

## 国産小麦粉を原料とする製パン技術の開発

廣瀬理恵子・佐藤 健・新井千秋<sup>1</sup>・柴田朋子<sup>1</sup>・丹下幹子<sup>1</sup>

<sup>1</sup>アサマ化成株式会社

### Development of Bread Making Method Using Japanese Domestic Wheat Flour

Rieko Hirose, Tsuyoshi Satoh, Chiaki Arai<sup>1</sup>, Tomoko Shibata<sup>1</sup> and Mikiko Tange<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Asama Chemical Co., Ltd.

A technology has been developed for bread making by using Japanese domestic wheat flour that is usually suited for noodle making, not for bread making. As compared with imported strong wheat flour, Japanese domestic flour is inferior in mixing tolerance of dough, gas-retaining properties, mechanical tolerance of dough, and fermentation, so that the bread made from domestic flour is of lower quality in loaf volume, flavor, texture and retrogradation. The objective of this study is to establish a method for producing Japanese domestic flour bread of high quality without any changes on the existing bread-making lines and processes. Based on 70% sponge-dough-procedure, sponge dough was improved with gliadin fraction, which were extracted from wheat gluten. By mixing the gliadin fraction, salt and surplus ascorbic acid, the sponge dough became softer and its gas-retaining properties were also improved. Moreover, the fermentation was accelerated in good state by raising the temperature of mixing end point and increasing the amount of yeast. Scanning electron micrograph (SEM) showed that the improved sponge dough after fermentation formed finer gluten networks than those of the sponge dough of strong flour. In addition, loaf of volume and rheological properties of crumbs of the domestic flour bread was similar to that of the imported strong flour bread.

(Accepted Mar. 19, 2004)

現在、我が国で生産される小麦の大部分はタンパク質の含量や性質から、うどんなどの日本麺用への利用が中心であり、小麦加工品として需要の多いパン類への利用は少ない。製パン工程は、小麦粉と水やイーストなどの副原料を捏ねる（ミキシング）ことによって生地を形成し、発酵を経て成形後焼成する。麺用に用いられる国産小麦粉でパンを製造すると、工程中ではミキシング耐性、発酵性あるいは発酵中のガス保持力、機械成形性などが劣り、出来たパンは膨らみが悪く、風味、食感などの点で、品質的に高い評価が得られない。一方、国内産小麦の生産量は平成13年に70万トン、14年には83万トンと米からの転作などで増産傾

向にあるが、利用面では加工適性に課題が残されており、需給のミスマッチが懸念される現状である<sup>1)</sup>。そこで、国内産小麦の需要拡大を図る上でも、加工品としての需要の多いパンへの加工適性を向上させる技術の開発が求められている。

筆者らは小麦タンパク質のグルテンより有機酸・エタノール水溶液で抽出したグリアジンを主成分とする可溶性画分（以後グリアジン画分とする）<sup>2)</sup>が、外国産パン用小麦粉を用いて製パンする際に生地形成時間の短縮や老化抑制<sup>3)</sup>、生地の伸展性、機械成形性の向上<sup>4)</sup>などの製パン改良効果があることを見出した。

そこで、このグリアジン画分を用いて、国内産小麦

粉(麵用)を原料とした製パン技術の開発を試みた。ここでは製造工程の各段階を実験室規模で検討した結果を報告する。

### 実験方法

#### 1. 供試材料

##### (1) 小麦粉

国産小麦粉としては市販ホクシン(麵用)100%粉(日本製粉㈱, タンパク質 9.8% 灰分 0.4%, 以下国産小麦粉とする)を用いた。対照として外国産パン用小麦粉である市販パン用強力粉(日本製粉㈱, タンパク質 12.2% 灰分 0.4%, 以下外国産パン用粉とする)を用いた。なお, 小麦粉は適正な熟成をとった後, 使用時までポリエチレン製袋(厚さ 0.08mm)に封入後, 冷凍保存した。

