは、フォーリンチオカルト試薬を用いたフォーリン法⁷⁾によって測定し、(+)-カテキン相当量として表した。

(3) ラジカル捕捉活性

ラジカル捕捉活性は、安定的なDPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ラジカルを用いる方法⁸⁾で測定し、ビタミンEの合成類似物質であるトロロックス (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) 相当量で表した。

(4) 物性

餡については、ステンレスシャーレ（φ40mm×H15mm）に充填してクリープメーター（YAMADEN社製、RE2-33005）を用いて物性を測定し、テクスチャー解析Ver.2.5（YAMADEN社製）を用いてテクスチャー解析を行った。餡の測定条件は、田村ら⁹⁾の方法を一部変更して設定した。プランジャーは直径16mmの円柱状を用い、ロードセルは20N、測定速度は0.56mm/sec、クリアランスを3mmに設定した。茹で小豆は、直径3mmの円柱状プランジャーをクリープメーター（YAMADEN社製、RE2-33005）に装着し、ロードセル20N、歪率90%、測定速度を1mm/secにして測定し、破断強度解析Ver.2.3（YAMADEN社製）を用いて解析を行った（図1）。

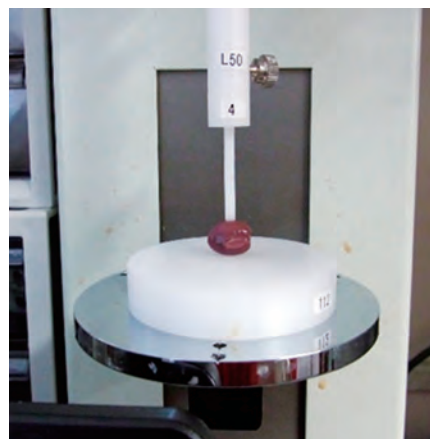


図1 茹で小豆の破断強度解析

(5) 官能試験

2019年1月24日に、島根大学の学生25名に対して官能試験を実施した。アンケートの評価項目については、加藤ら¹⁰⁾の方法に準じた。また、餡は冷めると硬くなることから電子レンジで500W、1分間加熱して、室温程度(20℃)にしてから評価を実施した。II-3で製造した北海道産、京都府産、島根県産の餡を用いた。データの信頼性を確認するため、北海道産のみ同一試料を2つ入れ、官能評価を実施した。被験者にはそのことを伏せておき、官能試験実施後に説明を行った。アンケートの調査の項目は、図2に示すとおり、色、舌触り(なめらかさ)、粘り、味、香り、総合評価について-3(好ましくない)~+3(好ましい)の7段階で評価し(図2)、それぞれの項目に備考欄を、全体をとおしての自由記述欄も設けた。その他、餡の嗜好性等を調査するため「あなたはこし餡がすきですか、それとも粒餡がすきですか?」、「島根県(出雲)産小豆が売れるアイデアがあったら何でも良いので記入して下さい。」の項目を設けた。

(6) 統計処理

SPSSを用いて処理した。一元配置分散分析後、TukeyHSD法で検定し、有意水準を5%とした。

III. 結果および考察

1. 生小豆の百粒重

生小豆の百粒重の結果を図3に示した。京都府産が最も高く(27.3±0.2g)、次いで島根県産(26.2±0.9g)、北海道産(23.1±0.1g)の順と

なった。北海道産のみが有意に低い数値となったが、これは北海道産が「とよみ大納言」を用いたのに対し、京都府ならびに島根県産は「丹波大納言小豆」を供試材料として用いたことに起因したと考えられた。「とよみ大納言」は、1992年に北海道立十勝農業試験場で極大粒の「92089(F6)」を母に、大粒・多収で小豆落葉病ならびに萎縮病抵抗性を有する「十系564号」を父として人工交配した雑種後代から育成された品種である。2001年に農林水産省の新品種として認定されている¹¹⁾。藤田ら¹¹⁾の栽培試験では「とよみ大納言」の百粒重が21.1gであったというデータが得られている。一方、「丹波大納言小豆」は、種皮色の赤みが強く、煮崩れしにくいいため高級和菓子などの素材として需要が高く、丹波市では、2011年現在で321haが作付けされている品種である¹²⁾。来田ら¹²⁾は、異なる方法で栽培された「丹波大納言小豆」について品質の一つである百粒重を調査した結果、播種時期ならびに栽培方法で違いがあるものの25.8~28.6gの範囲であったことを報告している。そもそも、小豆の銘柄には、小中粒の普通小豆、大粒の大納言小豆がある。大納言小豆の用途は、甘納豆のように粒形をのこす加工製品が多いため、粒サイズなどの外観品質が重要視されている¹¹⁾。本試験で用いた小豆品種はいずれも大納言に属しているが、上記で示した藤田ら¹¹⁾ならびに来田ら¹²⁾の値とほぼ同等の値が得られ、「丹波大納言小豆」の方が「とよみ大納言小豆」よりも高い数値であった。本試験の百粒重の差は、産地や栽培方法の差というよりも品種特性によるものと推察された。

◎餡官能評価

平成 年 月 日
(男・女)

