

(別紙様式)

平成31年度豆類調査研究助成事業成果概要

1 調査研究課題名

機能性の高い小豆・インゲン豆の蒸し豆開発

—真空含侵法による豆の機能性向上に関する研究—

2 調査研究組織名・研究者名

帯広畜産大学 小嶋道之

3 調査研究の目的

現在、雑豆の蒸し豆は、複数のメーカーから市販されている。まず、現状の蒸し豆について知るために市販の蒸し豆のDPPHラジカル消去活性を調査した。1袋中に含まれる「蒸しサラダ豆」の蒸し豆DPPHラジカル消去活性は全体で $34.8\mu\text{mol}$ （トロロックス相当量で示す、以下同様）、「おやつ蒸し豆」のそれは $7.6\mu\text{mol}$ であった。「蒸しサラダ豆」の中には青エンドウ、ヒヨコ豆、黒大豆、赤インゲン、大豆の5種類の蒸し豆が入っており、各々の蒸し豆のDPPHラジカル消去活性は顕著に異なっていた。最も高いDPPHラジカル消去活性を示したのは赤インゲン（ $11.7\pm 1.9\mu\text{mol}/10\text{g}$ 、全抗酸化活性の約60%を占める）、次いで黒大豆（ $5.5\pm 1.4\mu\text{mol}/10\text{g}$ ）で、青エンドウやヒヨコ豆のDPPHラジカル消去活性はごくわずかに認められたが、大豆のそれは検出限界以下であった。また「おやつ蒸し豆」で最も高いDPPHラジカル消去活性を示したのは黒大豆（ $5.5\pm 0.4\mu\text{mol}/10\text{g}$ 、全体の約60%）、次いで紅大豆（ $3.8\pm 0.4\mu\text{mol}/10\text{g}$ ）で、青エンドウ、ヒヨコ豆および大豆蒸し豆のDPPHラジカル消去活性は検出限界以下であった。このように、現在の市販の蒸し豆においては、蒸し豆の種類により抗酸化活性が顕著に異なっており、袋に入っている豆の量にも違いがみられた。これらを考慮して、袋に入っている蒸し豆の中で機能性が低い豆、具体的には大豆であるが、大豆蒸し豆の機能性を向上させる方法を検討することにより、袋入り蒸し豆全体の食品機能性を向上させることができると考えた。

通常、豆類は吸水処理を行うが、この処理により多くの抗酸化活性をもつ物質が廃液中に溶出する。しかし、吸水処理を行わずに豆の加工をおこなうことは難しいので、吸水処理で溶出した抗酸化活性を持つ物質を種実にも再吸収させる方法として真空含侵法を組み込むことを考えた。この方法は、茹でた根菜類に酵素類を真空含侵法で吸わせた後に調理を行うことにより、硬い根菜類の口腔内触感が柔らかく改善されることなど、食品物性に影響を与える技術として実用化に成功している方法である。

4 調査研究の方法

小豆は機能性の高い物質を多く含んでいるので小豆を材料として、小豆に含まれる機能性物質を全く含んでいない大豆を同時に浸漬することにより、小豆から溶出した機能性物質を大豆に移行させることができれば、機能性の高い蒸し豆を作ることにつながる。また、真空含侵法による真空条件に対してコントロールに相当する大気圧条件を設定し、両者の抗酸化活性物質の比較を行うことにより、真空含侵法の効果について評価した。

実験1) 小豆と大豆は北海道産のものを使用した。6グループの試料を準備し、豆重量60g、水240mlをそれぞれ加え、真空含侵法を組み込んだ真空条件で浸漬をおこなった。6グ

