

論文内容要旨 (和文)

平成24年度入学 大学院博士後期課程

有機材料工学専攻 機能高分子分野

氏 名 村上 誓吾



論文題目 非晶性米粉の添加による米粉生地の製パン性向上と 新規非晶化技術による米澱粉の分子構造変化に関する研究

小麦にはグリアジン、グルテニンが含まれている。小麦を混練することにより生地に粘りとコシを与えるグルテンがグリアジンとグルテニンから形成される。グルテンの存在が小麦の生地に優れた成形性を与え、小麦はパン、麺、ケーキ等様々な加工食品に用いられている。しかし、グルテンはアレルギーの一種でもあり、小麦アレルギーを持つ多くの人々が存在していることも事実である。小麦アレルギーの患者は小麦を含む多くの加工食品を摂取することができない。こうした背景のもと、我々は小麦の代替品として米粉を用いたパンの製造方法の研究を行ってきた。米粉 100%の製パン技術の開発は小麦アレルギー患者のクオリティ・オブ・ライフの向上に大きく貢献することができる。米の主成分は澱粉であり、米には生地に粘りとコシを与えるグルテンが含まれない。したがって、小麦粉の代替品として米粉を用いた製パン技術を確立するには、グルテンに起因する強い粘弾性を米粉生地においていかに実現するかが重要な問題となっていた。ところが最近になって、非晶性米粉を生地に添加することで米粉のみで良好な製パンが可能になることが発見された。従来の非晶性米粉は製造時に熱と水を加えて炊飯する必要があり高コストの問題を含んでいたが、非晶性米粉の添加による製パン法の発見とほぼ同時期に、簡便に非晶性米粉を製造する新規技術が開発されることでこの問題も一気に解決した。非晶性米粉においては米粉内に存在する澱粉分子の結晶構造が崩れており、非晶性米粉に水を加えた生地は通常の米粉である結晶性米粉の生地よりも非常に良く粘る性質をもつ。この特性が良好な製パンを可能にする。新規製造技術は熱した臼によって熱とせん断を米粒に同時に印加し粉砕する加熱・せん断粉砕により瞬時に澱粉分子の結晶構造を崩し非晶性米粉を製造するものである。

本論文の一つの目的は非晶性米粉の添加により米粉生地において良好な製パンが可能になる原因を明らかにすることである。また、加熱・せん断粉砕が米粉に与える影響を分子的観点から明らかにすることを目的としている。

本論文は、全4章から構成されている。主な内容を以下に記す。

第1章「序論」では、小麦パンに関する知識、米粉代替食品開発への動機、澱粉の非晶化技術等を簡単に述べた。本研究に至った研究背景、研究目的を述べた。

第2章「製パン性へ与える米粉の粒度と非晶性米粉の添加の効果」では、良好な製パンが可能に

なる原因を明らかにするため、非晶性米粉と結晶性米粉の割合を変化させ生地の特徴を調べた。非晶性米粉を用いずに結晶性米粉の粒度分布を制御することで製パンする技術の検討も行った。製パン実験と一軸伸長粘度測定、動的粘弾性測定の結果から、非晶性米粉を添加せずに結晶性米粉のみでの良好な製パンは可能であるが、条件成立や専用設備等の問題から実用的ではないことが確認できた。また、非晶性米粉の添加により米粉生地において小麦粉生地と同様にひずみ硬化性が発現することを初めて明らかにした。ひずみ硬化性の発現により米粉生地の発泡率を大きく向上できることも確認できた。

第3章「加熱・せん断粉碎による米澱粉の非晶化が澱粉の分子構造へ及ぼす効果」では、加熱・せん断粉碎による澱粉分子の構造変化を明らかにするため、加熱・せん断粉碎前後の米澱粉の分子量分布測定と鎖長分布測定を行った。分子量分布測定は中圧ゲル濾過法を用いた。鎖長分布測定は酵素にイソアミラーゼを用いて澱粉分子の α 1-6結合を切断した後キャピラリー電気泳動法で実施した。測定結果から加熱・せん断粉碎が澱粉分子の構造に与える影響が明らかになった。すなわち、澱粉の分子鎖が切断され低分子化することが明らかになった。また、クラスター単位で澱粉分子が低分子化しているという分子鎖切断の様式も示唆された。