##### (2) グリアジン画分

小麦タンパク質から抽出, 調製したグリアジン画分(グリアA, アサマ化成㈱)を用いた。

##### (3) 製パン用副原料

製パン用の副原料としては, イースト(45 イースト, 日本たばこ産業㈱), アスコルビン酸(昭和化学㈱), 精製食塩(日本たばこ産業㈱), グラニュー糖(三井製糖㈱), 脱脂粉乳(H, 雪印乳業㈱), ショートニング(カナリヤエイト, 日本油脂㈱)を用いた。

#### 2. 製パン試験

パンの種類としては日本において, その需要の半分を占めている食パンを対象とした。製造方法は食パンの大量生産技術の開発を最終目的としたため, 70%中種法(4時間発酵, 以後標準中種法とする)を基本とし, 表1の配合により, 図1の工程で山型および角型食パンを調製した。

表1 標準中種法の配合

		Baker's%
中種	小麦粉	70
	イースト	2
	アスコルビン酸	0.001
	水	40
本捏ね	小麦粉	30
	食塩	2
	砂糖	6
	脱脂粉乳	2
	ショートニング	6
	水	24

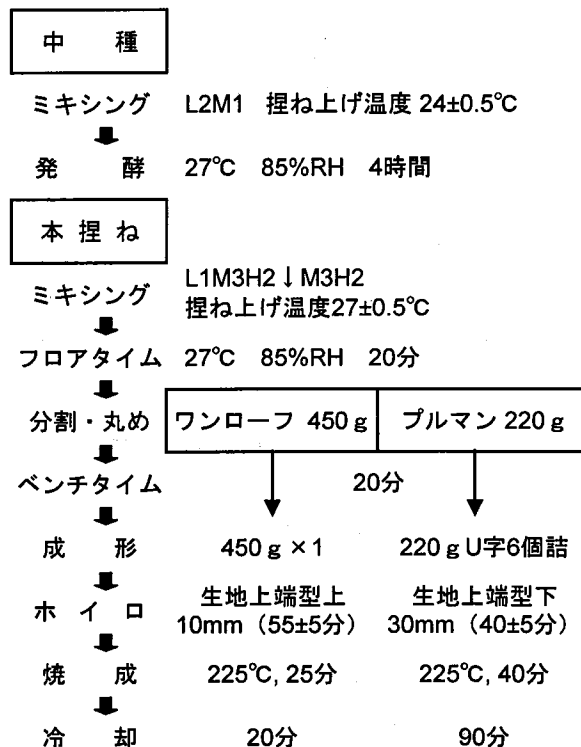


図1 標準中種法の製造工程

#### 3. 中種の発酵工程の検討

##### (1) 中種生地の膨張

国産小麦粉を用いて, ピン型ミキサーを使用し, 標準中種法による中種生地およびこれに食塩 2%を添加した生地 200g をメスシリンダーに入れ, 27°C, 85%RH で 4 時間発酵させ, その過程の容積変化を測定した。また, 製パンでの中種生地については 300g の生地と同条件の試験を行った。

##### (2) 中種生地の温度変化

中種発酵中の各生地温度の変化を温度記録計(安立計器㈱, AM-70521)により測定した。なお, 測定は, 中種発酵中の膨張変化と同条件で行った。

#### 4. 走査型電子顕微鏡による生地内相の微細構造の観察

中種発酵生地内相の微細構造は, 発酵後の一部を急冷用噴霧凍結剤により凍結させて切り取り, グルタルアルデヒド・オスミウムで二重固定し, 50~99.5% エタノールで段階的に脱水した後, t-ブチルアルコールで置換後, 凍結乾燥し, イオンスパッタにより金をコーティングして, 走査型電子顕微鏡(㈱日立製作所, S-2380N)により観察した。

#### 5. 山型食パンの体積測定

山型食パンは焼成後, 20分冷却し, 3次元計測器(㈱

アステックス, SELNAC-VM) によって体積を測定した。

## 6. 角型食パン内相の力学的特性の測定

角型食パンは焼成後1日経過した内相を25mm角に切断し、レオナー（株式会社 藤山電, RE2-3305S）により、圧縮応力（直径40mmのプランジャーにより1mm/secのスピードで70%圧縮した際の50%圧縮時の応力）および凝集性（直径16mmのプランジャーにより1mm/secのスピードで70%圧縮を2回行った際の応力を表す面積の比）を測定した。