ループの名称は、小豆と大豆の重量割合の違いに基づいている。すなわち、例えば小豆の重量 0g と大豆の重量 60g を混合して用いた場合には、(0:1) と示し、以下同様に (0.5:1)、(1:1)、(2:1)、(3:1)、(4:1) として混合した豆を用いて実験を行った。また、比較実験のために 6 グループの同様の試料を準備し、豆重量 60g、水 240 ml を加えて大気圧条件で浸漬をおこない比較試料を準備した。それぞれは、浸漬液と浸漬豆を分離して、浸漬液は濾過して分析試料とした。また、豆は凍結乾燥機(EYELA FDU-830)で粉末にしたものを用い 80% エタノールと 70%アセトンを用いる抽出法で大豆抽出液を調製した。抽出液の DPPH ラジカル消去活性とポリフェノール含量の測定は研究室で行っている方法に従った。

実験 2) ポリフェノール濃度の異なる小豆液を用いて真空含浸法(真空条件)を組み込んで浸漬させた蒸し大豆の機能性向上の研究をおこなった。大豆 60g に水 240ml を加えて、その時に用いる水に小豆ポリフェノール濃度を代えた 3 群を用意して、真空含浸法(真空条件)により 24 時間浸漬させた。試料名の表示は、小豆ポリフェノール量が 141 mg の場合には A141、小豆ポリフェノール量が 283 mg の場合には A238、小豆ポリフェノール量が 0 の場合には A0 とした。小豆ポリフェノールを含む水溶液を用いて大豆を浸漬後に浸漬液は取り分け、大豆はビーカーに移してアルミホイル蓋を用いて、理化学用オートクレーブ(KTS-3045、アルプ株式会社)で、121℃、10 分間、0.18 MPa で蒸し豆を製造した。豆は凍結乾燥機(EYELA FDU-830)で粉末にしたものを用い、80%エタノールと 70%アセトンを用いる抽出法で大豆抽出液を調製して分析試料とした。抽出液と浸漬液の DPPH ラジカル消去活性を測定した。

5 調査研究の結果及び考察

実験 1) 小豆と大豆の混合割合が異なる試料を用いて、真空含浸法(真空条件)で得られた浸漬液の DPPH ラジカル消去活性と機能性成分の一つであるポリフェノール含量を検討した。真空含浸法(真空条件)で調整した場合には、6 グループの中で小豆と大豆割合が(4:1)の浸漬液における DPPH ラジカル消去活性が最も高い値で、 $11.9 \pm 0.02 \mu\text{mol/g}$ を示した。また、(0:1)の値と比較すると約 25 倍高かった。小豆と大豆の混合割合で小豆の割合が高くなるほど、DPPH ラジカル消去活性も高い値を示した。それに対し、大気圧条件で調製した場合は、小豆と大豆の割合が(2:1)~(4:1)の浸漬液における DPPH ラジカル消去活性は最大値の $6.4 - 6.5 \mu\text{mol/g}$ で、(2:1)以降はほぼ頭打ち状態であること、また(0:1)の時の DPPH ラジカル消去活性値と(4:1)のそれとは約 13 倍高い値を示した。すなわち、真空含浸法(真空条件)における(4:1)の時と大気圧条件における(4:1)の時の大豆抽出液の DPPH ラジカル消去活性値を比較すると、真空条件で調製した方が大気圧条件のそれより約 2 倍程度高いことが判った。

真空含浸法(真空条件)における小豆と大豆の割合が(4:1)の浸漬液のポリフェノール量は、最も高い値の $2.5 \pm 0.09 \text{ mg/g}$ を示し、(0:1)のその値と比較すると約 2.8 倍高かった。また、小豆と大豆の混合割合の中で小豆の割合が高くなるほど、ポリフェノール量も増大していた。すなわち、真空条件における浸漬液のポリフェノール量の変動は、DPPH ラジカル消去活性の場合と同様に、小豆の量に比例して増大する傾向が認められた。また、大気圧条件におけるポリフェノール量は、小豆と大豆割合が(3:1)~(4:1)の浸漬液におけるポリフェノール量が最も高い値 ($1.7 - 1.8 \text{ mg/g}$) であった。以上の事から、大気圧条件で浸漬するよりも、真空含浸法(真空条件)で浸漬する方が浸漬液の DPPH ラジカル消去活性およびポリフェノール含量は増大することを明らかにした。また、同じ豆の割合において、大気圧条件に比べて真空含浸法(真空条件)の方が、ポリフェノール量では最大約 1.4 倍、DPPH ラジカル消去活性では最大約 1.8 倍増大することを明らかにした。

