

玄米粉を用いた発酵パンの製造について

岡留美穂, 林 好子, 中川和秀, 大野信子

Making of Fermented Bread from Brown Rice Flour

Miho OKADOME, Yoshiko HAYASHI,
Kazuhide NAKAGAWA and Nobuko OHNO

Brown rice contains vitamin B₁, vitamin E, fatty acids and dietary fiber further than polished rice at the high concentration, and it is called having the high health effect. In the manufacturing, it is possible to hold the cost low by using brown rice. Therefore, the breadmaking using brown rice flour was examined.

1. On the fermentation temperature of dough, 30°C was more suitable than 25°C.
2. The hydration quantity was more abounding than the breadmaking from wheat flour, and 90% was adequate for brown rice flour.
3. It was possible to make the good bread by adding gluten at the 15% concentration to the flour. And, gluten also greatly affected the burn color of the bread.
4. It was possible to obtain stabilized and swollen form, when glucomannan is added with gluten. Furthermore, glucomannan removed the peculiar smell and taste of brown rice flour, and the flavor was improved.

Key word : brown rice, rice flour, fermented bread, gluten, glucomannan

キーワード : 玄米、米粉、発酵パン、グルテン、グルコマンナン

緒 論

日本における米の生産に関しては、1960年以来、ほぼ95%の自給率を保ってきている¹⁾。しかしながら、米の消費量そのものは、食生活の変化等に伴い減少してきた歴史がある。したがって、米の生産量そのものも減少してきているが、米の生産と消費の方向付けをすることは、今後の食糧政策の上で極めて重要な課題となっている。現在、わが国の食料自給率は40%と先進諸国の中でも極めて低いといわれている。このような状況下において、食料自給率の拡大のみならず、栄養学的見地からも米を見直して、その消費量の拡大をはかるとする

機運は大きくなってきている。

米の消費の拡大についての有効な手段の一つには、米粉からのパン製造が挙げられており、各地で実際の生産が広がってきている²⁻⁵⁾。一般に、発酵パンは小麦粉、ライ麦粉などの穀類の粉に水、酵母、塩などを加えてミキシングしたのち、酵母による発酵作用によりパン生地を膨らませて作るが、小麦粉を用いる場合には、その成分中のグルテンがパンの膨らみに関係している⁶⁾。米粉中にはグルテンと同じ役割を果たすタンパク質は存在せず、米粉からのパン作りには小麦グルテンの添加が必要となっている。実際に米粉を原料とするパン作りに関しては、グルテンの添加を含めこれまでにすでに多くの報告がなされている⁷⁻⁹⁾。米粉の製造には各種の方法があり、目的により種々の粉が作られており、パンに適したものも作られるようになってきている。栄養価ならびに機能性という面から麦類の全粒粉からのパンに相当する玄米粉からのパンも検討の余地のあるところではあるが、その報告は少ない。食味やにおい（ぬか臭）等の検討が必要なところも残されている。そこで、本研究では、玄米粉を使用した生地の発酵試験を試み、ぬか臭を抑えたパンの製法について検討した。

材料および方法

1. 材 料

材料の米粉は、製造時のコスト削減や栄養面を考慮して玄米粉を使用することにした。玄米粉はトレハロースを添加したトレハロース処理玄米粉を用い、これは印旛沼土地改良区から分与されたものである。トレハロースの添加はパンの老化を防ぎ、パサつきが改善されソフト感が持続されることや、製造工程が容易になるなどの効果が期待されている¹⁰⁾¹¹⁾。

2. 生地発酵力試験

発酵パン製造における生地の膨化はパン生地のグルテン形成、生地に加える材料、酵母の発酵力に左右される。玄米粉にグルテンを添加した以下のような組成のものを基本配合組成として用いた。グルテン添加量および加水量については検討することとする。生地体積の増加率は日本イースト工業会規格の方法¹²⁾を参考に測定した。

1) 材料の基本配合

・玄米粉	20.0g	(100)
・グルテン	ag	(b)
・食塩	0.4g	(2.0)
・砂糖	0.6g	(3.0)
・生酵母	0.5g	(2.5)

