

論文内容要旨 (和文)

2021年度入学 大学院博士後期課程

有機材料システム専攻

氏 名 安孫子 眞鈴



論 文 題 目 米粉100%パンの製造を可能とする米粉生地の澱粉形態に関する研究

近年、小麦アレルギーやセリアック病、グルテン不耐症として対応すべき対象者の数が増加傾向にあり、対応食となるグルテンフリー食品の需要が高まっている。そのため、小麦の代替品として期待される米粉を用いた食品の加工に関する研究が盛んに行われている。小麦生地には、小麦のタンパク質により形成されるグルテンにより伸びの良さとコシが付与される。製パンにおいては、グルテンはパン生地中に網目構造を構築し、パンの骨格として作用することで気泡を生地の内部に閉じ込め、高い発泡性に貢献する。しかし、米粉生地は生地にコシを付与するグルテンの成分を含まないため、米粉生地を用いた際には気泡が抜けやすく発泡性の低いパンしか作製することができない。コシの強い生地を得るために、米粉パンの製パンには、増粘添加物を用いた生地の粘度制御が必要とされている。増粘添加物にはキサントガムなどの増粘多糖類や非晶性米粉、米ゲルを用いる例が報告されている。しかし、増粘添加物を使用する場合、それらのコストや製造設備、製造時間が別途必要になる。本論文では、増粘添加物を用いない米粉パンの製パンのために、米粉生地中の澱粉形態を調整することを提案する。米粉生地が「結晶性澱粉粒の塊」、「結晶性澱粉粒」、「非晶性澱粉粒」の3つから構成されていることに着目し、これらの比率を調整することで米粉生地の粘度制御が実現できる。

本論文は、全4章から構成される。以下にその概要を示す。

第1章「序論」では、澱粉の基本的な構造や特性、澱粉の非晶化技術、米粉生地の澱粉形態、研究の目的などを述べた。本論文で着目する、米粉生地を構成する3つの澱粉形態について説明した。また、本論文の目的は、米粉100%パンの製造に適した米粉生地の澱粉形態を明らかにし、製パンに適した米粉の製粉方法を確立することであることを述べた。

第2章「温度制御型臼式粉碎装置の条件変更に伴う米粉の形態変化」では、米粉生地中の各澱粉形態の割合と製パン性との関係を明らかにした。温度制御型臼式粉碎装置を用いて米粉の結晶化度や粒径を制御することで澱粉形態の違いによる製パン性への影響を評価した。実験は、偏光顕微鏡観察、製パン実験、レオロジー測定を行った。偏光顕微鏡観察の結果、温度制御型臼式粉碎装置の臼間距離を変更することで米粉生地中の澱粉形態を調整可能であることが明らかとなった。製パン実験の結果、米粉生地中に含まれる結晶性澱粉粒の塊の割合が多く、サイズが大きいほどパンの発泡率が増加することが分かった。また、レオロジー測定の結果より、結晶性澱粉粒の割合が多く、サイズが大きいほど発酵温度域における貯蔵弾性率が低く、緩い生地となることが明らかとなった。結晶性澱粉粒の塊の存在により、発酵時に生地が緩くなることで気泡が形成されやすくなり、焼成時には塊内部の澱粉粒が糊化することで生地が硬化し成長した気泡を生地の内部で保持できるようになったと考えられる。これらのことから、良好な製パン性を得るためには、生地中に含まれる結晶性澱粉粒の塊の存在が重要であることが明らかとなった。

第3章「二軸混練した澱粉生地の添加による米粉生地中の澱粉形態制御」では、アミロース含量と二

軸押出機による混練条件が異なる澱粉生地が米粉生地の製パン性とレオロジー特性に与える影響について明らかにした。添加する澱粉生地は、アミロースを含むうるち米澱粉またはアミロースをほとんど含まないもち米澱粉から作製した。澱粉生地は、二軸押出機により糊化のみを行ったものと、糊化した澱粉生地に対しさらに混練を加えた2種類を各澱粉で作製した。実験は、製パン実験、レオロジー測定、分子量分布測定、鎖長分布測定、SEM観察を行った。製パン実験の結果、二軸押出機により作製した澱粉生地を添加することで発酵時の発泡率が増加することが分かった。レオロジー測定の結果、うるち米澱粉生地を添加した場合は発酵温度域における貯蔵弾性率が増加し、もち米澱粉生地を添加した場合は貯蔵弾性率が低下することが分かった。アミロースの有無により増粘効果が異なった理由として混練による分子鎖への影響が異なったためであると考え、分子量分布測定と鎖長分布測定を行った結果も示した。うるち米澱粉は、糊化工程では分子構造が変化せず、混練工程で低分子化することが分かった。もち米澱粉は、糊化工程、混練工程どちらにおいても低分子化することが分かった。SEM観察の結果、澱粉生地はアミロースの有無によらず生地中で澱粉粒子の隙間を埋め、発酵時の脱泡を抑制する効果があることが分かった。これらの結果より、二軸押出機により作製した澱粉生地の添加は発酵時の気泡の形成・成長を促し良好な製パン性へ導くことが明らかとなった。

第4章「総括」では、各章の内容を概説した。また、結論と今後の展望について述べた。

本研究により、米粉生地中に含まれる結晶性澱粉粒の塊の存在は、米粉パンの製パンにおいて重要な因子であることを明らかとした。以上の研究成果は、米の製粉技術の向上や米粉食品の開発において重要な指標になると考えられる。

論文内容要旨 (英文)

2021年度入学 大学院博士後期課程

有機材料システム専攻

氏 名 安孫子 眞鈴



論 文 題 目 Study on starch morphology of rice batter for
pure rice bread production

Increasing number of gluten intolerance people leads to the rise of gluten-free foods demand. Also number of researches conducted on usage of rice flour replacing wheat is increasing. Gluten is protein in wheat forming a network structure in the batter, trapping bubbles inside the batter, and producing highly foamed bread. For rice flour which does not contain gluten, production of only lowly foamed bread was possible conventionally. For rice bread, to control the viscosity of the rice batter, thickening additives are usually essential. This study to propose a method for making rice bread without using thickening additives by adjusting the starch morphology in rice batter. We focus on three components of rice batter: lumps of crystalline starch granules, crystalline starch granule, and swollen amorphous starch granule. This paper consists of following four chapters.