小豆と大豆の混合割合が異なる試料を用いて、真空含侵法（真空条件）で得られた大豆種子抽出液の DPPH ラジカル消去活性と大気圧条件におけるそれらの値を求めた。真空含侵法（真空条件）で調製した場合は、6 グループの中で（4：1）の大豆種子抽出液における DPPH ラジカル消去活性が最も高い値（ $4.5 \pm 0.33 \mu\text{mol/g}$ ）を示し、（0：1）から（4：1）までの大豆種子抽出液における DPPH ラジカル消去活性は、小豆の割合が高くなるほど増大していて、（0：1）のその値と比較すると、約 4 倍高い値を示すことが明らかである。それに対し、大気圧条件で調製した場合の大豆種子抽出液における DPPH ラジカル消去活性は $0.7 - 1.2 \mu\text{mol/g}$ を示し、（0：1）の時の DPPH ラジカル消去活性値に対して（4：1）のそれは約 1.7 倍を示した。また、真空含侵法（真空条件）により調製した（4：1）の大豆種子抽出液の DPPH ラジカル消去活性は、大気圧条件により調製した（4：1）のその値に比べて約 3.8 倍高い値を示した。これらのデータは、真空含侵法により、大豆種子の機能性を高めることができることを示しており、蒸し豆にしたときにこの機能性が豆に残ることを期待している。

実験 1 では、真空含侵法（真空条件）と大気圧条件で浸漬させた大豆抽出液の DPPH ラジカル消去活性は、真空含侵法（真空条件）を組み入れた方が最大で約 3.8 倍は活性を高められることを明らかにした。ここでは蒸し豆にした結果のデータを示していないが、技術的にはこの真空含侵法を用いることで種実の機能性を高められることを示すことができた

実験 2）真空含侵法をおこなって大豆種子を取り出した後の浸漬液に含まれるポリフェノール量と DPPH ラジカル消去活性を測定した。A0 のポリフェノール量は $8 \pm 1\text{mg}$ 、A141 のそれは $81 \pm 9\text{mg}$ 、A283 のそれは $99 \pm 3\text{mg}$ で、ポリフェノール量は 35～40% は吸収されずに浸漬液に残っていた。また、その残った浸漬液の DPPH ラジカル消去活性は、A0 では 0 であったが、A141 のそれは $208 \pm 13 \mu\text{mol}$ 、A283 のそれは $434 \pm 6 \mu\text{mol}$ であった。次に、真空含侵法をおこなって得られた大豆を蒸し豆としたときの DPPH ラジカル消去活性とポリフェノール量を測定した。大豆 60g に対し、小豆ポリフェノールを 141 mg～283 mg 添加した水溶液 240ml で真空含侵法をおこなった蒸し大豆の DPPH ラジカル消去活性は、小豆ポリフェノール無添加に比べて 1.4～1.5 倍高い値を示した。また、小豆ポリフェノールを添加しなかった A0 大豆の DPPH ラジカル消去活性は $3.0 \pm 0.6 \mu\text{mol/g}$ を示したが、小豆ポリフェノールを添加しないで蒸し豆にすることで、DPPH ラジカル消去活性が上昇する理由については興味深く、例えばメラノイジンなどの生成も考えられるが詳細は今後の課題である。

実験 2 では、大豆 60g に対して小豆ポリフェノールを 141 mg～283 mg 添加した水溶液 240ml で真空含侵法をおこなって調製した蒸し大豆の DPPH ラジカル消去活性は、小豆ポリフェノール無添加で調製した蒸し大豆のそれに比べて 1.4～1.5 倍高い値であることを明らかにした。

これらの結果より、真空含侵法を組み込んだ蒸し豆製造をおこなうことにより、機能性の向上が期待できることを示すことができた。