・温湯（約28℃）

2) 操作

- ① 玄米粉とグルテンをふるいにかけて、生酵母懸濁液に加えて薬さじで10回こねた。
- ② 残りの温湯に砂糖、食塩を溶かして加え、薬さじを用いて125回こねあげた。
- ③ 次に両手で生地を20回折り重ね、100ml容メスシリンダーの底部に空気を含まないように詰め、生地の頂部を平らにした。
- ④ このメスシリンダーを恒温水槽中に入れ、10分間隔で120分まで体積の変化を測定した。

3. 食パン製造工程

製造工程、発酵温度と時間、ホイロ温度と時間および使用した食パン型については実験結果の項で示した。

結果および考察

1. 生地発酵力試験

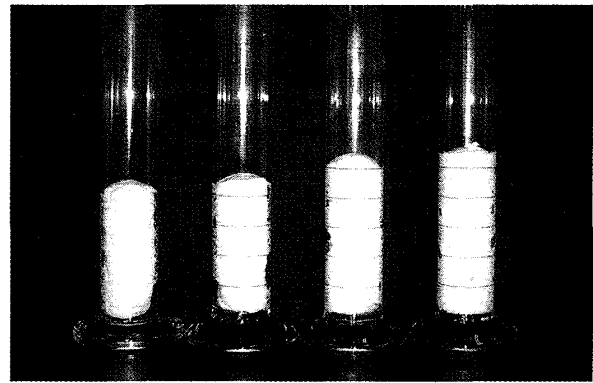
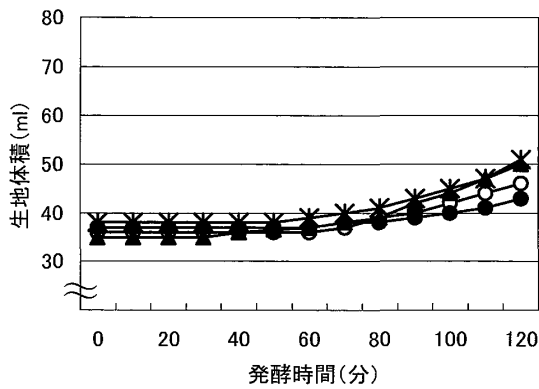
1) 加水量および発酵温度の比較

米粉はでんぷんが多く、水分を吸収するので、小麦粉を用いてパンを作る場合と比較して使用する水の量が多いといわれている。また、通常のパンの発酵温度は30℃であるのに対して、米粉パンは25℃で行っている事例もある。そこで、玄米粉パン生地の最適な加水量および発酵温度について検討した。

基本材料配合割合の加水量を、米粉重量に対して70%、80%、90%、100%として玄米粉パンの生地を調製した。このとき生地へのグルテンの添加量は、小麦強力粉のタンパク質含量が12~13%であることを基にして、ここでは玄米粉に対して15%になるように添加した。発酵温度は30℃と25℃にしてそれぞれ発酵槽に入れ、10分間隔で120分まで体積の変化を観察した。その結果を図1に示す。

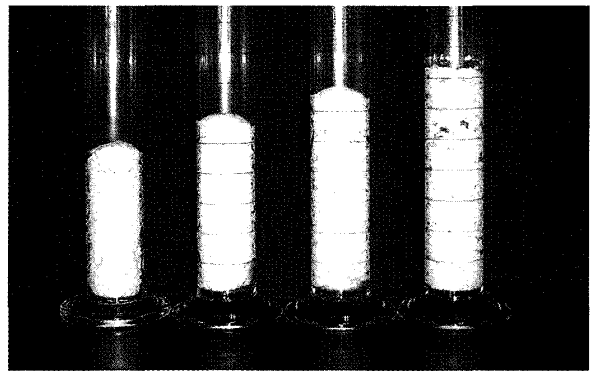
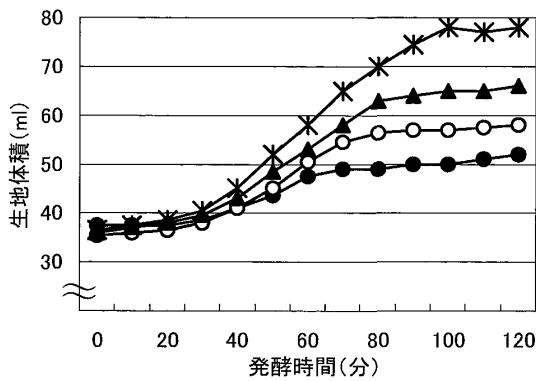
発酵温度が30℃の場合は、加水量100%の生地が最も膨張率が高くなったが、混捏時に泥状となり、手でこねる作業ができない軟らかい状態で、発酵終了後室温に放置しておくとし地の沈下がみられた。これに対し90%加水した生地は、軟らかいが手でこねられる硬さを保ち、膨張率1.8~1.9倍とよく膨らみ、発酵後の膨張状態も安定していた。発酵の経過をみると、30分くらいから徐々に膨張が始まり、100分経過するとほぼ一定となった。