## 実験結果

### 1. グリアジン画分添加の影響

国産小麦粉を原料とし、標準中種法により山型食パンを製造する際に、グリアジン画分を本捏時に2および3%添加し、得られた製品の体積を測定した。図2に示すように添加量の増加とともに体積も増加した。しかし、中種発酵工程においては生地体積の減少を認めた。そこで、伸展性に優れたグルテンネットワークを形成するグリアジン画分の添加を中種生地、本捏生地あるいはそれぞれの対粉の比率で検討した結果を図3に示した。いずれも無添加に比べて体積の増加が認められたが、特に中種へ3%添加すると、体積の増加が著しいことを認めた。

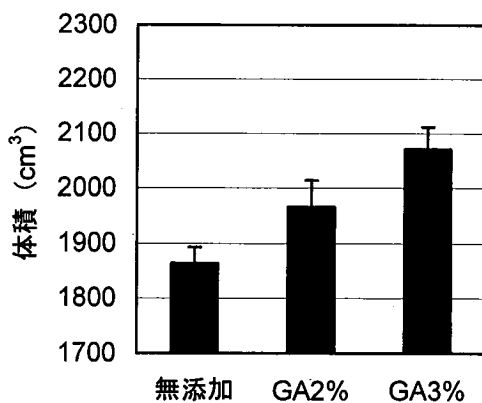


図2 グリアジン画分(GA)添加がパン体積におよぼす影響

### 2. 中種改良

#### (1) 食塩

製パンにおいて生地の物理性に重要な影響をおよぼす食塩の添加時期について検討した。結果は、図4に示したように、標準法では通常本捏ねに加える食塩

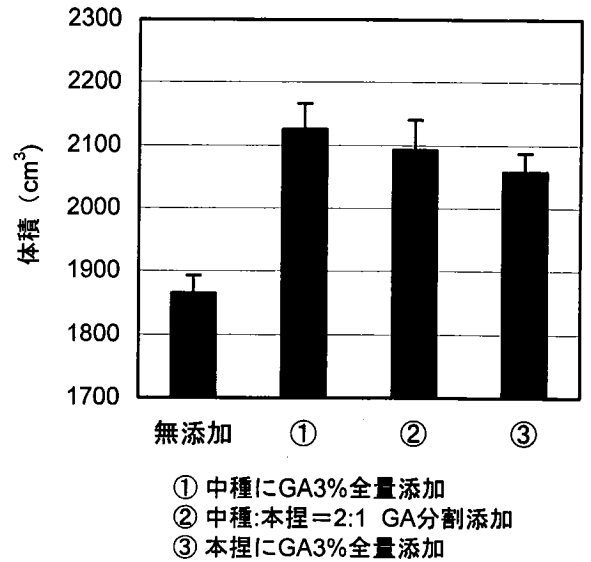


図3 グリアジン画分(GA)添加時期がパン体積におよぼす影響

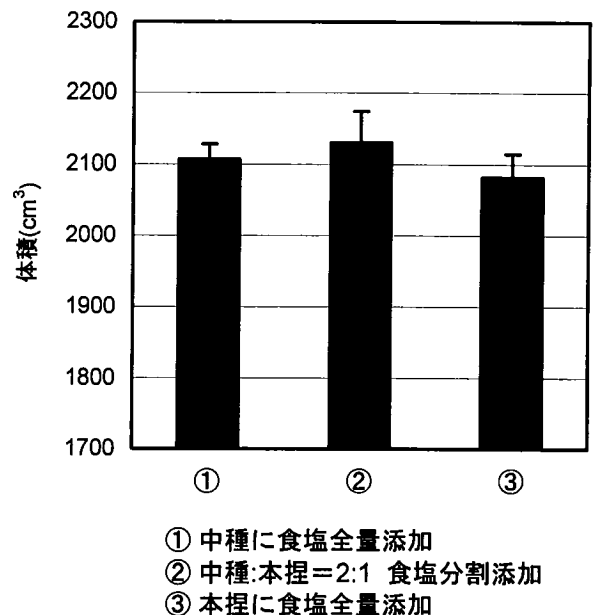


図4 食塩添加時期がパン体積におよぼす影響

の全量の中種生地に加えることで、パンの体積は増加した。中種、本捏に分割すると体積はさらに高くなった。しかし、中種生地に全量加えることにより、中種生地のミキシングにおいて、生地のベタつきがなくなり、十分なミキシングを行うことができた。そこで、製造工程上での改良として、添加する食塩の全量(2%)を中種生地に配合することとした。また、ピン型ミキサーを用いて、国産小麦粉で生地を調製し、発酵中の生地の膨張を測定した結果を図5に示した。無添加では2時間で体積が最も高くなるが、3時間で降体積の

