

称号及び氏名	博士（保健学）	竹満 初穂
学位授与の日付	平成29年3月31日	
論文名	過熱蒸気炊飯装置を用いて炊飯した米飯の物性と香気特性 Physicochemical and flavor analyses of cooked rice prepared with a superheated steam rice cooking machine.	
論文審査委員	主査	乾 博
	副査	大 関 知 子
	副査	岩 城 俊 雄

論文要旨

I. はじめに

ご飯は低温で保管すると硬くなるが、これは糊化したデンプンが老化するためである。ご飯の老化は、給食や中食産業で大量炊飯後、ある程度時間が経ってから食される場合に特に問題となる。ところが、連続式の過熱蒸気炊飯装置を用いて調製した炊飯米（以下、蒸気炊飯米）は、時間が経ってもあまり硬くならない。このことは経験的に知られていたが、その理由は不明であった。そこで本研究では、蒸気炊飯米の特徴を物理化学的手法と官能評価により定量的に検討し、このような特徴が生じるメカニズムについて解明を試みた。また、蒸気炊飯米の香気特性についても詳細な検討を行った。

II. 過熱蒸気炊飯米の食味と物性

【目的】 蒸気炊飯米と通常炊飯米の老化に伴う変化を定量的に評価・比較した。さらに老化の抑制が可能となる炊飯方法を確立することを目的とした。

【研究方法】 試料は精白したコシヒカリを用い、過熱蒸気炊飯装置（エースシステム(株)）で炊飯した蒸気炊飯米と、家庭用炊飯器で炊飯した通常炊飯米を比較した。なお、本過熱蒸気炊飯装置はコンベアを用いた連続式であり、過熱水蒸気を直接コメに当てて加熱するとともに、糊化に必要な水をシャワーリングし、余剰水は排出され

る。物理化学的な評価として、物性・糊化度の保存に伴う変化、および炊飯米断面の観察を行った。また官能評価により食味を比較した。さらに、過熱蒸気炊飯過程でコメから流出する成分を分析した。

【結果および考察】 蒸気炊飯米は、物性測定の結果から老化に伴う経時的な硬さの上昇、粘りの低下が少なかった。また蒸気炊飯米の糊化度は、冷蔵保存後も通常炊飯米に比べ高く保たれていた。ヨウ素呈色させた炊飯米断面の顕微鏡観察により、通常炊飯米では濃い青紫色に染まる部分がみられ、デンプン粒から溶出したアミロースが偏在している様子が確認された。一方、蒸気炊飯米は均一に赤紫色に呈色し、デンプン粒からのアミロースの溶出が少ないことが示唆された。また蒸気炊飯米では細胞の形状が比較的規則正しく保たれていたが、通常炊飯米では細胞の形状がところどころ崩れていた。蒸気炊飯過程でコメから流出する成分をゲルろ過分析により調べたところ、その流出物は主にアミロースであることが確認された。さらに官能評価において、冷蔵保存後の蒸気炊飯米は通常炊飯米と比べて評価が高く、老化せずおいしい状態が保持されていた。

Ⅲ. 過熱蒸気炊飯米の香気特性と古米臭の低減

【目的】 Ⅱ. で実施した官能評価において、蒸気炊飯米の方が通常炊飯米よりも「においが弱い」ことが明らかとなった。そこで、Ⅲ. ではにおいが問題となる古米を用いて、においの違いが生じるメカニズムを明らかにすることを目的とした。

【研究方法】 試料は古米（コシヒカリ）を用い、過熱蒸気炊飯過程で生じる香気成分を網羅的に確認するため、炊飯装置出口に蒸留塔を設計・設置し、蒸気と共に抜け出てくる揮発性成分を回収した。回収液を試料とし、ガスクロマトグラフィー-においかぎ/質量分析計（GC-0/MS）を用いて含まれる香気成分の分析を行った。さらに蒸気炊飯米に含まれる香気成分を分析し、通常炊飯米とその量・質について比較を行った。

【結果および考察】 蒸気炊飯中に回収された揮発性成分を GC - においかぎ分析（GC-0）したところ、22 以上のにおいが感知され、そのうち 13 の香気成分を GC-MS により同定した。hexanal や (E,E)-2,4-decadienal といったコメの特徴的な香気成分に加え、longifolene や 2-methoxyphenol など、これまでジャポニカ精白米からは報告されていない 4 成分を新たに見出した。蒸気炊飯米中の香気成分を定量したところ、通常炊飯米と比べいずれも少なかったが、hexanal や (E,E)-2,4-decadienal といったコメの特徴的な香気成分に大差はなかった。一方、各炊飯米のヘッドスペース中にリリースしてくる香気成分を比較したところ、蒸気炊飯米は通常炊飯米に比べ非常に少なかった。特に古米臭の原因といわれる hexanal は 1/10 以下であった。蒸気炊飯米では、通常炊飯米と異なり、構造的に表層から香気成分がリリースされにくいと考えられる。

IV. まとめ

過熱蒸気炊飯では蒸気を直接コメに当てるため、コメの胚乳細胞組織を比較的保ったまま炊飯することができる。また、たとえ胚乳組織が崩壊して内部のアミロースが流出しても、上からのシャワーリングにより洗い流される。その結果、老化の原因となる、いわゆる「おねば」の層（主成分はアミロース）が、蒸気炊飯米には生じにくい。さらに「おねば」層が形成されないため、香気成分もリリースされにくくなると考えられる。過熱蒸気炊飯により、古米のほか、健康素材として注目されている大麦のにおいも低減でき、おいしく食べられる可能性が示された。

審査結果の要旨

本研究は、過熱水蒸気を用いた連続式炊飯装置で炊飯した米飯の食味特性について物理化学や分析化学などの手法を用いて詳細に検討したものである。本炊飯装置を用いて調製した蒸気炊飯米は、通常炊飯米と比較して、保存特性に優れており、時間が経ってもあまり硬くならない（老化しにくい）ことが知られていた。そこで本研究では、第1章で、蒸気炊飯米が老化しにくい理由について詳細な検討を行っている。一般に、炊飯中に内部のアミロースが溶出し、表層にいわゆる「おねば」を形成するが、同時に溶出してきたアミロースは集まって結晶構造をとりやすく老化の原因となる。ところが、蒸気炊飯米では蒸気を直接コメに当てて炊飯するため、コメの胚乳細胞組織が比較的保たれのまま炊飯され、内部のアミロースが溶出しにくい。さらに、たとえアミロースが溶出しても、加水しながら炊飯するため洗い流される。その結果、蒸気炊飯米は老化しにくいことを明らかにした。

次に第2章では、蒸気炊飯米の香りについて検討している。まず最初に、炊飯中に生じる揮発性成分（におい成分）についてGC/MS-におい嗅ぎ法を用いて網羅的な分析を行った結果、13種類の成分を同定した。なお、そのうち4種の化合物はジャポニカ炊飯米で初めて見いだされたものである。さらに、蒸気炊飯米は香りが弱く古米臭がしづらいという特性を明らかにし、その理由について検討している。その結果、古米臭の原因となる hexanal などのにおい成分の含有量は通常炊飯米と特に異ならないが、蒸気炊飯米ではコメの胚乳細胞組織が比較的保たれたまま炊飯されるため、におい成分も表層（おねば層）にあまり出てきておらず、そのため蒸気炊飯米表面から発散されにくいことを明らかにした。

これらの研究成果は、食品加工学や調理科学のみならず糖質科学、分析化学さらには栄養科学などの幅広い学問領域の発展に貢献するものであり、最終試験の結果と併せて博士（保健学）の学位を授与することを適当と認める。