

## 論文要旨

学位論文題目 大麦と米の混炊過程における両内在性酵素が糖生成に及ぼす影響

氏名 佐野 杏奈

近年、大麦の健康機能への関心は高まっており、機能性に関する研究報告が多くなされている。大麦はビタミン B 群, ビタミン E, ミネラルなどの微量栄養素や抗酸化成分であるポリフェノールも含むが、大麦の細胞壁の構成成分である水溶性の食物繊維 (1-3),(1-4)- $\beta$ -グルカン (以下 $\beta$ -グルカン) が注目されており、血中コレステロール低下作用, 血糖値低下作用, 内臓脂肪低下作用があると報告されている。さらにアレルギー反応を免疫学的に調節・制御できる可能性が示唆されており、ますます健康機能への関心は高まっている。

大麦の炊飯については、押麦, 米粒麦が用いられており、炊飯特性, 加水比, 加水比と麦飯の力学的特性の関係, 米と大麦の混炊における炊飯時の配合割合と麦飯の力学的特性との関係, 麦飯の嗜好性等について報告されている。大麦は加工法によって搗精度や加熱の有無が異なり、丸麦, 押麦, 切麦 (米粒麦) などがあるが、加工法の違いと麦飯の物理的特性や化学成分に関して詳細に検討した研究はなされていない。丸麦は押麦や米粒麦のように加工時の加熱処理を受けておらず、炊飯時に内在性酵素の作用が期待できる。食用としての関心が高まる大麦の利用を拡大するためには丸麦を用いた米と大麦の混炊についても検討する必要がある。さらに、米においては炊飯の温度履歴を変えることで飯の糖量に変化し、酵素による影響が大きいことが報告されているが、麦飯に関する報告はない。

そこで、本研究では炊飯の温度履歴が麦飯の成分に及ぼす影響や大麦の搗精度および加工法と麦飯の成分, 物性などの物理化学的特性との関係を明らかにすること, 麦飯の炊飯に関する基礎的な知見を蓄積すること, 米および大麦の混炊による糖生成への影響を様々な条件において検討すること, 混炊中の糖生成のメカニズムを米・大麦内在性酵素の炊飯中の挙動を明らかにすることによって解明することを目的とした。

まず、加工方法が異なる大麦の炊飯について、炊飯特性, 還元糖量, グルコース量, アミノ酸量, 物性の測定および官能評価によって比較検討した後、モチ性の丸麦に着目し、90%搗精米 (日本晴), 75%搗精丸麦 (モチリボン) を試料とし、官能評価により利用可能な混炊割合および加水量を決定した。各種糖量は生試料および炊飯後試料から終濃度 50%エタノールで成分抽出液を調製し、ソモギーネルソン法, フェノール硫酸法および HPLC により測定した。

ウェスタンブロット法では 20°C 1 時間浸漬後、炊飯途中の 40°C および 60°C 時点の米・大麦粒および炊飯液から粗酵素液を調製し、大麦 $\beta$ -アミラーゼ, 米 $\alpha$ -グルコシダーゼの抗体を使用し、酵素の有無を

調べた。また、免疫染色法では混炊および単炊した際の米粒を 4%PFA で 72 時間固定後、凍結切片を作成し、 $\beta$ -アミラーゼの抗体を使用し蛍光顕微鏡観察を行い、大麦 $\beta$ -アミラーゼの米粒内の局在を調べた。

酵素活性測定では米および大麦粉末からリン酸バッファーで粗酵素を抽出し、可溶性デンプン、米・大麦デンプンに 4~80°C で反応させ、加水分解活性を測定した。同様の粗酵素液と基質を用いて混炊モデル実験を行った。

ウルチ性大麦は加工法の違いにより、炊飯特性、飯の水分含量、炊飯中の糖の生成量が異なり、加熱加工がされていない丸麦は吸水しにくいという特徴があったが、炊飯中の糖の増加量は加熱加工された押麦よりも明らかに多かった。

モチ性大麦の受容される麦飯の条件は、官能評価の結果より混炊割合 50%、加水比が米に対して重量比 1.5、麦に対して重量比 1.8 となった。還元糖量、グルコース量、マルトース量の測定結果は単独炊飯から予測される計算値よりも実測値が上回り、混炊による糖生成量増加効果が確認できた。ウエスタンブロット法の結果では、米と大麦を混合し 20°C で 1 時間水に浸漬した時点で大麦の $\beta$ -アミラーゼは炊飯液中に溶出し、米粒内に浸入していることが明らかになった。炊飯途中の 40°C の時点においても米粒内に存在していることが確認できたが 60°C の時点の米粒内には $\beta$ -アミラーゼが検出されなかった。しかし、免疫染色法では混炊の 20°C 1 時間浸漬後、炊飯途中の 40°C および 60°C 時点のいずれにおいても米粒内に $\beta$ -アミラーゼの存在が確認でき、ウエスタンブロット法ではとらえられなかった 60°C の時点の $\beta$ -アミラーゼの挙動が明らかになった。米 $\alpha$ -グルコシダーゼの炊飯中の挙動は米の品種によって異なることが示された。加水分解活性の至適温度は大麦が 60°C、米が 65°C となり、米の酵素の方が高温側で作用しやすいことが示された。また、米酵素は大麦デンプン、大麦酵素は米デンプンにも作用することが示された。炊飯中の糖の生成は炊飯液中ではほとんど起こらず、米粒および大麦粒内で起こっており、マルトースとグルコースの増加が顕著だった。

これらの結果より、米と大麦の混炊中の糖生成量増加のメカニズムについて考察した結果、混炊中に大麦の $\beta$ -アミラーゼは米粒に移動し、米粒内の酵素とともに加水分解を行うことで糖の生成量が顕著に増加し、麦飯の糖量増加に寄与していることが示唆された。

本研究では米と大麦の混炊中の糖生成を中心とし、麦飯の炊飯について詳細に検討した。米と大麦を混炊することで単炊と比較して顕著に糖が増加することを確認し、そのメカニズムを酵素の炊飯中の挙動、酵素の特性などから解明でき、麦飯に関する新規知見を得ることができた。また、これまで炊飯過程における米粒中の酵素の局在を免疫染色法によって分析した研究はなく、本研究は炊飯に関する研究において重要な知見であると言える。