減少が見られた。一方、食塩を加えた場合には安定した体積の増加が見られた。即ち、食塩添加の生地は発酵中のガスを保持する生地であることを認めた。

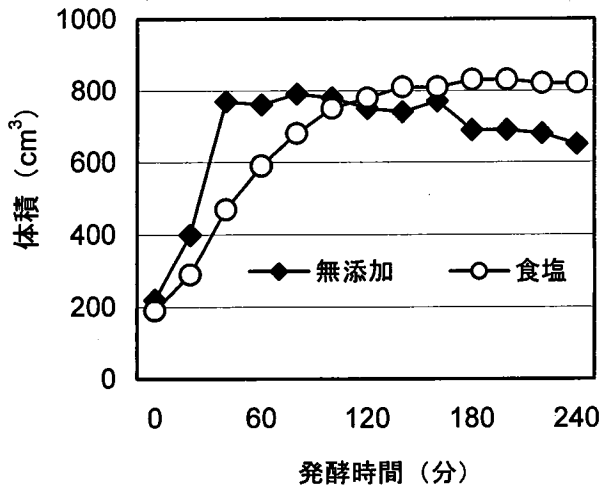


図5 食塩添加が生地体積の膨張におよぼす影響

#### (2) アスコルビン酸の添加量

酸化剤として用いたアスコルビン酸の添加量について検討した。結果は焼成後の製品体積として図6に示した。0.01%以上ではパン体積の増加は見られなかった。

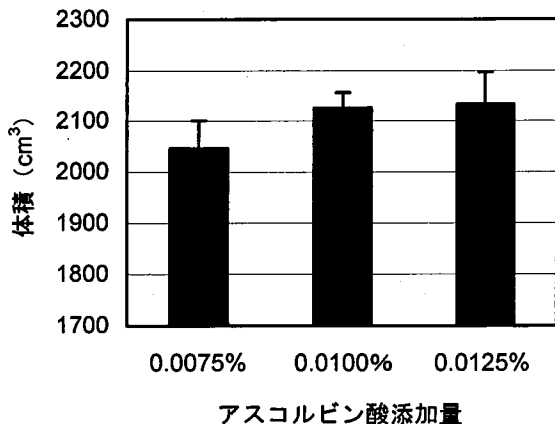


図6 アスコルビン酸添加量がパン体積におよぼす影響

#### (3) イーストの添加量

国産小麦粉を原料にした中種法での生地中の発酵性を高めるため、イースト添加量の検討をした。図7に示すように、イースト量を増やすことで、製品体積の増加が認められた。

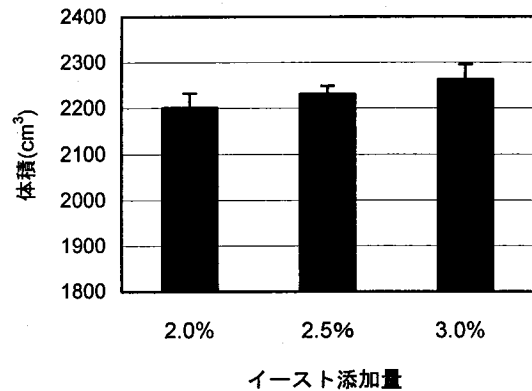
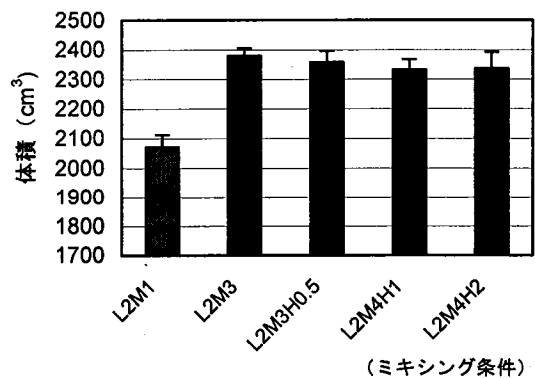


図7 イースト添加量がパン体積におよぼす影響

#### (4) 混捏 (ミキシング) 条件

パン生地は十分なミキシングによって、生地のグルテンネットワークを形成させることができ、中種発酵中のガス保持力を改善する可能性が考えられた。そこで、上記の製パン性の向上がみられた中種配合の条件、即ち原料粉に対して、グリアジン画分 3%、食塩 2%、アスコルビン酸 0.01%、イースト 2.5%を加えて、ミキシング条件を検討した。標準中種法より十分なミキシングを行い、その体積を測定した結果を図8に示した。



(L: 低速 M: 中速 H: 高速, 数字は時間 (分) を示す)

図8 ミキシング時間がパン体積におよぼす影響

いずれも標準法の L2M1 (低速 2 分 中速 1 分) より高い値が得られ、十分なミキシングを行う必要があることが示された。また、図9,10には中種発酵中の温度と生地体積の膨張の変化、図11には捏ね上げ温度と中種発酵後の生地体積を示した。国産小麦粉にグリアジン画分を添加した場合、捏ね上げ温度が通常の 24℃では外国産パン用粉のように生地体積が増加せず、3 時間以降減少した。捏ね上げ温度を 27±0.5℃に高めると外国産パン用粉と同程度の体積を維持した。

