

論文の内容の要旨および論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名：高橋 雅子

学位の種類：博士（食品栄養学）

学位記番号：博（健）甲第35号

学位授与年月日：令和8年3月2日

指導教員名：高崎健康福祉大学 特任教授

綾部 園子

審査委員：主査 高崎健康福祉大学 教授

村松 芳多子

副査 高崎健康福祉大学 特任教授

田中 進

副査 東京農業大学

名誉教授

岡田 早苗

論文題目

群馬県嬭恋村の伝統食品「くろこ」に関する研究

Study on "Kuroko", a traditional food of Tsumagoi Village, Gunma Prefecture

【論文の内容の要旨】

1. はじめに

「くろこ」はジャガイモを原料とした群馬県嬭恋村の伝統的な保存食品である。特産のジャガイモをすりおろしてデンプン（片栗粉）を採取した後の搾りかすを半年間冬季の屋外で保蔵したのち、洗浄・乾燥して製造する。製品の「くろこ」に加水してペースト状にしたものを加熱して食す。廃棄部分を利用したサステナブルフードであり、2022年には文化庁の「100年フード」に認定されたが、現在では製造者が減少し継承の危機にある。「くろこ」はこれまで経験的に製造されてきたため製造工程における科学的変化について不明な点が多い。そこで、本研究ではデンプン採取後の搾りかすである「くろこ原料」から「くろこ」になる製造工程における変化を明らかにするとともに「くろこ」を活かした新規調理品を開発し、地域の活性化に貢献することを目的とした。

2. 方法

「くろこ」の製造工程におけるデンプンや食物繊維などの成分変化と「くろこ」の収率に影響をおよぼす保蔵条件および微生物の関与と、「くろこ」の主成分である澱粉（希アルカリ処理）の諸性質を調べた。さらに、新規利用法としてパン製造への応用を試み、その調理特性や嗜好性について検討した。嬭恋村における「くろこ」の製造過程の保蔵試料と、研究室保存試料をそれぞれ調製した。両試料の保存温度と期間を決め経時的に試料採取し、一般成分、食物繊維総量、デンプン量および微生物について測定した。澱粉に関しては澱粉損傷度、色、光学顕微鏡観察、粒子分布、溶解度、膨潤度、示差走査熱量（DSC）等を測定した。調製したパンは比容積、色、テクスチャー特性の測定と官能評価を行った。なお、しろこ（通称、片栗粉）を同時に測定し対照とした。

3. 結果および考察

1) 伝統食品「くろこ」製造工程における成分および微生物の変動

「くろこ」の主成分は炭水化物で、乾物換算で約 90%が占めるデンプンであった。「くろこ」を取り出す最終工程で網袋の中の残渣を取り除いてしまうため、「くろこ」には食物繊維がほとんど含まれていなかった。研究室および嬭恋村で「くろこ原料」を半年間保蔵し、それぞれの試料から「くろこ」と「くろこ滓」を分離すると嬭恋村保蔵試料の「くろこ」の収率は 27%であった。それに対し、4℃で保蔵した研究室保蔵試料は 18%であった。「くろこ原料」には、片栗粉を揉み出す操作では分離できなかったデンプンが乾物換算で約 75%含まれており、嬭恋村の環境下での半年間の保蔵を経てデンプンが取り出しやすい状態になったことが示唆された。「くろこ原料」の保蔵期間中の嬭恋村保蔵試料および研究室保蔵試料について乳酸菌数、一般生菌数を調べると、保蔵 0 週から 8 週までは菌数の増加が確認され、それ以降各菌数の多い状態が維持された。嬭恋保蔵試料の 3 月～5 月上旬の平均温度は $12.8 \pm 3.7^{\circ}\text{C}$ であり、嬭恋村の「くろこ」製造過程での保蔵温度の影響が大きいことが示唆された。そこで、保蔵後半で各菌数の多い状態が維持されることに着目し、研究室で「くろこ原料」を 15℃で 8 週間保蔵したところ「くろこ」が容易に分取できた。これまで伝承されてきた半年間の保蔵を必要とせず、新規の「くろこ」製造方法の一つとして提案可能となり、伝統食品「くろこ」の継承に役立つと考えられた。

2) 「くろこ」の澱粉の諸性質とパンへの応用

「くろこ」の澱粉の諸性質を評価した結果、「くろこ」および「くろこ澱粉」の色は「しろこ」よりも茶色がかった。顕微鏡観察により、「くろこ」および「くろこ澱粉」ではデンプン粒の表面が損傷している粒があり、粒径は「しろこ」よりも分布範囲が広く、平均粒径も大きかった。DSC 測定では、「くろこ澱粉」は「しろこ澱粉」よりも糊化開始温度が低く、吸熱量も少なく糊化しやすいことが示された。澱粉損傷度は「くろこ澱粉」の方が「しろこ澱粉」に比べて有意に高かった。新規利用法としてパン製造への応用を試みたところ、配合の強力粉の一部を「くろこ」に置換したパンは、置換しないパンに比べて内相の色のくすみがあり、食する際に硬さを生じた。しかし、強力粉の 1/6 程度での置換であれば、官能評価において製品として十分受容されるパンであることが明らかになった。

4. まとめ

嬭恋村地域に伝承されている「くろこ」製造工程における重量の変化から、生ジャガイモからの「くろこ」の歩留まりを約 6%と推定した。次に、「くろこ」製造工程の成分および微生物の関与について検討し、15℃、8 週間の保蔵による新規製造方法を提案した。さらに、「くろこ」の澱粉の諸性質を評価するとともに、製パンへの応用を検討し、強力粉の 1/6 程度の置換であれば受容される可能性を明らかにした。群馬県嬭恋村の地域でも熱心に「くろこ」の保存活動を行っているが、「くろこ」誕生の背景や歴史や利用法を体験的に学ぶことは、嬭恋の自然環境や地域への愛着を生み、さらには、地域の活性化に繋がると考える。本研究では、天候によらず「くろこ」を製造する新規利用法を提案できた。伝統食品「くろこ」の継承と地域振興の一助となることを期待する。