発酵温度25℃の場合においても加水量90%の生地が良好な結果を示したが、膨張率は1.4倍で、最終的に30℃での発酵と比較して膨張率は約30%も低い結果を示した。その発酵経過は、60分くらいまでほとんど変化が見られず、120分経過したのちにも膨張を続けていた。



① ② ③ ④

発酵温度 25°C



① ② ③ ④

発酵温度 30°C

図1 加水量と発酵温度の異なる生地の発酵試験

加水量：①70% (●)、②80% (○)、③90% (▲)、④100% (*)

(写真は発酵時間120分のもの)

一般に小麦粉を用いてパンを作る場合には、粉に対して55～65%の加水量が適量であるとされているが、玄米粉の場合この加水量では水分が少なく硬い生地となり、そのために形成された気泡は小さく、生地の良好な膨化は望めない結果を得た。

以上のことから、玄米粉を用いた生地作りにおいては、加水量を米粉重量に対して90%とし、発酵温度を30°Cにすることが適当であると考えられた。

2) グルテン添加量の比較

発酵パンは酵母により発生した炭酸ガスが、形成されたグルテンの網目構造で保持されることが重要で、玄米粉に添加するグルテンの添加量について検討した。グルテンはグルリッ

チA（千葉製粉株式会社製）を用いた。

グルテン添加量は、玄米粉に対して0、5、10、15、20、25、30%として、また加水は前述の実験を基に玄米粉に対して一定量（90%）としてそれぞれの玄米粉パン生地を調整し、発酵温度を30℃として比較検討した。図2は発酵の経時的变化を示したものである。

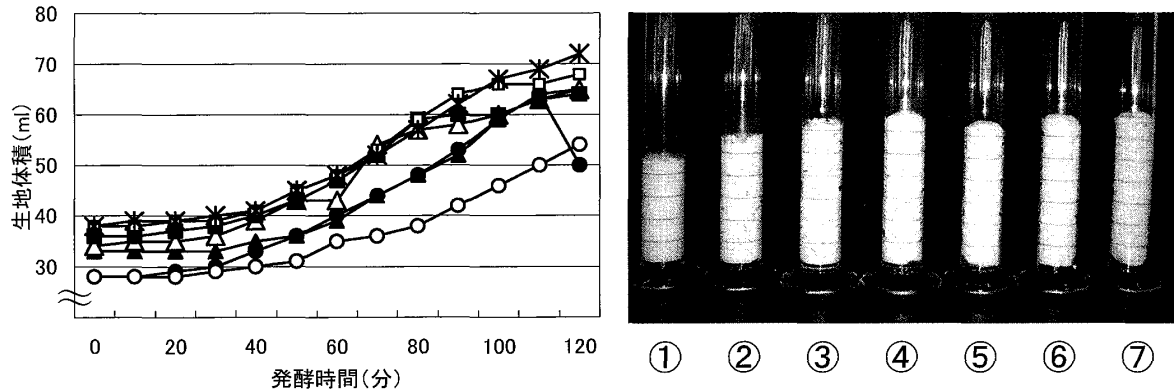


図2 グルテン添加量の異なる生地の発酵試験
 添加量：①0% (●)、②5% (○)、③10% (▲)、④15% (△)、⑤20% (■)、
 ⑥25% (□)、⑦30% (*)
 (写真は発酵時間120分のもの)

