

平成 26 年 5 月 28 日現在

機関番号：11501

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23680072

研究課題名(和文) エラストマーの構造制御法から発想した米粉100%による全く新しい製パン技術の開発

研究課題名(英文) Development of New Baking Technique for Pure Rice Bread Conceived from the Structure Control Method of the Elastomer

研究代表者

西岡 昭博(NISHIOKA, AKIHIRO)

山形大学・理工学研究科・教授

研究者番号：50343075

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,600,000円、(間接経費) 5,880,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はエラストマーの構造制御法を応用して米粉100%による新しい製パン技術を開発しようとするものである。本研究では、米粉生地の製パン性とレオロジー特性に与える(1)非晶性米粉の添加の影響、(2)オイル添加の影響を検討した。米粉生地にオイルを添加することで発酵温度域における生地の粘弾性を制御可能であることが明らかとなった。さらに、オイル添加により生じる生地の粘弾性的性質の変化が製パン性に与える影響についても検討した。その結果、米粉生地にオイルを添加することで系のレオロジー特性に影響を与え、気泡径の微細化などの製パン性に影響することが分かった。

研究成果の概要(英文)：Purpose of this study is to develop new technique for making pure rice bread by conceiving from the structure control method of the elastomer. In this study, effects of (1) amorphous rice starch and (2) oil as additives were estimated. By adding oil, viscoelastic properties of rice dough under region of fermentation temperature can be controlled. Furthermore, effect of rheological change on processability for rice dough was estimated. From the results of this consideration, it is clarified that by adding oil with rice dough, rheological properties and processability such as having uniform cell can be easily controlled.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：調理と加工 食品加工とレオロジー 構造制御 米粉 製パン性

## 1. 研究開始当初の背景

申請者らのグループは、従来は絶対に不可能とされてきた米粉 100%による製パン技術の開発に取り組んだ実績がある。その結果、異分野の技術であるプラスチック発泡成形の考え方を応用し、米粉生地粘度特性(レオロジー特性)を制御することで、世界に先駆け小麦成分を全く含まない米粉 100%による製パン法を確立した。

しかし、我々の手法も含め、現在普及している製パン技術には、生地が非常に低粘度でなければ、製パン出来ないという重大な課題が残っている。このことは、クロワッサンやフランスパンなどに代表されるパン型を用いずに行う製パンが不可能であることを意味している。申請者は、「何故、米粉生地の場合、小麦粉パン生地と同程度の高粘度の生地では製パン出来ないのか」という難解な課題を長く抱えてきた。

そこで申請者は、専門であるプラスチック工学分野の手法であるオイル添加による熱可塑性エラストマー(熱で溶融するゴムの総称)の構造制御技術を応用し、米粉生地の粘弾性を積極的に制御できれば上記の課題を解決出来ると考えた。具体的には、米粉生地の混練時にオイル(油脂)を添加することで、米澱粉中のアミロースと油脂との複合体の形成を積極的に促すことにより、生地粘度などの粘弾性(レオロジー)特性を制御できれば、製パン性をコントロールできるのではないかと考えた。

これが出来れば、本研究分野の長年の課題であった高粘度領域も含め広い粘度範囲で製パンが可能になり、この分野の研究や産業に絶大なインパクトを与える意義ある成果になり得ると考え、本研究を立案した。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は申請者の専門である高分子材料分野で行われるオイル添加による熱可塑性エラストマー(熱で溶融するゴムの総称)の構造制御技術を食品加工に応用することで、オイル添加による米粉生地の粘弾性制御技術の確立とメカニズム解明および、この技術を応用した製パン技術の確立をおこなうことにある。具体的には(1)米粉の結晶性の違いが生地の粘弾性的性質に与える影響、(2)オイル添加による米澱粉の構造(結晶構造や脂質複合体構造)と粘弾性的性質との関連についての解析を行う。最終的には(3)実際の製パンまで行い、本制御手法を用いることにより従来不可能であった米粉 100%による製パン技術の確立までを目指す。

## 3. 研究の方法

### (1) 試料

米粉試料はフライスター社製の非晶性米粉(以下、A粉)日の本穀粉社製の結晶性米粉(以下、B粉)を用いた。添加するオイルは三和油脂製の食用米油を用いた。その他、砂糖、ドライイースト、水を用いた。

### (2) 生地の調製

米粉 200g、水 130g、砂糖 20g、ドライイースト 3g、米油(米粉に対して 3wt%、10wt%)を混練し生地を作製した。A粉とB粉の配合比は B100, B80A20, B60A40, B40A60, B20A80, A100 と変化させた。

