

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 早川 克志

人類の長い農耕の歴史の中でトウモロコシ、コメ、オオムギといった他の穀物には存在していたモチ種がコムギ (*Triticum aestivum* L.) には存在しなかった。うるち種の澱粉はアミロースとアミロペクチンで構成されているが、モチ種澱粉にはアミロースがほとんどない。モチ種ができるためにはアミロースを合成するワキシータンパク質 (GBSS I) が欠損することが条件であるが、コムギは 6 倍体であるが故に 3 種の GBSS I が全て変異する必要があったため、天然にはモチコムギは存在しなかった。このような状況下、世界で初めてモチコムギが作出された。本論文は、新規に作出されたモチコムギの澱粉性状の解析、モチコムギの果皮で発現する GBSS I のアイソザイムである GBSS II の解析、澱粉特性をもつモチコムギの二次加工特性の把握を行い、食品工業におけるモチコムギの潜在能力を明らかにしたものである。

緒論で研究背景を述べた後、第一章では、モチコムギ澱粉の糊化、老化特性の把握および澱粉の分子構造の特徴を明らかにしている。作出されたモチコムギ澱粉のアミロース含量はほぼ 0% であり、澱粉のほとんどがアミロペクチンであった。また、ラピッドビスコアナライザーで解析したモチコムギ澱粉の糊化開始温度、糊化ピーク粘度、糊化後冷却時粘度は、両親系統を含むうるちコムギに比べて極端に低かったことから、モチコムギは、低温で澱粉の膨潤が始まること、糊化澱粉の冷却時の粘度上昇にはアミロースが重要な役割を担うことが推察された。一方、示差走査熱量計 (DSC) 解析により、モチコムギの糊化特性関連温度およびエンタルピーは両親系統に比べて高いことが明らかになったことから、モチコムギは、うるちコムギより澱粉の結晶構造が強固で、結晶構造を崩壊するためにはうるちコムギよりエネルギーを要することが推察された。このことは X 線回折でもモチコムギがやや高い結晶性を示すことから確認された。また、両親系統に代表されるうるちコムギ澱粉では糊化後 1 週間冷蔵保存で再結晶の形成が観測されるのに対して、モチコムギ澱粉は糊化後 3 週間冷蔵保存後も再結晶構造はほとんど形成されないことが明らかになった。このことから、モチコムギ澱粉は非常に高い老化耐性をもつことが示唆された。アミロペクチンの構造を解析したところ、モチコムギの側鎖の平均重合度は、親品種系統より有意に高かったことから、モチコムギのアミロペクチンの構成グルコース鎖は、短鎖や長鎖に偏ることなく全体的に重合度が高いことが推定された。

第二章では、果皮における澱粉粒結合性澱粉合成酵素の性状を明らかにしている。モチコムギの胚乳澱粉のアミロペクチン含量は、両親系統より高い。アミロペクチンの構成成分である α 1-4 結合をしている直鎖状の分子の供給は胚乳中の可溶性 starch synthase (SS) および胚乳以外の組織にある SS のアイソザイムによってなされる可能性が高い。モチコムギの果皮組織には GBSS I とは分子量と等電点のいずれも異なる澱粉粒結合性の澱粉合成

酵素が存在することを見出し、GBSS II と命名した。GBSS II の二次元電気泳動パターンは GBSS I とよく似ており、GBSS I と同様に少なくとも 3 本の染色体にコードされるアイソザイムが存在することが示唆された。GBSS II の N 末端アミノ酸配列は、コムギの GBSS I とは類似しているが、完全に同じではなく、他の穀物やバレイショの GBSS I と高い相同性を示した。また、GBSS II は、植物の GBSS I や大腸菌のグリコーゲン合成酵素の基質結合部位と推定されている (Lys-Thr-Gly-Gly-Leu) というモチーフを含んでいた。GBSS II は、存在形態だけではなく構造的にも可溶性の SS ではなく澱粉結合性の SS であることが示唆された。開花後 5 日目ぐらいまでに、その後に分解され胚乳組織に転流される果皮澱粉を合成する酵素の一つが GBSS II であることが示唆された。

第三章では、モチコムギから調製した小麦粉の二次加工面における実用性を評価している。福島と盛岡の圃場で生産したモチコムギを二次加工試験として、パン、スポンジケーキ、バターケーキ、うどんと餃子等の麺皮食品に供した。小麦粉に対してモチコムギの粉を過度に (20% より多く) 加えるとほとんど全ての二次加工製品で官能的に劣るものになった。しかし、モチコムギの粉を 20% 以下混合した二次加工品はいずれも顕著に日持ち性が向上し、老化耐性が改善された。モチコムギ粉を含有する小麦粉で作製したパンは、一日保存後も保湿性、軟性、粘りを維持していた。調査したアプリケーションで最も高い効果を示したのは冷凍餃子であり、解凍後も硬くならないという性質を示した。以上の結果から、モチコムギは、新しい食品素材としてのみではなく、改良剤としての効果も期待できると判断された。

以上本論文は、モチコムギにおける澱粉の性状を明らかにするとともに、その澱粉合成に関わるアイソザイムを同定し、モチコムギの食品工業への応用を初めて示したもので、学術上、応用上貢献するところが少なくない。よって、審査委員一同は本論文が博士 (農学) の論文として価値あるものと認めた。