Chapter 1, "Introduction" describes the structure and characteristics of starch, starch amorphization, starch morphology in rice batter. It also describes the purpose of the research.

Chapter 2, "Changes in the morphology of rice flour due to changes in the conditions of a temperature-controlled milling machine". In this chapter, the relationship between the ratio of starch components in rice batter and bread-making properties was clarified. The results found that the expansion ratio increases as proportion of lumps of crystalline starch granules amount in the batter increases.

Chapter 3, "Control of starch morphology in rice batter by adding twin-screw extruded starch batter". In this chapter we show that amylose content of rice starch and kneading conditions affects the bread-making properties and rheological properties of rice batter. It was found that the addition of rice batter prepared in this chapter promotes the growth of bubbles during fermentation, offering good bread-making properties.

Chapter 4, "Summary" provides an overview of the study results that show important indicators for

氏 名 安孫子 眞鈴

developing rice flour foods.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

令和 6 年 2 月 8 日

有機材料システム研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 西岡 昭博
副査 香田 智則
副査 松葉 豪
副査 宮 瑾
副査



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	有機材料システム専攻 氏名 安孫子眞鈴		
論文題目	米粉 100%パンの製造を可能とする米粉生地 of 澱粉形態に関する研究		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	令和 6 年 1 月 29 日～ 令和 6 年 2 月 8 日
論文公聴会	令和 6 年 2 月 8 日	場 所	未来ホール
最終試験結果	合格	最終試験年月日	令和 6 年 2 月 8 日

学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)

本学位論文では米粉生地中に存在する澱粉粒子の集合の形態を表す「澱粉形態」に着目し、米粉による製パン性との相関を系統的に議論している。近年、小麦アレルギーやグルテン不耐症として対応すべき対象者の数が増加傾向にあり、対応食となる米粉食品の需要が高まっている。小麦生地 of 良好な製パン性はグルテンに起因する。米にはグルテンを形成するタンパク成分が含まれないことから、米粉のみからなる生地では製パンは困難とされる。

本研究では小麦やグルテンを添加することなく、米粉のみで製パン性を付与することを目的としている。特に米粉生地中の澱粉形態に着目し、これを解決しようとしている点に特徴がある。生地中の澱粉形態を制御することで生地を製パンに適した粘度に調整でき、製パン性を付与可能であることを提案した。本論文は 4 章で構成されている。以下、各章の内容を記す。

第 1 章の序論では澱粉の基本的な構造や特性、澱粉の非晶化技術、米粉生地 of 澱粉形態について述べ、本研究の目的が述べられている。第 2 章では、温度制御型臼式粉碎装置 (以後 SHMM と略) により澱粉形態を調整した米粉生地 of 製パン性について検討されている。米粉生地中に結晶性澱粉粒の塊が半量以上含まれることが良好な製パン性を得るためには重要であることを明らかにした。第 3 章では二軸押出機により作製した澱粉生地を米粉生地 to 添加する効果について検討されている。米粉生地 to 澱粉生地を添加することで低温域における貯蔵弾性率が増加し、製パン工程 of 気泡の成長を促進する効果があることを明らかにした。第 4 章では本論文を総括している。一連の研究成果から「澱粉形態」という視点で米粉生地を 3 つのタイプに分類した (タイプ I、II、III)。タイプ I は「結晶性澱粉粒」のみからなる生地 with 発酵後・焼成後ともに発泡率が低く製パンに適さない生地、タイプ II は「結晶性澱粉粒」と「結晶性澱粉粒の塊」からなる生地 with 発酵後・焼成後ともに発泡率が高く製パンに適した生地、タイプ III は「結晶性澱粉粒の塊」のみからなる生地 with 発酵後の発泡率が低く焼成後の発泡率は高い値を示す生地である。

本研究成果については、申請者を筆頭著者とした 2 報 of 査読付き論文が学術誌に掲載されている。また、研究テーマには新規性・独自性があり、自ら研究を計画・遂行するための専門的知識を基に、研究背景および目的が正しく述べられている。学位論文 of 構成は適切で、体裁も整っており、記述は論理的であり、研究テーマに沿った明確な結論が述べられていた。以上、当該専攻 of 審査基準に基づき総合的に判断した結果、審査員一同は合格と判断した。なお、本論文は、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

最終試験を公聴会終了後に主査及び副査 3 名により実施した。学位論文を中心とし、関連のある科目について口頭試問を行った。その結果、学位論文に関わる基礎的事項についての確な説明を得ることができた。具体的には澱粉に関する知見や澱粉生地 of レオロジーに関する十分な専門的知見を確認した。最終試験の結果、申請者は博士 of 学位を授与されるのに十分な知識と能力を有していると確認できたことから、審査員一同は合格と判断した。