あなたが持っている一般的な餡のイメージと試料を比べて、次の判定基準で項目別に評点をつけてください。

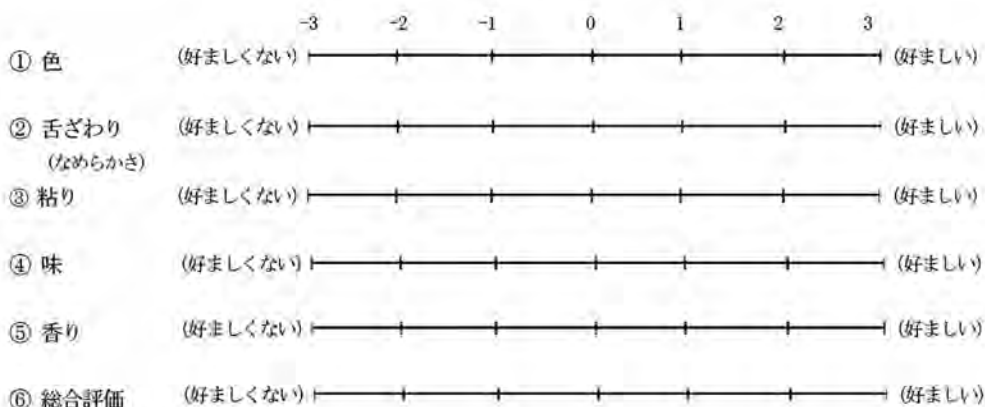


図2 3産地の餡の官能試験アンケート調査項目

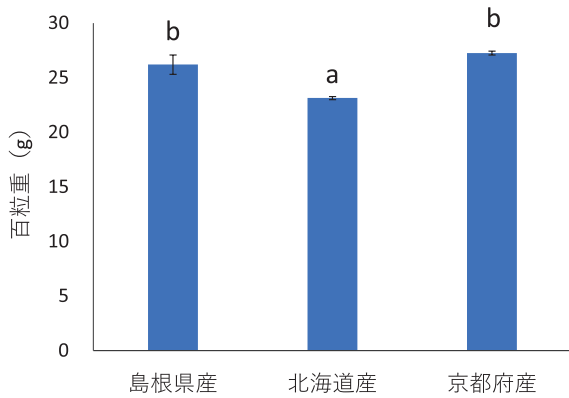


図3 3産地の生小豆における百粒重

平均値±標準誤差 (n = 3).

同一グラフにおける異なるアルファベットは, Tukey HSD 検定 (5%) で有意差があることを示す.

2. 生小豆・餡におけるポリフェノール含量 ならびにラジカル捕捉活性

小豆には, 苦み・収斂味成分のポリフェノール類やサポニンが含まれており, 民間伝承として効果が高いといわれている⁶⁾. さらに, *in vivo* および *in vitro* 実験により抗酸化活性を検討したところ, 非常に活性が高く, 生体の酸化防止効果や肝臓保護作用があることが示唆されている⁶⁾. このように小豆ポリフェノールには健康機能性が期待されることから, 小豆のポリフェノールならびにラジカル捕捉活性について, 3産地の含量なら

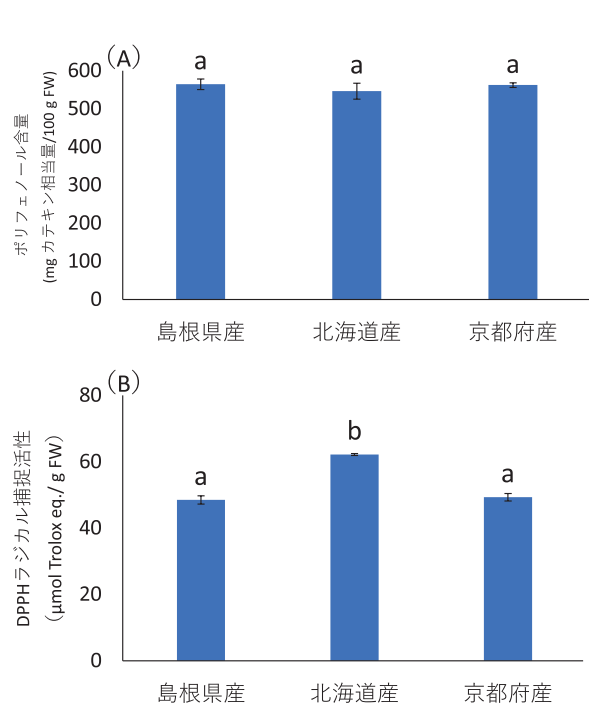


図4 3産地の生小豆におけるポリフェノール含量 (A) とラジカル捕捉活性 (B)

平均値±標準誤差 (n = 3).

同一グラフにおける異なるアルファベットは, Tukey HSD 検定 (5%) で有意差があることを示す.