### (3) 製パン実験

原料を混練し、大正電機社電子 SK-15 を用いて 40℃、30 分間発酵させた。その後、オザキ社製ガスオープン OZ100B0EC を用いて 180℃、30 分間焼成した。焼成後にパンの断面写真を撮影し、画像解析により気泡数、気泡面積を求めた。パンの断面積中に占める気泡の面積を発泡率として評価した。

#### (4) 米粉生地のリオロジー測定

装置は、Anton Paar 社製 PhysicaMCR301 を用いた。サンプルは、砂糖とドライーストを除いて作製した米粉生地を用いた。測定治具は、直径 25mm の平行プレートを用いた。測定条件は、周波数 10rad/s、ひずみ 0.1%、昇温速度 5°C/min、温度範囲 25~95°C で行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 非晶性米粉の添加が製パン性に与える影響

図1にA粉とB粉の配合比を変えて作製した米粉パンの発泡率を示す。図1より、結晶性単体の B100 は発泡率が 2.4%と気泡がほとんど入らなかった。生地に非晶性米粉を添加した系では、発泡率の向上が見られた。結晶性米粉と非晶性米粉の混合系において、非晶性米粉の添加量が少ない B80A20 や B60A40 では発泡率が 20%程度であった。一方、非晶性米粉を多く添加した B40A60 や B20A80 では、発泡率が約 50%と高い値を示した。非晶性米粉単体の A100 も発泡率 66%と非常に高い値を示した。

パンの気泡径に着目すると、結晶性米粉単体の B100 は、ほとんど気泡が観察されなかった。結晶性米粉と非晶性米粉の混合系において、非晶性米粉の添加量が少ない B80A20 や B60A40 では気泡径の小さい楕円形の気泡が含まれていた。一方、非晶性米粉を多く添加した B40A60 や B20A80 では気泡径の大きな気泡が多数含まれていた。また、非晶性米粉単体の A100 は最も大きな気泡を多数含んでいるパンだった。

以上の実験から生地に非晶性米粉を添加することでパンに気泡が入り製パン性の向上が見られた。さらに添加量の増加に伴い、気泡径も大きくなる傾向が見られた。

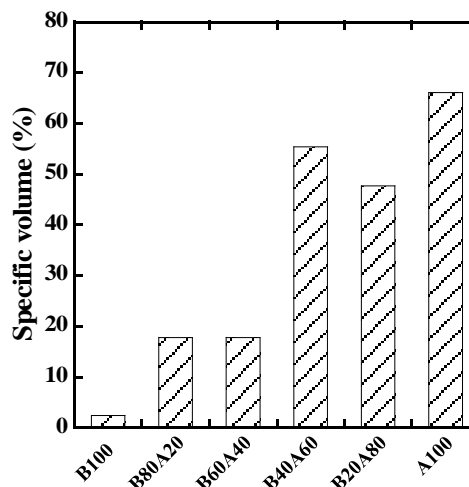


図1 A粉とB粉の配合比と米粉パンの発泡率の関係

##### (2) 非晶性米粉の添加が生地のレオロジー特性に与える影響

図2にA粉とB粉の二種類の米粉の配合比を変えて作製した生地の動的昇温粘弾性測定結果を示す。図2より 25°C から 40°C の温度域に着目すると、結晶性米粉単体の B100 は最も  $G'$  が高く、非晶性米粉単体の A100 は最も  $G'$  が低くなった。結晶性米粉と非晶性米粉の混合系においては、非晶性米粉の添加量が多い程、 $G'$  は低くなった。55°C から 65°C の温度域に着目すると、どのサンプルにおいても  $G'$  の急激な上昇がみられた。これは米澱粉の糊化に伴う上昇と考えられる。この糊化に伴う  $G'$  の上昇は非晶性米粉の添加量が多いほど大きくなった。

非晶性米粉を添加することで、発酵時の温度域である 25°C から 40°C の  $G'$  が最適化され、パンの気泡がより大きく成長したと考えられる。また、非晶性米粉を多く添加した系は 55°C から 65°C にかけてより急激に  $G'$  が上昇するため、パンの気泡の過成長を抑制し、破泡を抑えたと考えた。非晶性米粉の添加により (1)発酵温度域での  $G'$  の低下、(2)焼成温度域での  $G'$  のより急激な上昇の二点がパンの発泡率向上に効果的に作用したと考えられる。