グルテン無添加の場合には、気泡は大きく荒いが、約2倍の膨張率を示した。しかし炭酸ガス保持能力がなく、室温の状態にすると同時に膨張していた生地は収縮していった。グルテンの添加量が5%、10%の場合においても無添加と同様に生地の沈下がみられた。これに対して、グルテンを15%添加した生地では気泡の保持が認められ、気泡は全体的に細かく広がり均一となった。しかし20、25、30%と添加量が多くなるにしたがい膨張率が増加することもなく、ほぼ同一の値を示し、発酵中の生地は気泡が不均一で目が詰まっているような状態となった。これはグルテン添加量に対して加水量が不足していたものと考えられる。

以上の結果より、玄米粉に対するグルテン添加量は、小麦強力粉のグルテン含量とほぼ同程度の15%が最適であるとわかった。これらの結果を基にして、次に食パンを製造した。

2. 食パンの製造

1) 材料および配合割合（1斤型使用：195×95×95mm）

- ・玄米粉 300g (100)
- ・グルテン ag (b)
- ・トレハロース 6g (2)
- ・食塩 6g (2)

・砂糖	9g	(3)
・脱脂粉乳	9g	(3)
・生酵母	9g	(3)
・ショートニング	15g	(5)
・温湯 (約28℃)	270ml	(90)

2) 製造工程と条件

- ① 混捏 (手ごね) 20分
- ② 分割・成型
- ③ 発酵 30℃、50分 (湿度80%)
- ④ ホイロ 40℃、50分 (湿度80%)
- ⑤ 焼成 180℃、40分

一般に、パン製造工程は一次発酵後にガス抜きをして二次発酵を行うが、米粉パンの場合は一次発酵のみで十分発酵するので、ガス抜きを行わずに製造した。

3) グルテン添加量の比較

玄米粉にグルテンをそれぞれ0%、10%、15%、25%添加した生地を作り、食パンの製造を行った。その結果は表1、図3に示す。

グルテンは気泡を保持するだけでなく、パンの焼き色にも大きな影響を与え、グルテン添加量が少ないと色づきが悪く、白っぽく仕上がった。製品としての食パンの形態または食感などから、グルテンを15%添加した場合が最も良好な結果を得ることができた。また、グルテン添加量を多くすると焼成後の焼けた外皮部分にしわが出来やすいことが認められた。

3. 玄米粉パンのぬか臭除去の検討

1) グルコマンナンの添加

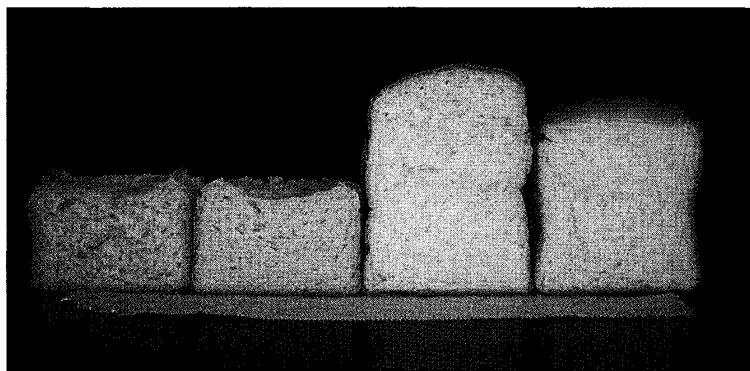
玄米粉を用いて作ったパンにはぬか臭が感じられることから、これを除去するためにグルコマンナン、ペクチン、プルランなど数種類の添加物について予備実験を行った結果、グルコマンナンに効果のあることを見出した。パン生地へのグルコマンナン添加については、老化を防ぎ風味の良いパンが出来るなどの報告もあり¹³⁾¹⁴⁾、予備実験においてパンの柔らかさを持続する効果があることが確認された。

そこで、基本材料にグルコマンナンを配合割合が0.5%、1.0%、1.5%、2.0%になるようにそれぞれ添加し、加水量は90%として、まず発酵力試験を行い、パン生地の膨らみや気泡の状態などについて検討した。その結果を図4に示す。