びに活性を測定した。その結果を図4ABに示す。ポリフェノールについては, 最も高いのが島根県産で 564.3 ± 14.0 , ついで京都府産で 562.1 ± 6.0 , 北海道産の 546.3 ± 20.9 mg カテキン相当量/100 g Fresh Weight (FW) で, ほぼ同一の含量を示し, 有意差も認められなかった (図4A)。ラジカル捕捉活性の測定については, 食品分野の研究で一般的に使用される DPPH ラジカル捕捉活性により分析を行った。その結果, 最も高かったのが北海道産で 62.2 ± 0.3 , 次いで京都府産で 49.3 ± 1.1 , 島根県産が 48.5 ± 1.2 μmol Trolox eq./g FW で, 北海道産が有意に高かった (図4B)。

次に餡のポリフェノール含量ならびに DPPH ラジカル捕捉活性の結果を図5ABに示した。ポリフェノール含量が最も高かったのは, 島根県産で 102.6 ± 2.8 , 次いで北海道産で 84.6 ± 4.6 , 京都府産が 70.4 ± 3.2 mg カテキン相当量/100 g FW であった。島根県産は他の2産地よりも有意に高い数値であった (図5A)。DPPH ラジカル捕捉活性の結果も類似した結果で, 島根県産が最も高く 9.4 ± 0.2 , 次いで北海道産が 6.3 ± 0.2 , 京都府産が最も低く 6.1 ± 0.5 μmol Trolox eq./g FW という結果であった (図5B)。

小豆由来のポリフェノールとしては, クロロゲン酸, プロアントシアニジンの報告がある¹³⁾。畑井ら¹³⁾は, 小豆の50%メタノール (90℃)

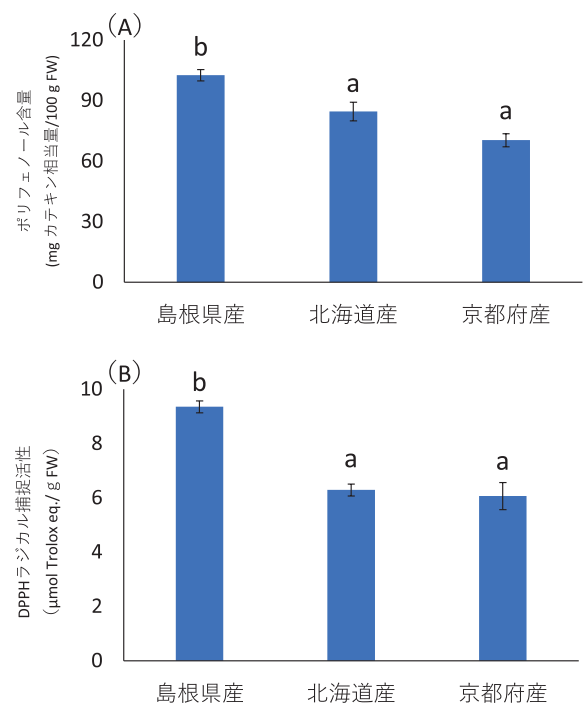


図5 3産地の餡におけるポリフェノール含量 (A) とラジカル捕捉活性 (B)

平均値±標準誤差 (n = 3).

同一グラフにおける異なるアルファベットは, Tukey HSD 検定 (5%) で有意差があることを示す.

抽出液のポリフェノール成分を分析したところ、種皮部についてはクロロゲン酸が6.68 mg/g、プロアントシアニジンが17.3A.at 540 nm 10 mL/g (540 nm/10 mLの吸光度) 含まれ、子葉部については、クロロゲン酸が0.367 mg/g プロアントシアニジンが0.213A.at 540 nm 10 mL/gであることも報告している。このことから小豆の機能性成分は主に種皮部に含まれていることが明らかである。このことは、小豆の種皮部分が多い程、機能性が高いことを示唆している。本実験の3産地の生小豆の百粒重は、北海道産が他の産地よりも有意に低かった(図3)。これは、北海道産の小豆の一粒あたりの重量が小さいことになり、その分表面積が大きいと考えられる。そのことに起因してDPPHラジカル捕捉活性値が他産地よりも高かったことが考えられる。しかしながら、ポリフェノール含量には産地間の差がなく、矛盾が生じている。今後、種皮と子葉の比率を詳細に測定し、機能性成分含量と関連づけることが必要と考えられた。

餡のポリフェノール含量は、島根県産が最も高く、次いで北海道産で、京都府産が最も低く、島根県産が他産地よりも有意に高い数値を示した(図5A)。DPPHラジカル捕捉活性は島根県産が最も高く、次に北海道産、京都府産が最も低く、ポリフェノールと同様に島根県産が他産地よりも有意に高い数値を示した(図5B)。生小豆では産地間の差がなかったが、餡では島根県産が有意に高い結果となった。原料の生小豆の結果(図4AB)からこの違いは、製造方法に起因していると考えられる。餡の加工は和菓子メーカーS社に外注した。加熱の終点を糖度51になるように製造してもらったが、餡としての品質を保持できるように依頼したため、加熱方法など途中の工程を、完全には揃えることができなかった。今後、島根県産小豆のブランド化の推進のためには、餡の加工特性と機能性成分や品質の関係に焦点を絞った研究を実施する必要があると考えられた。