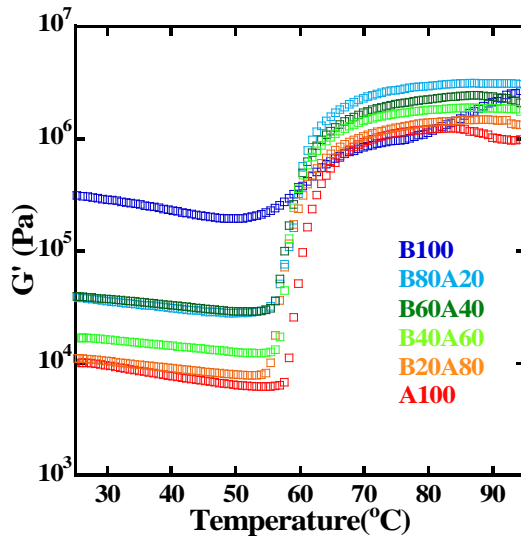


図2 動的昇温粘弾性に与える  
A粉とB粉の配合比の影響

(3) オイルの添加が製パン性に与える影響

図3に B100, B60A40, A100 においてオイルを 3wt%, 10wt%添加して作製したパンの発泡率を示す。どのサンプルにおいてもオイルを 3wt%添加することで、オイル無添加より発泡率が増加することが分かった。しかしながら、B100, B60A40 ではオイルを 10wt%添加すると、オイル 3wt%添加に比べて発泡率が低下した。一方、A100 ではオイルを 10wt%添加したものが最も発泡率が高かった。さらに、気泡径に着目すると、オイルを添加することで気泡径は大きくなることが分かった。これらの結果から、オイルは米粉生地中の非晶性米粉へ、より選択的に作用することで製パン性に影響することが示唆された。

(4) オイルの添加が生地のレオロジー特性  
に与える影響

図4に B100, B60A40, A100 においてオイルを 3wt%, 10wt%添加して作製した生地の動的昇温粘弾性測定結果を示す。図4より 25°Cから 40°Cの温度域に着目すると、どのサンプルにおいてもオイル無添加に比べてオイルを 3wt%添加した方が  $G'$  は低くなった。この結果から、オイルを添加することにより 25°Cから 40°Cの  $G'$  が低下した。その結果、パン

の気泡はより大きく成長し、パンの発泡率向上に効果的に作用したと考えられる。この結果は(3)で示した実験結果と矛盾しない。

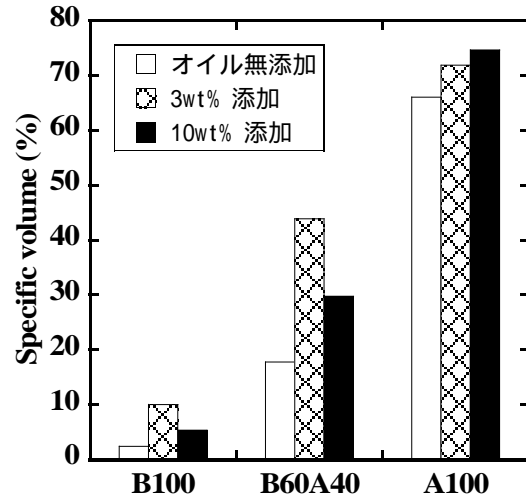


図3 パンの発泡率に与えるオイルの影響

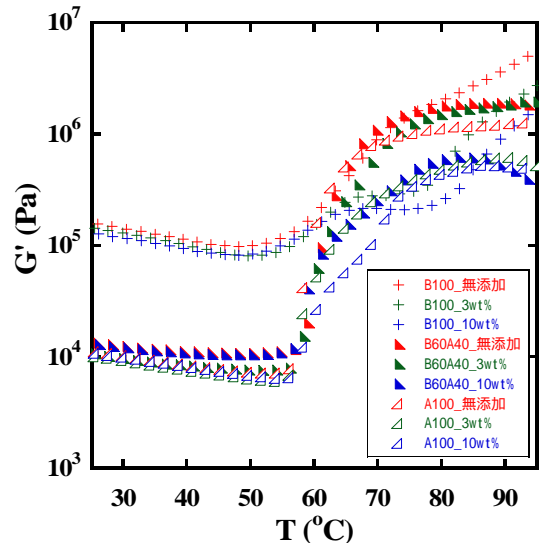


図4 生地の動的粘弾性に与えるオイルの影響

(5) まとめ

本研究の結果から、米粉生地にオイルを添加することで発酵温度域における生地の粘弾性を制御可能であることが明らかとなった。さらに、オイル添加により生じる生地の粘弾性的性質の変化が製パン性に与える影響についても検討した。その結果、米粉生地にオイルを添加することで系のレオロジー特性に影響を与える。これにより、気泡径の微細化などの製パン性に影響することが分かった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