【論文審査の結果の要旨】

「くろこ」はジャガイモデンプンを採取した後の搾りかすを再加工した群馬県嬭恋村の保存食品である。対馬（長崎県）地域でサツマイモデンプンを利用した類似の加工品にせんだんごがあり、麺（ろくべい、せんそば）や団子（せんちまき）として親しまれている郷土料理がある。学位申請者らの伝統食品「くろこ」に関する研究は、成分分析とその変動、微生物の影響、デンプンの性状、食品加工への応用の検討等、初めて科学的な根拠を明確にした研究である。

本文は第1章「序論」、第2章「嬭恋くろこ保存会の「くろこ」製造方法と歩留まり」、第3章「伝統食品「くろこ」製造工程における成分および微生物の変動」、第4章「「くろこ」の澱粉の諸性質とパンへの応用」、第5章「総括」から構成されている。

第1章では、「くろこ」が嬭恋村の風土、歴史に根差した伝統的な保存食品であることを踏まえ、その研究がほとんどなく2008年の明治大学との共同研究以降の追調査はないこと、製造工程の煩雑さや人々の嗜好の変化から、製造者が減少し継承が危惧されていることを述べている。

第2章では、「嬭恋村くろこ保存会」が継承している「くろこ」の製造方法における生ジャガイモからの「くろこ」の歩留まりを明らかにするために推計した。乾燥「くろこ」の収率は、生ジャガイモに対して約6%であると推定したことを考察している。

第3章では、「くろこ」の製造過程における成分の経時的変化や、収率に影響を及ぼす保蔵条件および微生物の消長の影響を明確にするために、さまざまな測定を行った。「くろこ」は炭水化物でその主成分はデンプンであり、食物繊維がほとんど含まれていないことを明確にした。製造工程において、「くろこ原料」には乾物換算で約75%のデンプンが残っており、嬭恋の環境下で半年間の保蔵を経て、「くろこ」が得られやすくなることを示唆した。8週まで保蔵期間中に乳酸菌および一般生菌の数は増加するが、それ以降は高い菌数が維持された。「くろこ」製造過程の菌数と保蔵温度の影響を考察し、15℃で8週間の条件で保蔵すると「くろこ」を効率よく分離することを見出した。この方法は「くろこ」の新規製造法として応用できると考えられた。

第4章では、「くろこ」とジャガイモから最初に分取するデンプン（片栗粉、「しろこ」）を比較するために、それぞれの澱粉を調製して澱粉特性の分析を行い、さらに新規利用法としてパンへの応用とその調理特性や嗜好性について検討した。「くろこ」および「くろこ澱粉」では表面が損傷している澱粉粒を、粒径は「くろこ澱粉」が「しろこ澱粉」より大粒かつ多数を占め、澱粉損傷度は高値であった。また、「くろこ」は「しろこ」よりも糊化開始温度が低く、吸熱量も少なく糊化しやすいことを確認した。これは、「くろこ」の表面が損傷していることに呼応し、80℃以上の高温で溶解度が高く、損傷澱粉の特徴と一致したことを示した。パン製造の際の膨潤力の小ささは、「くろこ」に含まれるたんぱく質などの影響がその一因であると考察している。「くろこ」のパンへの応用では、基準のパンと比較し内相の色がくすみと硬さに差違を認められたが、強力粉1/6「くろこ」置換パンであれば、十分受容されるパンであることを示した。

以上、「くろこ」の製造工程と「くろこ澱粉」の特徴について初めて科学的な視点から、「くろこ」の成分と保存中の微生物の変動、デンプン性状を明らかにした本研究は、学術的な価値が非常に高い。

伝統食品「くろこ」の、伝統的な製造方法を尊重しながら、気候変動や自然環境に左右されない製造方法を確立したことは大変興味深い。また、先行研究の誤測定を指摘し、その根拠過程を製造工程と試料採取から成分分析を経て説明していた点も高く評価できる。しかし、製造工程に関与する微生物の特定まで至らなかったことは残念である。この点に関しては今後の研究の発展を期待する。本研究の成果は、食文化としての伝統食品「くろこ」の継承、地域の活性化、食教育への未来振興につながる重要な知見と言えよう。

なお、本論文の本論文の第 3 章ならびに第 4 章の研究内容は、既に査読のある原著論文として掲載されている^{1,2)}。

論文審査は主査と副査 2 名による審査（2026 年 1 月 7 日）と、公開発表の場における最終試験（2026 年 2 月 12 日）により行われた。本論文は未知食材「くろこ」の発端研究であること、審査時および公開発表時の質疑に対する的確な応答等から、本研究科博士課程に相応しい内容であると言える。

以上のことから、論文審査および最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審議した結果、本論文が博士（食品栄養学）の学位を授与するに値するものと判断した。

- 1) 高橋雅子・阿部雅子・岡田早苗・辻聡・村松芳多子・綾部園子：伝統食品「くろこ」製造工程における成分および微生物の変動. 日本食生活学会誌, Vol. 35, 195-203 (2025).
- 2) 高橋雅子・阿部雅子・大田原美保・富澤歩美・村松芳多子・綾部園子：群馬県嬬恋村の伝統食品「くろこ」の澱粉の諸性質とパンへの応用. 日本調理科学会誌, Vol. 58 128-135 (2025).