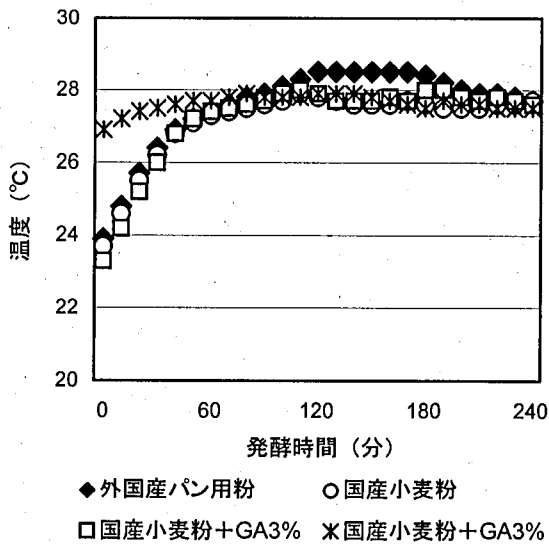


図9 捏上げ温度の違いによる発酵中の温度変化

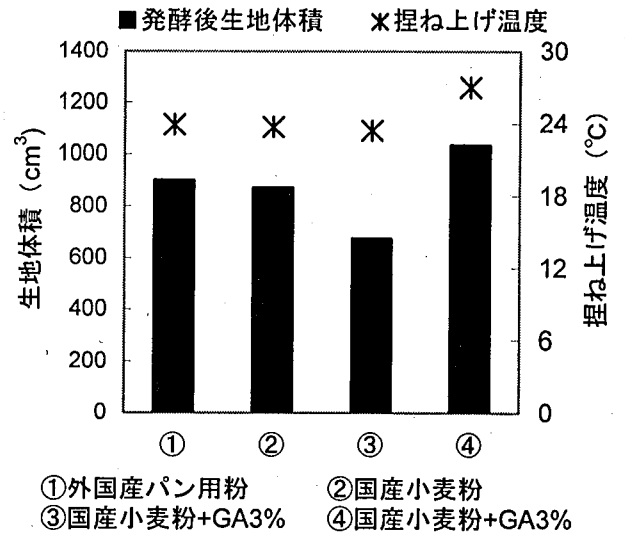


図11 捏ね上げ温度が中種発酵の生地体積におよぼす影響

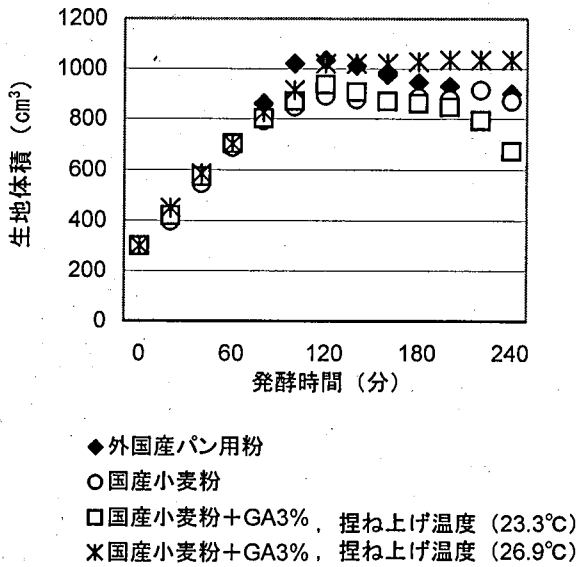
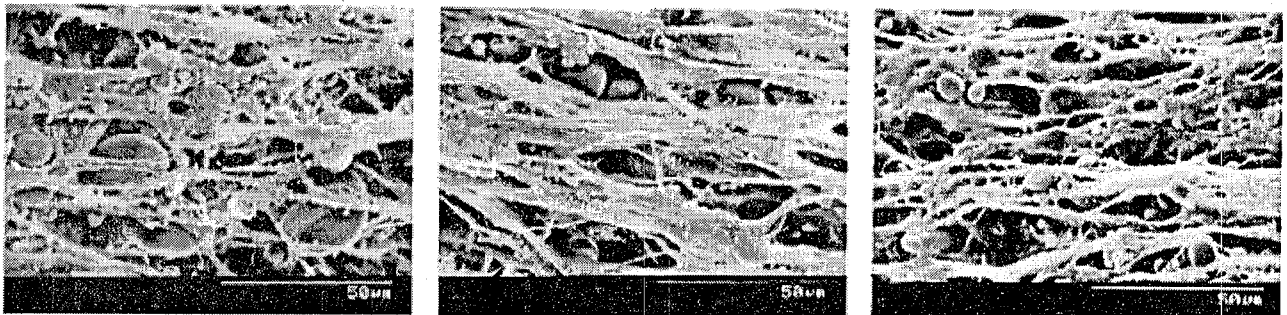


図10 中種発酵中の生地体積の変化

### 3. 中種発酵後の生地内相の微細構造

中種発酵後の生地内相の微細構造を SEM で観察し、図 12 に示した。国産小麦粉を用いた標準中種法による生地はグルテンネットワークが粗く、グリアジン画分を加えた改良中種法では細い繊維状の束が太い網目構造を形成し、外国産パン用粉を用いた標準中種法で調製したものより、緻密で方向性があることを認めた。



国産小麦粉無添加 (標準中種法)

国産小麦粉+GA3%(中種改良法)

外国産パン用粉 (標準中種法)

図12 中種生地発酵後の微細構造

#### 4. 製パン試験による食パンの内相物性

国産小麦粉を用いて、グリアジン画分を添加し、標準中種法に改良を加えたものを改良中種法と称し、これによって得られた食パンの硬さ(圧縮応力)、復元性(凝集性)を調べ、外国産パン用粉を対照として図13に示した。国産小麦粉を用いて標準中種法で調製した製品に比べると、グリアジン画分を添加し、中種を改良したものは圧縮応力(硬さ)が低く、凝集性(復元性)が高い、即ち軟らかさ、復元性が外国産パン用粉を使用した製品の値に近づいた。