1. R.Takahashi, A.Nishioka, A.Ishigami, T.Suzuki, S.Nishitsuji, T.Koda, Y.Aoki, Rheology of Polystyrene-*block*-poly[ethylene-co-(ethylene-propylene)]-*block*-polystyrene Tri-block Copolymer/Paraffinic Oil Blends—Effect of Oil Molecular Weight on the Order-Disorder Transition -, *Nihon Reorogi Gakkaishi*, 40(4), 171-177(2012).

[学会発表](計11件)

1. Seigo Murakami, Akihiro Nishioka, Tomonori Koda, Ken Miyata, Taichi Nishio, Effects of blended amorphous rice flour on rheological properties of rice dough, *The 9<sup>th</sup> International Workshop for East Asian Young Rheologists (IWEAYR-9)*, 2014年2月5日～8日, Soul National University (Soul, Korea)

2. 村上誓吾, 藤田直子, 宮田剣, 香田智則, 西岡昭博, 加熱・せん断型粉碎装置によって作製される非晶性米澱粉の非晶化メカニズムの解明, 日本応用糖質科学会平成25年度大会(第62回), 2013年9月25日～27日, 鹿児島大学農学部(鹿児島市)

3. 森谷真美, 香田智則, 宮田剣, 西岡昭博, 昇温過程における生地レオロジー特性とベーキングパウダーの分解挙動がスポンジの成形に与える影響, 第61回レオロジー討論会, 2013年9月25日, 山形大学工学部(米沢市)

4. 村上誓吾, 宮田剣, 西岡昭博, 香田智則, 新規粉碎装置で作製した非晶性米粉が米粉生地のレオロジー特性と製パン性に及ぼす影響, 日本応用糖質科学会平成24年度大会(第61回)2012年9月19日, 東京農工大学(府中市)

5. 村上誓吾, 宮田剣, 西岡昭博, 香田智則, 内部構造が異なる非晶性米粉が米粉生地の製パン性とレオロジー特性に及ぼす影響, 日本応用糖質科学会東北支部講演会, 2012年7月13日, カレッジプラザ(秋田市)

6. 太田亜美, 宮田剣, 香田智則, 西岡昭博, 非晶性米粉を用いた米粉100%生地のレオロジー特性と製パン性の相関解明, 日本食品科学会第59回大会, 2012年8月30日, 藤女子大学(札幌市)「若手の会・企業賞」受賞

7. 村上誓吾, 西岡昭博, 宮田 剣, 香田智則, 非晶性米粉が生地のレオロジー特性と製パン性に及ぼす影響, 日本レオロジー学会第39年会, 2012年5月11日, 東京大学生産技術研究所(東京都)

8. 高橋遼平, 青木雄二, 西岡昭博, 西辻祥太郎, 宮田 剣, 香田智則, ステレン系三元ブロック共重合体(SEEPS)/オイルブレンド系のレオロジー特性及び構造解析, 第59回レオロジー討論会, 2011年10月6日, 桐生市市民文化会館(群馬県桐生市)

9. 太田亜美, 勝野圭史, 宮田剣, 西岡昭博, 香田智則, 米粉パンの製パン性に及ぼす結晶化度と脂肪酸の影響, 日本応用糖質科学会第60回大会, 2011年9月29日, 北海道大学(札幌市)

10. 高橋遼平, 青木雄二, 西岡昭博, 村澤剛, 宮田剣, 香田智則, 三元ブロック共重合体(SEEPS)/オイルブレンド系におけるレオロジー特性とモルフォロジー, 日本レオロジー学会第38年会, 2011年5月19日, 京都リサーチパーク(京都市)

11. 太田亜美, 勝野圭史, 宮田剣, 西岡昭博, 香田智則, 脂肪酸の添加が米粉生地のレオロジー特性に与える影響, 日本レオロジー学会第38回年会, 2011年5月19日, 京都リサーチパーク(京都市)

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

西岡 昭博 (NISHIOKA AKIHIRO)  
山形大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：50343075

### (2)研究分担者

なし

### (3)連携研究者

香田 智則 (KODA TOMONORI)  
山形大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号：60261715