第4章「総括」では、2章、3章で得られた成果をまとめ、研究を総括した。また、本研究の今後の展望について述べた。

本論文では、常温で水への高い膨潤性を示す非晶性米粉に着目し、これが米粉生地の製パン過程においてグルテンと同様の働きをすることを初めて実験的に明らかにした。具体的には、結晶性米粉に非晶性米粉を少量添加することで、従来の結晶性米粉の生地にはなかったひずみ硬化性が発現することを初めて明らかにした。また、本論文では、非晶性米粉の新しい製造方法である加熱・せん断粉碎に関する研究も行った。特に加熱・せん断粉碎が澱粉分子の1次構造へ与える影響に関して研究を行った。その結果、米粒を加熱・せん断下で粉碎することにより瞬時に澱粉分子を非晶化するだけでなく、同時に低分子化させることが可能であることが明らかになった。以上の研究成果は、新たな食品加工技術の発展の上で工業的、学術的意義の観点からも重要なものとなると考えている。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成29年2月1日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

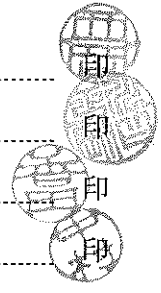
主査 西岡 昭博

副査 川口 正剛

副査 香田 智則

副査 中村 保典

副査 印



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	有機材料工学専攻・機能高分子分野 氏名 村上 誓吾		
論文題目	非晶性米粉の添加による米粉生地製のパン性向上と新規非晶化技術による米澱粉の分子構造変化に関する研究		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成29年 1月 25日～ 平成29年 1月 31日
論文公聴会	平成29年 1月 31日	場 所	工学部5号館302教室
最終試験結果	合格	最終試験年月日	平成29年 1月 31日

学位論文の審査結果の要旨 (1,000字程度)

本学位論文は、これまで絶対に不可能と考えられてきた米粉のみでの製パンを独自の手法により実現させ、その製パンメカニズムまでを明らかにしたものである。具体的には、常温で水への高い膨潤性を示す非晶性米粉に着目し、これが製パン過程において小麦グルテンと同様の働きすることを実験的に初めて明らかにした。従来技術のように小麦グルテンや増粘多糖類等を用いることなく、非晶性米粉を一般の米粉（以後、結晶性米粉）にブレンドすることで、米粉生地に高い製パン性を付与できることを明らかにした。さらには非晶性米粉の簡便な製造方法である加熱・せん断粉砕法に関する研究を行い、粉砕が澱粉分子の一次構造に与える影響を系統的に明らかにした。この方法は米粒を無加水で加熱粉砕するだけで澱粉を瞬時に非晶化出来るだけでなく、同時に澱粉を低分子化させる特徴ある手法と結論づけた。これまで不可能とされた米粉生地のみでの製パン法を提案・実現した点、独自の手法による非晶性米粉の製造法の開発とその非晶化メカニズムを明らかにした点において、当該研究分野における高い新規性が認められる。

第1章の「序論」では、小麦による製パン技術や米粉パンに関する動向などが述べられ、研究背景や研究目的が示されている。第2章では、米粉生地のみによる製パンを実現する2種類の手法を検討している。具体的には製パン性に与える1) 米粉の粒度による影響、2) 非晶性米粉の添加の影響について実験的に検討を行っている。さらに第3章では独自の非晶性米粉の製造法である加熱せん断粉砕法に関して、粉砕前後の澱粉分子の一次構造に現れる相異を系統的に明らかにした。加熱せん断粉砕法による澱粉の非晶化の過程で、特徴的な分子構造変化が誘起されることが実験的に明らかにされた。第4章では本論文を総括している。本論文により得られた一連の成果は、米粉100%による製パンを簡便に実現する上で非常に重要な成果であり、小麦アレルギー患者のクオリティ・オブ・ライフ（生活の質）の向上に大きく貢献する優れた研究成果と言える。この観点でも本学位論文の成果は、学術的価値は勿論、工業的にも高い価値が認められる。本論文に関連した村上氏を筆頭著者とする査読付きの論文2報（いずれも英文誌）はすでに専門誌に掲載済みである。以上、研究の新規性、学位論文の内容や体裁、内容公開状況等について本学の審査基準から総合的に判断した結果、学位論文として十分に認められるものであり、審査員一同は合格と判定した。なお本学位論文は、研究倫理又は利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。

最終試験の結果の要旨

学位論文の内容について、口頭発表40分、口頭試問50分の最終試験を主査と副査3名（うち1名は学外審査委員）により実施した。口頭発表においては、当該研究分野の従来知見から本研究の背景、本学位論文の位置づけ、目的、結果、考察、まとめについて分かりやすく正しい論理構成に従って発表していた。また、口頭試問においては、質問に対し、専門的な知識に基づいた的確な回答をした。最終試験の結果、村上氏は博士の学位を授与するのに十分な知識と能力を有していると判断し、審査委員一同は合格と判定した。