グルコマンナンは吸水性が大きく、その存在は生地の膨張に影響を与えるので、グルコマ

表1 グルテン添加量の異なる食パンの比較

グルテン 添加量	生地の状態	焼成後のパンの状態	
		パン中央の 高さ(cm)	気泡や色づきの状態、食感など
① 0%	粘りがなく 軟泥状	5.3 (側面 6.0)	発酵時には膨らむが、焼き始めると収縮し、焼き上がりは中央が少し沈下。内部の気泡は大きく均一。上部は白く、側面は焼き色が着く。食感は、しっとりし、もちもちした蒸しパン様。
② 10%	手につき、生地としてまとめられない状態	5.3 (側面 6.3)	中央が少し沈下し、気泡は細かく均一。上部は白っぽいが多少褐変、側面は焼き色が着く。もちもち感が残り、小麦パンの持つふわふわさが不足。
③ 15%	手でまとめられ、軟らかい状態	12.5	全体に焼き色を呈し、十分膨らみ、内部の気泡は細かくほぼ均一。ふんわりとして弾力性を有し、パンとしての風味と食感。
④ 25%	硬く、弾力がある状態	11.0	焼き色、組織、食感等グルテン 15%添加時とほぼ同様の製パン結果であるが、膨らみはやや劣る。



①0% ②10% ③15% ④25%

図3 グルテン添加量の異なる食パンの製造

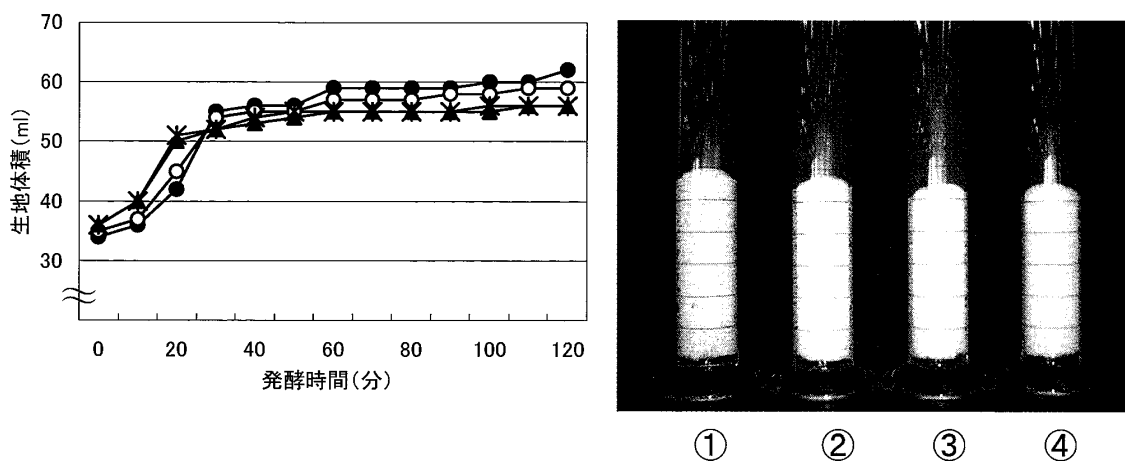


図4 グルコマンナン添加量の異なる生地の発酵試験

添加量：①0.5% (●)、②1.0% (○)、③1.5% (▲)、④2.0% (*)

(写真は発酵時間120分のもの)

