

(論文内容の要旨)

豆乳製造時に副産されるオカラは、年間約 66 万 t といわれている。そのうち食用として利用されているのは 1%以下であり、殆どが飼料や肥料、産業廃棄物として処理されているのが現状である。そこで、本研究ではオカラの有効利用を目的に亜臨界水処理及び発酵により機能性を付加することで高付加価値化を目指した。

亜臨界水処理後のオカラ（以下、オカラピューレ）について糖質消化酵素に対する影響と血糖値上昇抑制作用、糖尿病抑制作用について検討した。オカラピューレは処理温度が高くなるにつれて糖質消化酵素の活性阻害が強くなった。マウスを使った糖負荷試験においてオカラピューレは食後の血糖値上昇を抑制することが明らかとなった。また、2型糖尿病モデルラットを用いたオカラピューレの長期投与において、HbA1c の血中濃度が実験開始後 4 週から 7 週にかけて低下する傾向がみられたが、未処理のオカラとの有意差はみられなかった。

オカラピューレについて、アンジオテンシン変換酵素（ACE）活性阻害作用を検討した上で、高血圧自然発症ラットに長期間投与し、血圧上昇抑制作用について検討した。ACE 活性阻害作用は、亜臨界水反応温度が高くなるにつれて強くなる傾向がみられたが、未処理のオカラには ACE 阻害作用はみられなかった。高血圧自然発症ラットをつかったオカラピューレ長期投与における血圧の経時変化は、実験期間 6 週から 8 週にかけて収縮期、拡張期両方の血圧が低下する傾向がみられたが、各群間に有意差はみられなかった。

オカラピューレの抗酸化能を DPPH ラジカル消去能により調べた結果、亜臨界水温度が高くなるにつれてラジカル消去能の強くなる傾向がみられた。また、抗プロモーター作用をマウス上皮細胞由来の JB6 C1 41 細胞を用いて検討した結果、オカラピューレには未処理のオカラにはない抗プロモーター作用がみられた。さらにマウス結腸がん colon 26/clone 20 細胞を移植したマウスによる抗腫瘍性を検討した結果、オカラピューレを投与した群で生存日数の延長傾向と腫瘍の増殖を抑制する傾向がみられた。

芽胞を形成し乳酸を産生する *Bacillus coagulans* によって発酵し保存性を高めたオカラ発酵物の腸内細菌叢への影響や免疫調節作用についてラット及びマウスを用いて検討した。その結果、ラットにおいてオカラ発酵物を投与した群では盲腸内フローラのビフィズス菌数が他の実験群より有意に増加しており、腸内細菌叢に対する割合も増加した。また、オカラ発酵物を投与した群では血漿中の総コレステロールが有意に低下した。さらに、オカラ発酵物を投与した群では血中の IFN- γ 濃度が他の実験群より有意に増加したが、IL-4 において有意差はみられなかった。次いで、TNCB により接触過敏症を発症したマウスの病態に及ぼす上記発酵オカラの影響について検討した結果、オカラ発酵物を投与したマウスの耳介の厚みや臨床スコアなどの症状に有意な軽減がみられた。また、血漿中の IL-4 濃度及び IgE 濃度がオカラ発酵物を投与した群で有意に低下した。

本研究の結果から、亜臨界水反応後のオカラ、*Bacillus coagulans* によるオカラ発酵物は機能性を有することが明らかとなった。今後、これらの処理によりオカラが機能性素材として有効利用促進に資することが期待される。

| | |
|----|------|
| 氏名 | 西 正人 |
|----|------|

(論文審査の結果の要旨)

オカラは高水分で腐敗しやすく、独特のざらついた食感などにより、食用としての利用は1%以下となっている。オカラを食材として有効利用する技術開発がなされてきたが未だ普及には至っていない。オカラを食用として有効利用を促進するためには、処理コストにみあう付加価値が必要である。

本研究は、亜臨界水技術及び発酵技術を使い、オカラに機能性を付加し、機能性素材としての利用を目指したものである。

オカラの亜臨界水処理では反応温度によって選択的に発現する機能性が異なっていることを明らかにした。すなわち、低亜臨界条件では食後血糖値の上昇を抑制する効果がみられ、高亜臨界条件下ではアンジオテンシン変換酵素活性阻害作用、抗酸化能、抗プロモーター作用、抗腫瘍性などの機能性を有することが示唆された。一方、*Bacillus coagulans* によるオカラ発酵物には腸内のビフィズス菌増殖促進による腸内環境改善や血漿コレステロール低下作用、さらにアレルギー抑制する作用などがみられた。

このように、本研究は、オカラの有効利用を目的に、切り口の異なる両技術を用いて、詳細な試験管レベル及び動物実験により様々な機能性が付加されることを明らかにした点は評価に値するものである。オカラピューレにおいては、抗糖尿病、抗高血圧等の機能性を付加することができたのみならず、今までのオカラにはない新たな物性を持つピューレを開発し、幅広い加工特性を持つ素材に変化させたことも特筆できる点と言えよう。また、*Bacillus coagulans* により発酵させたオカラについてであるが、*Bacillus coagulans* は、芽胞を形成するため、熱処理を含む様々な加工工程後においても、腸内で増殖できるという利点がある。しかし、*Bacillus coagulans* はこのような利点を有するが、乳酸菌のように様々な機能については報告がほとんどなされていない。本研究では、*Bacillus coagulans* により発酵させたオカラにビフィズス菌増殖作用を有することを見出した。本発見は、栄養学的見地からも高く評価され、第65回日本栄養・食糧学会大会にてトピック賞を受賞した。さらに、*Bacillus coagulans* により発酵させたオカラは、ラット及びマウスの免疫系にも影響を及ぼすことを見出し、特に、皮膚炎発症マウスへの投与実験において、優れた抗アレルギー作用を有することを明らかにした。

以上より、本論文では、上記研究を通し、亜臨界水反応後のオカラ、*Bacillus coagulans* によるオカラ発酵物は機能性素材として十分な生体調節作用を有することを明らかにした。また、亜臨界水反応後のオカラは、新規な物性を有し、幅広い加工特性を有することも見出した。今後、これらの処理によりオカラが機能性素材として有効利用促進に資することを期待したい。

よって、本論文は博士（生物資源環境学）の学位論文として価値あるものと認める。
なお、平成27年 2月12日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（生物資源環境学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。