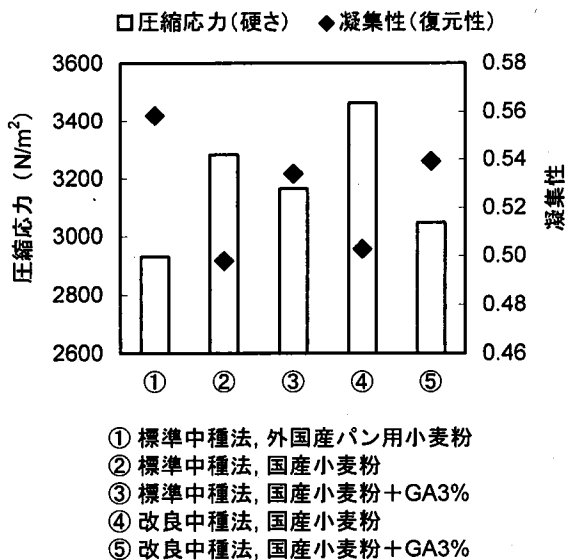


図13 食パン内相の力学的特性に対するグリアジン画分(GA)および改良中種法の影響

#### 考 察

##### 1. グリアジン画分の添加が国産麵用小麦粉を原料とした製パンにおよぼす影響

小麦品種による製パン性の違いは、含まれるタンパク質の相違からも説明されており<sup>5)</sup>、国産小麦粉によるパン品質の低さもタンパク質の性質による要因が大きい<sup>6),7)</sup>。そこで、タンパク質含量が低い麵用の国産小麦粉に小麦タンパク質から抽出したグリアジン画分を添加してパン品質の向上を試みた。国産小麦粉にグリアジン画分を配合することによって、製品の体積は増加することを認めた。さらに、その適量、添加時期については、製造工程中の生地の状態、製品の食感等を総合的に考慮した。まず、中種生地に全量を配合した場合、最も体積の高い製品が得られたが、硬い食感となった。これは、伸展性に優れたグルテンネットワ

ークを形成するグリアジン画分によって、中種発酵中の生地の強度を高めすぎていることが推察された。また、本捏生地に全量を添加すると、体積の増加が低く、焼成したパンは良好な香りが得られなかった。この場合、中種生地にはグリアジン画分を添加していないため、グルテンネットワークの形成が十分でないことが推察され(図11)、発酵中のガス保持力が劣り、発酵によって生じる良好な風味を得られないことと推定した。そこで、グリアジン画分の添加は用いる小麦粉の3%を中種、本捏生地にそれぞれの比率で加えることが適当であると判断した。

##### 2. 中種法の改良に寄与する要因

国産小麦粉にグリアジン画分を加えることで、食パンの体積は向上したが、風味の点では外国産パン用粉の品質にはおよばなかった。パンの風味を醸し出すためには、中種の発酵工程が重要な役割を果たしている。十分なガスの発生とともにこれを保持する強い組織が必要になる。「農林61号」などの軟質小麦から製粉した国産小麦粉での製パンでは、生地組織が不安定で、発酵中にガスが漏洩し、生地体積の膨張率が低下する<sup>8)</sup>、との報告もある。旺盛なガス発生とそのガスを包み込む生地の保持力を向上させるためには、外国産パン用粉に適応した標準中種法では難しい。そこで、グルテンを引き締め、生地の安定性を高める食塩を中種生地に2%配合したところ、製品体積(図4)には大きな影響をおよぼさないが、生地のベタつきが少なくなり、工程中での生地の取り扱いが容易になった。また、生地体積の膨張試験の結果(図5)からは食塩が中種生地のガス保持力の向上に寄与していることを認めた。そこで、通常、本捏ね時に添加する食塩を中種生地に加え、生地の安定化を図った。さらに、酸化剤として用いたアスコルビン酸の添加量も0.01%に増加させることで、体積増加とともに生地の状態が締まり、作業効率が向上することを確認した。十分な発酵工程を促す目的ではイーストの添加量を標準の2%より増加させると、体積が増加したが、3%添加では二次発酵(ホイロ)の時間が短縮され、焼成後にケーブイン(焼成後の陥没)が生じ、2.5%の添加量が適量であることを認めた。