3. 餡の物性

図6にかたさ応力、凝集性、付着性の結果を示した。かたさ応力は最初にかみ砕くのに必要な力を、凝集性は食べる際の口の中でのまとまりやすさ、付着性は食べる際の歯にくっつきやすさを表す。かたさ応力は、島根県産と北海道産の餡が近い数値でそれぞれ 49328.1 ± 6338.9 , 48179.2 ± 5617.6 , 京都府産が 41668.8 ± 2411.5 Paであったが有意差は認められなかった(図6A)。凝集性については北海道産が最も高く 0.21 ± 0.10 , 次いで京都府産が 0.15 ± 0.02 , 島根県産が 0.12 ± 0.02 で有意差は認められなかった(図6B)。付着性については、京都府産が最も高く $1175.8 \pm$

244.9 , 次いで島根県産が 1042.2 ± 223.3 , 北海道産が最も低く 959.3 ± 167.1 J/m³で有意差は認められなかった(図6C)。産地間で数値がかなり異なっており、一見すると有意差があるようにも思われたが、同一産地においてサンプルの測定値のばらつき(標準誤差)が大きく、統計上の有意差は認められなかった。これは餡の一部をサンプルとして採取する際、その場所によって物性値が大きく左右されることを示している。後述する官能評価においても食する場所による食感の違いが自由意見に示されており、餡を扱う際の試料採取

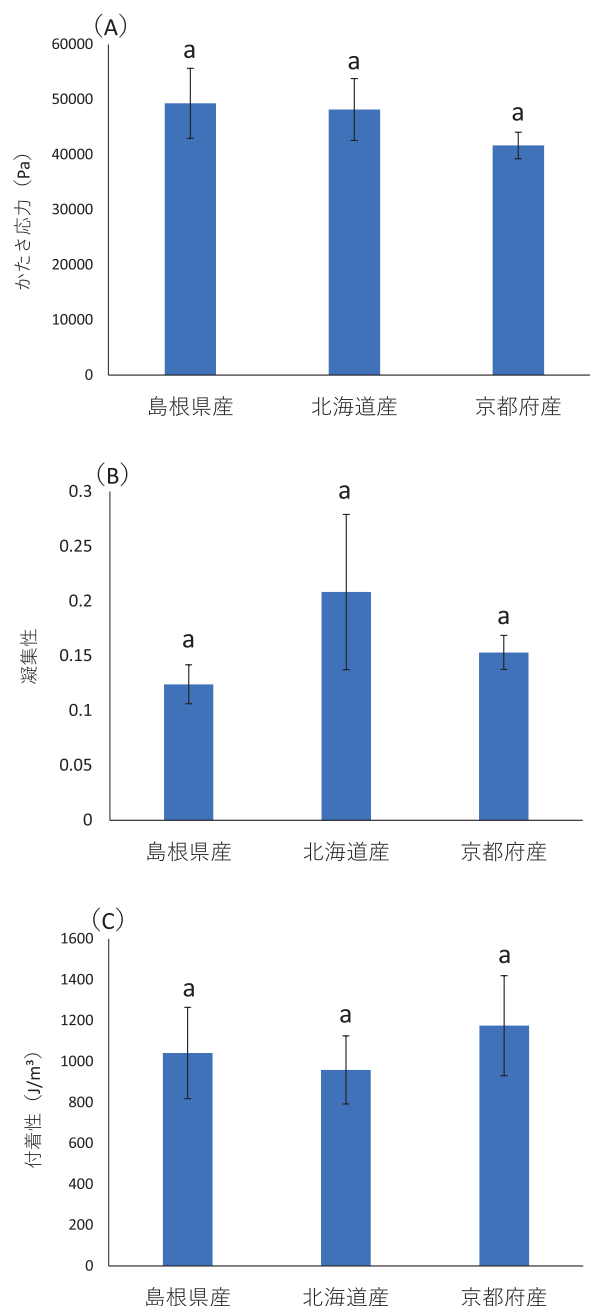


図6 3産地の餡におけるかたさ応力(A)と凝集性(B)と付着性(C)

平均値±標準誤差 (n = 10).

同一グラフにおける異なるアルファベットは、Tukey HSD 検定 (5%) で有意差があることを示す。

方法についても検討が必要であることが示唆された。

4. 餡の官能評価

島根大学の学生 25 名による餡の官能試験の結果を図 7 に示した。パネラーが正しく判断できているかどうかを確認するために、北海道産は同一の試料を 2 つ入れて評価を実施した。その結果、色、舌触り（なめらかさ）、粘り、味、香り、総合評価いずれとも、3 産地間の餡には有意差が全く認められなかった。本アンケートでは、官能評価の他にも「こし餡がすきですか、それとも粒餡がすきですか？」という質問をした。その結果、25 人中 12 名がこし餡を好み、11 名が粒餡、2 名が未回答であった。こし餡、粒餡で好みがほぼ同程度に分かれることがわかった。また、北海道産のみ同一試料を 2 回組み入れて官能評価を実施したが、備考欄への記載内容を見ると、同一試料にもかかわらず、その北海道産 2 試料の記載内容は全く異なっていた（表 1）。これは、官能評価で問題となる順序効果あるいは疲労効果によるもの