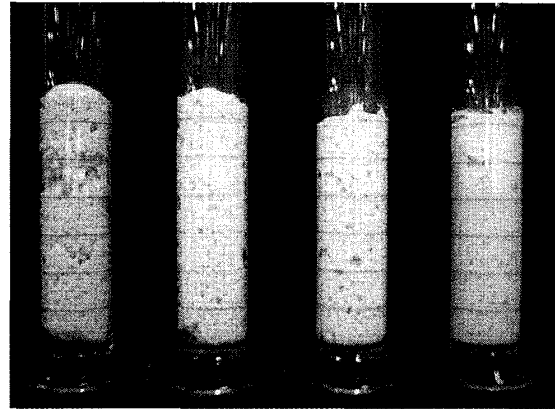
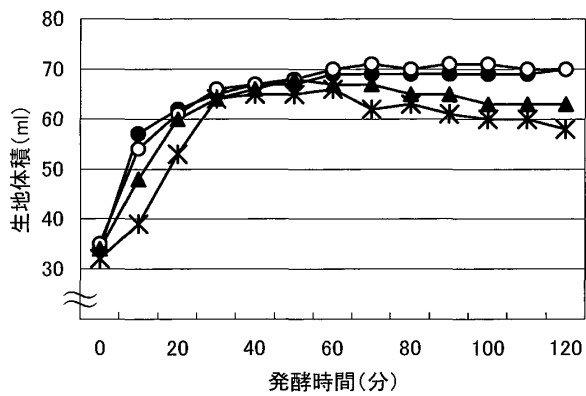
ンナン無添加の場合と同一加水量で行うと、添加量の増加に伴い生地の膨張が妨げられた。水分量が少ないと気泡の数や大きさに相違が認められ、1.5%または2.0%添加の場合は生地が目詰まった状態となり膨張が悪かった。

グルコマンナンを0.5%と1.0%の割合で添加した生地を比較すると、0.5%添加した場合には気泡の形成にむらが見られたが、生地は大きく膨らんだ状態となり、1.0%添加したものよりも良好な結果が得られた。そこで、グルコマンナンの添加量は0.5%と定めた。

2) グルコマンナン添加時の加水量の比較

グルコマンナン0.5%存在時に加水量が生地の状態や気泡に及ぼす影響について調べた。加水量を玄米粉重量に対してそれぞれ80%、90%、100%、110%になるようにして生地を調製した。その結果を図5に示す。

この結果から、グルコマンナンを添加すると、無添加のものと比較して生地の膨化状態が良好になることがわかった。加水量が80%と90%の場合は膨化した生地の体積に大差はなかったが、気泡の状態をみると、80%の生地には引っ張られて割れたような大きな気泡があり、生地が滑らかでなく荒れた状態に見えた。一方、90%の生地は、縦長の気泡が全体にほぼ均一に広がり、十分に膨らんで調べた中で最も良い状態であった。100%と110%の生地は加水量が多過ぎて、小さい気泡が認められ、また不均一で、つぶれていくものもあり、十分に膨らんだ状態を保つことができなかった。以上のことから、生地が十分にきれいに膨らみ最も状態が良好であったのは加水量90%の場合であった。グルコマンナン0.5%の添加量では、それほど加水量に大きな影響はみられないと考えられる。



① ② ③ ④

図5 加水量の異なるグルコマンナン添加生地の発酵試験
 加水量：①80% (●)、②90% (○)、③100% (▲)、④110% (*)
 (写真は発酵時間120分のもの)

3) グルコマンナンを添加した食パンの製造

玄米粉に対してグルコマンナン0.5%を添加し、グルテン15%、加水量90%の基本配合割合で食パンを製造した。グルコマンナンは吸水性および膨潤性が大きいので添加に際して事前に膨潤させておいた方が良いか否かについて、粉末で混合した場合 (①) と使用する水であらかじめ膨潤させてから混合した場合 (②) について比較検討した。その結果を表2と図6に示す。

表2 グルコマンナン添加時の非膨潤・膨潤の比較

	①粉末のまま添加	②膨潤させて添加
混捏時	ベタついて手についた。 5分位で生地が容器のボールから離れ始め、 7~8分位でまとまり始めた。	ベタついて粘りが強く、手によくついた。 15分過ぎ頃から生地がボールから離れ始め、 17分頃にまとまり始めた。 生地は柔らかいのに弾力があつた。
焼成後	中央の高さ 11.9cm 気泡が縦長で下の方の気泡は丸い。 玄米粉特有の味や臭いが減少。	中央の高さ 12.1cm 上部表面が凸凹しており、一度膨らんだ所が沈下したことが観察された。 気泡は縦長であり、下方に気泡が詰まった状態。