中種発酵中における生地体積の膨張(図10)、発酵後の微細構造(図12)の状態と考えあわせると、以上の条件で中種生地进行を調製することによって、ミキシング耐性のある生地が形成され、十分な発酵によるガスの発生とこれを包み込むガス保持力が向上し、最終製

品の体積、硬さ、復元性などの品質が外国産パン用小麦粉で調製した従来品に近づいたことを確認した。

### 要 約

製パンに不向きな国産小麦粉（麵用）を用いて、従来品に匹敵する製パン技術を開発した。国産小麦粉は外国産パン用小麦粉に比べてミキシング耐性、発酵中のガス保持力、機械成形性が劣り、発酵性が遅いなどの問題があり、出来たパンは膨らみが悪く、風味、食感、老化などの点で、品質的に高い評価が得られない。本研究では国産麵用小麦粉を用いて既存の設備、工程を変えずに品質の高いパンを製造する方法を開発することを目的とした。

70%標準中種法を基本として、小麦タンパク質から抽出したグリアジン画分を加え、中種生地を改良した。中種にグリアジン画分と食塩、アスコルビン酸を加え、十分にミキシングすることで中種生地は伸展性が増し、発酵中のガスをよく保持できるようになった。

さらに、中種の発酵を促進させる目的で、生地の捏ね上げ温度を高め、イースト量を増やすことにより、発酵状態が向上した。走査型電子顕微鏡（SEM）による発酵後の生地内相は、外国産小麦粉を使用した標準法以上の緻密なグルテンネットワークが観察された。改良された中種を使用して製パンすると、体積は外国産小麦粉を使用したもの以上となり、パン内相の力学的特性が外国産小麦粉を使用したものに近づいた。

本研究は、農林水産省平成14年度国産農産物利用食品産業技術開発支援事業、共通基盤技術開発、課題名「製パンおよび製麺に適した国産小麦粉の製粉技術の開発」によって行われたものである。

研究を通じてご教示いただいた、社団法人農林水産

技術情報センター高野博幸氏並びに製パン試験のご指導・ご協力をいただいたオシキリ株式会社研究開発部鈴木実氏、山口聡氏、東京キムラヤ株式会社嶋田敏生氏に厚くお礼申し上げます。

### 文 献

- 1) 財団法人 製粉振興会, 「小麦粉の魅力」 ～豊かで健康な食生活を演出～, (平成15年)
- 2) 矢島瑞夫, グリアジン主体の抽出液の抽出方法, 特許 2954542 号 (1999.7.16)
- 3) 新井千秋, 若林素子, 小麦タンパク グリアジンの製パンへの利用, 食品と科学, **41**, 37-46 (1999).
- 4) 新井千秋, 柴田朋子, 佐藤健, 廣瀬理恵子, 鈴木実, 阿部重春, 高野博幸, 小麦タンパク質可溶性画分の自動ライン製パンおよび冷凍製パンへの利用効果, 日本食品科学工学会大 49 回大会講演要旨集, p.81 (2002).
- 5) Khan, K. and Bushuk, W., Glutenin: structure and functionality in breadmaking, *Baker's Digest*, **52**, 14-16 and 18-20 (1978).
- 6) 福田明彦, 八木谷順子, 北脇永典, 井上吉之, 伊達達郎, 平野茂博, 森嶋伊佐夫, 小麦粉成分の製パン性に及ぼす影響, 日食工誌, **21**, 377-383 (1974).
- 7) 盛田慶吉, 稲垣俊樹, 平岩隆夫, 多湖邦興, 内田迪夫, 国内産小麦ハルユタカの製パン適性に関する研究, *New Food Industry*, **36**, 43-48 (1994).
- 8) 五島義昭, 渡辺義久, 新宮穂高, 磯崎洋彦, 柘植治人, 大橋一二, 国内産小麦の製パン適性について, 日食工誌, **33**, 102-107 (1986).

(平成16年3月19日受理)