と推察された。順序効果とは 2 個の試料を連続して比較するとき、先に味わった試料の影響を受けて次の試料の評価が変化することである¹⁴⁾。官能評価を行う際には、常に留意すべきことで、試料の提示順を変えるとともに回数を同じにして、つり合いをとるようにしなければならないとされている¹⁴⁾。さらに、疲労効果とは、ある刺激を継続的に与えると、ヒトは身体的、精神的に疲労して正常な判断ができなくなる現象をいう。身体的に感覚器が疲労すると次第に知覚が弱まり、ついには刺激を感じなくなる。精神的には、注意力が緩慢となり、意欲が消失することである¹⁴⁾。本実験では、1 試料について 5 分間で評価し、3 分間休憩して次の試料の評価を実施したが、実施方法については、順序や時間配分にさらなる工夫が必要であることが考えられた。また、自由記述には「同じ餡でも、産地間に違いがあって、自分の好みがあることがわかった。」「食べる部分によって食感が違った。」「味は 4 試料ともおいしいと感じたが、舌触りがなめらかであるか、粘りがあるかどうかで評価が変わってきた。」「全体的に

表 1 官能評価の備考欄への記載

試料	島根県産	北海道産①	北海道産②	京都府産
2	なめらか	ばさばさ		
4			さらっとしたような	
5			豆感が残る	
9	もさもさ感	粘りが強い		
10	甘味が強すぎ	ほどよいあっさり感		甘味が強すぎ
11	粘りが少なすぎ		水っぽさがあつた	水っぽさがあつた
12		なめらか	少しばさばさ	
13	滑らか、粘りなし	滑らかさ欠ける、粘りがあり	滑らかでない	滑らかでない、粘りあり
15	少し固め、程よい甘さと香り	ばさばさ、重たい	「こし」のしっとり感と「粒」の光る感じが見た目良い、ばさばさ過ぎず重すぎず、甘さと小豆の味のバランス良い、程よい香り	見た目光って違和感、程よい豆感
16			香りが強い、粘りが強い	
19	滑らかすぎ	ほどよい滑らかさ	豆が固い	滑らかすぎ
20		粒が大きい	ばさばさ	皮が口に残る
21		香りが良い	香りが良い、豆感がある	
22	豆感が弱い（良い）、程よい粘り、甘さ控えめでおいしい	豆感が強い	豆感がある	さらさら
23	ざらつき有り、程よい粘りと甘さ	粘り気が少ない、滑らかでない	滑らか、程よい甘さ、豆感が強い	少し滑らか、粘りを感じない、甘味が少ない
24	程よい舌ざわりと粘りと味	サラサラ、固い、後味残る	程よい舌ざわりと粘りと味	にゆるっとしている、後味がない
25	皮が残る、粘りが少ない、程よい甘さ	明るい色、粒が固い、甘い、口に残る	粒が固い、粘りが少ない、口に残る、程よい甘さ	ざらつく、苦みがある

香りはないように感じたが、それぞれ甘みや舌ざわりなどで差が大きかったように感じた。」など、風味や香りに比較して、餡の「食感」の違いについての意見が多かった。本実験では、同一の配合割合で「餡」を製造したが、加熱方法・時間については完全に統一できなかった。それは、品種ならびに産地間による小豆の加工特性の違いのためであった。今後は品種、産地等の違いを加味した、最適な餡の製造方法を明らかにし、島根県産小豆を用いた高品質の「餡」製造のノウハウを明らかにしたいと考えている。さらに、島根県産小豆が売れるアイデアについて質問したところ、「小豆粉末」「美容関係」「おもちゃとしての活用」

「小豆ヨーグルト」「ほかの小豆にはない特徴を最大限に生かした商品の開発」等があげられていた。小豆の新しい利用方法については、発酵調味料への利用¹⁵⁾、煮汁を利用した新規チーズ等¹⁶⁾が報告されている。ブランド化が進むと、規格外の小豆が大量に発生することが予想され、新しい利用方法についても今後検討したいと考えている。