①粉末のまま添加 ②膨潤させて添加

図6 グルコマンナンの添加方法が異なる食パンの製造

生地混捏の前にグルコマンナンを膨潤させても粉末で添加しても、パンの焼成後の形態には大きな違いは見られなかった。しかし、あらかじめ水を加えて膨潤させた場合、混捏時に粘りが強く、まとめるのに時間を要するため、粉末のまま添加した方が製造しやすいという作業上の利点があった。

グルコマンナンを添加した製パンにおいては、焼成後の気泡が縦長でよく伸び、基本の生地で作ったものと比較してより安定してよく膨らみ、製品は、玄米粉独特のぬか臭い風味がほとんど消失しており、非常に食べやすくなった。また、数日間おいても柔らかく、硬くなく、老化を遅らせることも可能と考えられる。

以上のように、玄米粉食パン製造にグルコマンナンを添加することで大きな効果が認められた。

要 約

玄米は、精白米に対してビタミンB₁、ビタミンE、脂肪酸、食物繊維などの含有量が多く、保健効果大きい。また精米のためのコストも抑えられる。そこで、玄米粉を使用した製パンについて検討した。

1. 生地の発酵温度は25℃より30℃で行った方が良好な結果を得た。
2. 加水量は小麦粉製造パンより多く、玄米粉に対して90%が適当であった。
3. グルテン添加量15%で良好に膨らんだパンが出来た。また、グルテンの存在はパンの焼き色にも大きく影響を与えた。

4. グルテン添加と同時にグルコマンナン (0.5%) を粉末状態で添加することにより、さらに良好に膨らみ、保存状態が安定したパンを作ることが出来た。また、グルコマンナンの添加は、玄米粉特有の臭いや味を消去し、風味を改善した。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、有益なご助言を頂いた千葉大学園芸学部生物生産学科 藤井貴明教授に深く感謝申し上げます。また、和洋女子大学食品加工学研究室において卒論研究として実験の一部を行って下さった西本美香さん、松島めぐみさんに御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 農林水産省総合食料局、食料需給表 (平成17年度版) 概要 (2006)
- 2) 特集 米粉食品、食の科学、328、3~43 (2005)
- 3) 特集 米粉パンVS国産小麦パン、現代農業、82(7)、11~15・54~93 (2003)
- 4) 高橋仙一郎：コメの多角的利用 米粉の開発とその商品展開、食品工業、45(13)、32~37 (2002)
- 5) 坂本廣子、坂本佳奈：国産米粉でクッキング—おそうざいからお菓子・パンまで—、社団法人農山漁村文化協会 (2003)
- 6) 田中康夫、松本博：製パンの科学 (II) 製パン材料の科学、1~5、光琳 (1992)
- 7) 福山明子、日高照利、十川隆博、工藤哲三：県産米を利用した米粉パンの開発、宮崎県工業技術センター研究報告、49、89~93 (2004)
- 8) 中村幸一：米粉パンの開発、ジャパンフードサイエンス、40(11)、55~59 (2001)
- 9) 中林 徹、山崎栄次、苔庵泰志 他：米を主原料としたパンの製造技術の開発、三重県工業技術総合研究所研究報告、24 (2000)
- 10) 川合敏之：米粉パンへのトレハロースの利用、食品と科学、44(8)、76~79 (2002)
- 11) 林原生物化学研究所：(株)林原がトレハロース使用の「米粉パン」を開発、食の科学、290 (4)、36~39 (2002)
- 12) 日本イースト工業会：パン用酵母試験法 (1996)
- 13) 石井智恵美、中林みどり：製パン性に及ぼす食物繊維グルコマンナンの影響、文教大学教育学部紀要、32、37~47 (1998)
- 14) 石本美里、清水寿夫、森元 誠、Jason Hatchell：グルコマンナン配合の冷凍耐性食パンの検討、日本食品新素材研究会誌、2 (1)、35~38 (1999)

岡 留 美 穂 (家政学部健康栄養学科助手)
林 好 子 (印 旛 沼 土 地 改 良 区)
中 川 和 秀 (印 旛 沼 土 地 改 良 区)
大 野 信 子 (家政学部健康栄養学科教授)