5. 茹で小豆ならびに茹で汁の評価

小豆の新しい摂取方法として、魔法瓶を活用した方法が提案されている¹⁷⁻¹⁹⁾。そのレシピは、テレビ番組、クックパッド、楽天レシピなどインタ

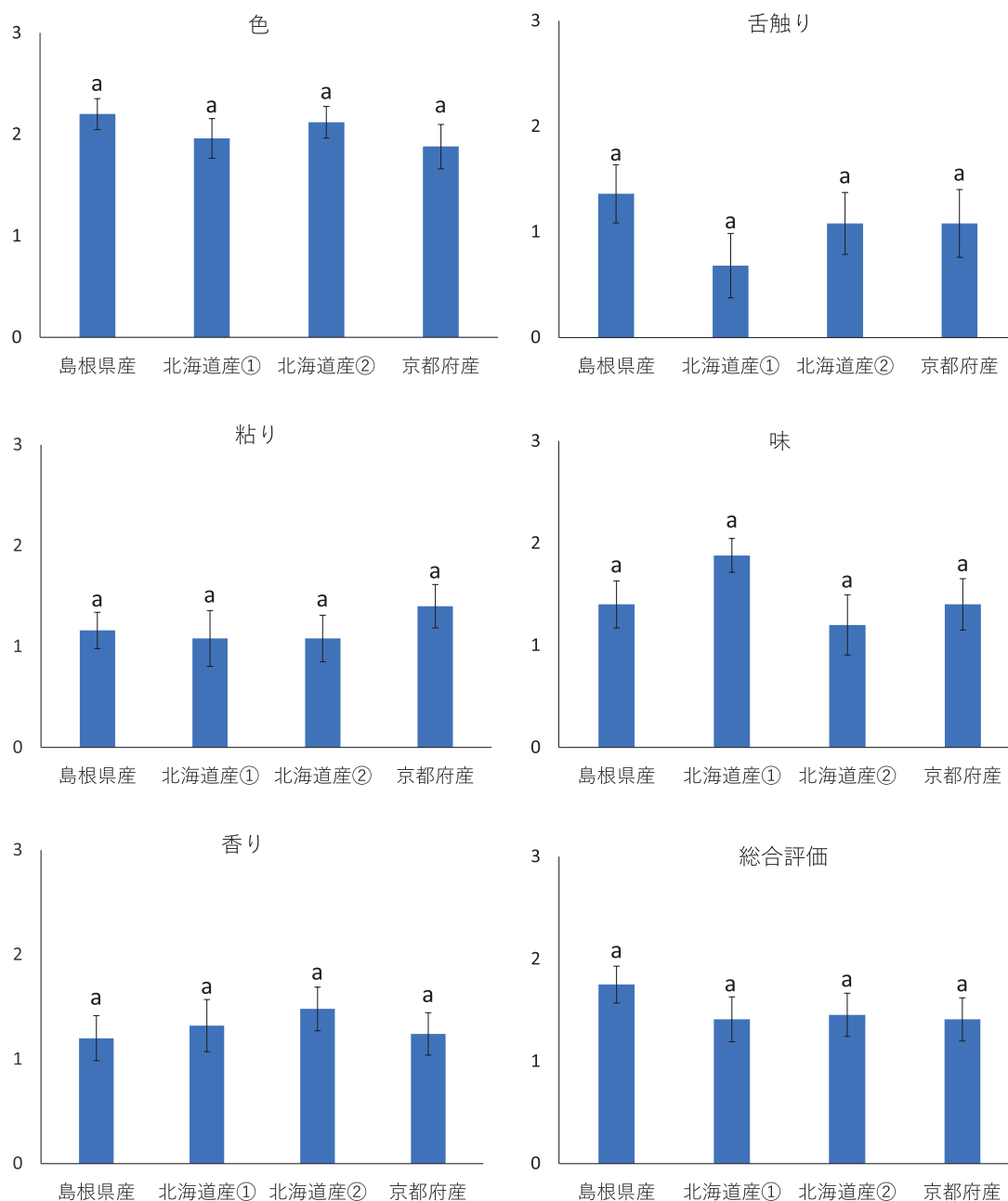


図7 3産地の餡における官能評価

平均値 ± 標準誤差 (n = 25).

同一グラフにおける異なるアルファベットは、Tukey HSD 検定 (5%) で有意差があることを示す。

ーネット上に多数公表されている。本実験では、この新しく、お手軽に茹で小豆ならびに茹で汁まで摂取できる方法について、茹で汁の総ポリフェノール含量、ラジカル捕捉活性、ならびに魔法瓶を活用する際の適切な浸漬時間を得ることを目的に物性のデータを得ることとした。茹で汁のポリフェノールの結果を図8に示した。浸漬時間6, 18, 24時間でポリフェノールは 47.3 ± 2.8 , 39.2 ± 8.2 , 35.6 ± 12.5 mgカテキン相当量/100 mL ($n=6$)であった。浸漬時間が長くなるほど茹で汁のポリフェノール含量が高くなるものと予想されたが、6時間でも十分に抽出できていることが示された。一方、DPPHラジカル捕捉活性については、浸漬時間6, 18, 24時間で 4.8 ± 0.2 , 5.4 ± 0.2 , 5.7 ± 0.1 $\mu\text{mol Trolox eq./mL}$ であった。DPPHラジカル捕捉活性は浸漬時間が長くなるほど、わずかではあるが数値が高くなっており予想どおりであった。ポリフェノール含量とDPPHラジカル捕捉活性については、相関関係が高いとの結果が多く論文で得られている²⁰⁻²²。本実験では、ポリフェノール含量とDPPHラジカル捕捉活性の結果で逆の傾向が認められ、高速液体ク

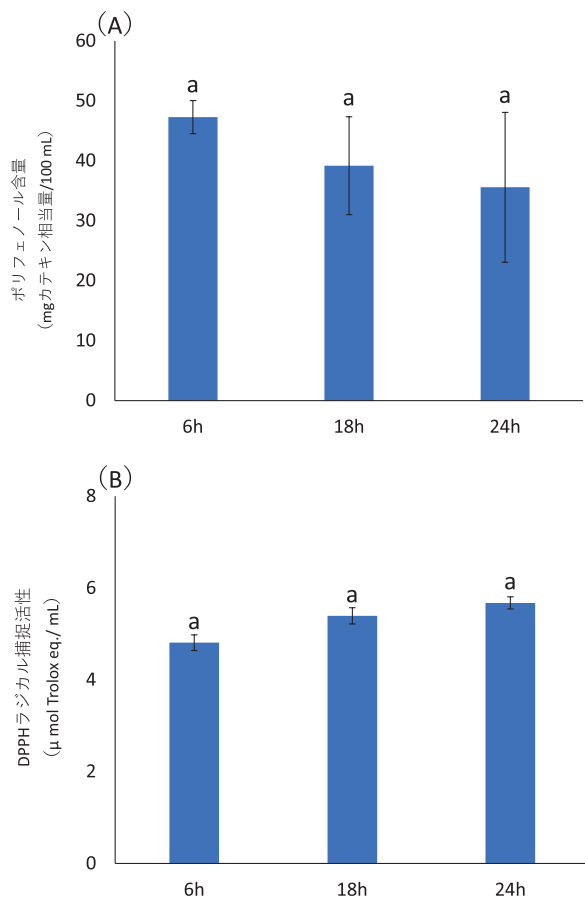


図8 茹で汁の浸漬時間とポリフェノール含量 (A) とラジカル捕捉活性 (B)

平均値 \pm 標準誤差 ($n = 6$).

同一グラフにおける異なるアルファベットは、Tukey HSD 検定 (5%) で有意差があることを示す。

ロマトグラフなどを活用した成分分析を実施する必要があると考えられた。

また、茹で小豆の物性の破断強度解析を実施した。茹で小豆にプランジャーにて圧をかけ、小豆が破断した際の物性について測定し最大応力、破断応力、もろさ応力の3項目の結果を図9に示した。浸漬後、6, 18, 24時間における最大応力は、 1017884.4 ± 85414.9 , 896714.4 ± 45639.4 , 704950.3 ± 51194.4 Pa, 破断応力は 1013711.0 ± 86134.3 , 879454.9 ± 48522.0 , 682315.0 ± 54166.2 Pa, もろさ応力は 744845.1 ± 68363.7 , 594390.7 ± 45712.9 , 398877.7 ± 56659.7 Paであり、時間の経過とともに減少する傾向が認められた。そこで、茹で小豆の色、舌触り、硬さ、味、香り、総合評価について5人で官能評価を行ったが、いずれの項目も処理時間による差は感じられなかった。すなわち、物性測定装置では浸漬時間が長くなるにつれて柔らかく、もろくなることが示されたものの、それは食してわかる違いではなかつ

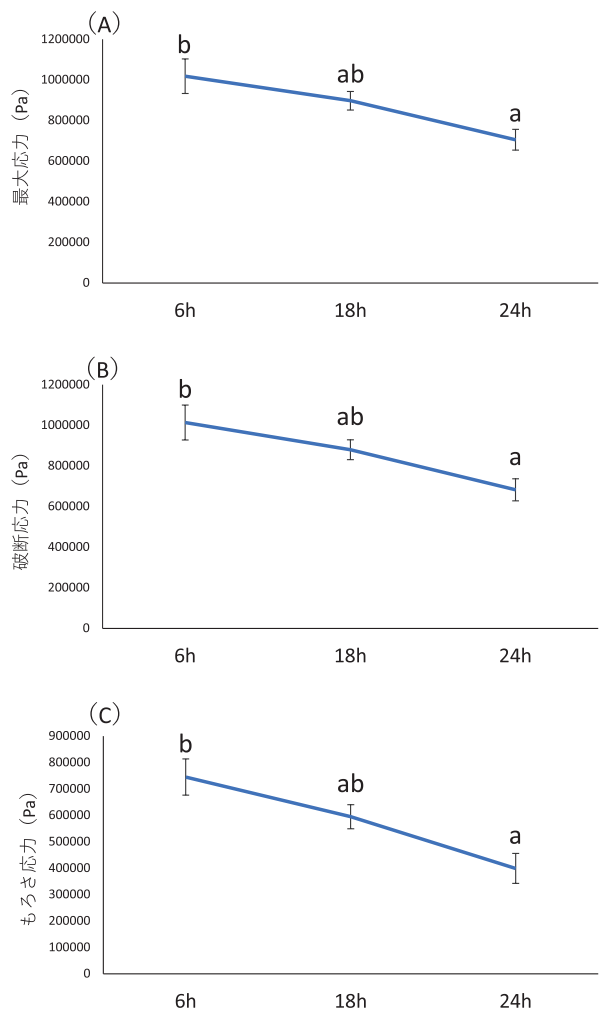


図9 茹で小豆の浸漬時間と最大応力 (A) と破断応力 (B) ともろさ応力 (C)

平均値 \pm 標準誤差 ($n = 20$).

同一グラフにおける異なるアルファベットは、Tukey HSD 検定 (5%) で有意差があることを示す。

た。茹で小豆の浸漬時間については多くの情報がインターネットにて公開されているが、その情報は8時間¹⁷⁾、10時間¹⁸⁾、1晩¹⁹⁾など様々である。本実験の結果から、浸漬時間については6時間以上であれば、その後時間を延ばしても大きく変化することはないと考えられた。長時間魔法瓶に入れておくと、食品衛生的に問題が生じる可能性もある。本実験では評価しなかったが、微生物数などについても検討し、推奨時間を明らかにする必要があると考えられた。

IV. まとめ

本実験では、北海道産、京都府産、島根県産の生小豆ならびに餡のポリフェノール、ラジカル捕捉活性を評価した。また餡の物性ならびに官能評価も行った。その結果、島根県産の小豆は、一部例外はあるもののブランド化されている北海道産や京都府産のものと同レベルであることがわかった。また、近年注目をされている魔法瓶を活用した茹で小豆の製造方法について、浸漬時間と茹で汁のポリフェノール、ラジカル捕捉活性、茹で小豆の物性ならびに官能評価を実施した。その結果、6時間以上浸漬することで良好な品質の茹で小豆が得られることが明らかとなった。

今後は、島根県産の小豆について、吸水率と加熱温度ならびに時間が品質ならびに機能性成分に及ぼす影響を調査し、島根県産小豆の最適な餡の製造方法を検討したい。

謝 辞

本研究のために試料ならびに情報を提供いただいた島根大学生物資源科学部 江角智也先生、餡の製造試験を実施してくださいました坂根壮一郎氏に深く感謝いたします。

付 記

本試験は、受託研究（島根県）「小豆の成分検査」により実施された成果の一部である。

引用文献

- 1) 長澤治子. “食べ物と健康 食品学・食品機能学・食品加工学 第3版.” (東京). 医歯薬出版株式会社, 2017, 189
- 2) 栢野新市; 水品善之; 小西洋太郎. “食品学Ⅱ 食品の分類と特性、加工を学ぶ.” (東京都). 羊土社, 49-50
- 3) 農林水産省. “令和2年産大豆、小豆、いんげん及びらっかせい(乾燥子実)の作付面積.” https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumotu/menseki/r2/sakutuke_mame/index.html (入手日: 2022. 1.12).
- 4) 出雲ぜんざい学会. “ぜんざいの発祥の地出雲.” <http://www.1031-zenzai.com/> (入手日: 2022. 1.12).
- 5) ジャパンインターナショナル総合研究所. 出雲ぜんざい. おいしい出雲(出雲推奨商品認定委員会事務局). 2020, 9-10
- 6) 小嶋道之; 山下慎司; 西繁典; 齋藤優介; 前田龍一郎. 小豆ポリフェノールの生体内抗酸化活性と肝臓保護作用. 日本食品科学工学会誌. 2006, **53**, 386-392
- 7) Swain, T.; Hillis, W. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1959, **10**, 63-68
- 8) 篠原 和毅; 上野川 修一; 鈴木 建夫. “食品機能研究法.” (東京都). 光琳, 2000, 218-220
- 9) 田村咲江; 山本奈美. アズキ, インゲンマメ, ラッカセイおよびダイズから得たあんのテクスチャーと顕微鏡的構造. 日本家政学会誌. 1999, **50**, 323-332
- 10) 加藤淳; 目黒孝司. 北海道産菜豆類の百粒重とアン粒径の関係. 1995
- 11) 藤田正平; 島田尚典; 村田吉平; 青山聡; 千葉一美; 松川勲; 南忠. アズキ新品種「とよみ大納言」の育成. 2003
- 12) 來田康男; 牛尾昭浩; 芦田龍太郎; 片岡茂里; 藤本周作; 竹村雅彦. 栽培方法を異にした丹波大納言小豆の収量・品質に及ぼす播種時期の影響. 作物研究. 2013, **58**, 33-37
- 13) 畑井朝子. 小豆子実フェノール成分のメタノールによる抽出条件の検討及び種皮部と子葉部の含量差異について. 日本調理学会誌. 1996, **29**, 31-36
- 14) 日本フードスペシャリスト協会編. “食品の官能評価・鑑別演習.” (東京都). 建帛社, 2014
- 15) 武内純子. 小豆と大麦を原料とした発酵調味料の開発. 2019
- 16) 三浦孝之; 高久未樹; 青木哲也; 阿久澤良造. 大豆および小豆の煮汁を利用した新規チーズの製造について. 日本食品科学工学会誌. 2017, **64**, 157-161
- 17) LIFE.net. “魔法瓶ゆで小豆の作り方. あさイチで話題の活用レシピも紹介.” <https://hamsonic.net/asaichi-azuki/> (2022 1.12).
- 18) Rakuten レシピ. “水筒でつくる☆ゆであずき レシピ・作り方.” <https://recipe.rakuten.co.jp/recipe/1640012799/> (入手日: 2022. 1.12).
- 19) cookpad. “ことこと煮ない!小豆の煮方(魔法瓶使用).” <https://cookpad.com/recipe/4436636> (入手日: 2022. 1.12).
- 20) 藤江歩巳; 久保田真紀; 梅村芳樹; 大羽和子. 新鮮ハーブのビタミンC量, DPPH ラジカル捕捉活性およびポリフェノール量. 日本調理科学会誌.

2001, **34**, 380-389

- 21) 伊藤満敏；大原絵里；小林篤；山崎彬；梶亮太；山口誠之；石崎和彦；奈良悦子；大坪研一. 有色素米の抗酸化能とポリフェノール含量の測定. 日本食品科学工学会誌. 2011, **58**, 576-582
- 22) 宮下淳一；小嶋道之. プラムとブルーベリーに含まれるポリフェノール量と抗酸化性との相関. 帯広畜産大学研究報告. 2005, **26**, 13-19