

小麦たん白「グリアジン」の製パンへの応用

丹下 幹子

Tange Mikiko

アサマ化成(株)

1. はじめに

小麦粉製品に限ったことではないが、昨今の食品には、安全・安心・美味しさ・利便性等、さまざまな品質が要求されている。これらの要求に応えるため、製パン業界では低温長時間発酵、氷温熟成法、湯捏法など製法の改良や冷凍・冷蔵製パン法など新たな加工技術の開発で対応している。そして、これらの開発に際しては、種々の機能を持った原材料や品質改良のための素材が必要となる。小麦グルテンは、これらの品質要求に対応するため、あるいは新しい食感や形状をもつ新製品を開発するために適した食品素材である。

当社では、独自の分離技術により小麦グルテンの成分であるグリアジンを抽出し、製品化している。食品素材である小麦たん白グリアジン（グリア®A）はグルテンとは異なる性質を有する品質改良素材（食品の原材料）として注目されている。特に、製パンにおいては一般的に用いられている乳化剤の代替が可能であり、あるいは相乗効果を有する。また、冷凍・冷蔵製パン法では、パンの体積低下の抑制や冷凍冷蔵耐性を付与するなど、各種パンの品質改良に効果が優れていることが認められ、使用され始めている。そこで、本稿では、小麦たん白グリアジン（グリアA）について、基本的な性質とパン生地での品質改良効果について、いくつかの例を紹介する。

2. 小麦たん白について

小麦粉に含まれるタンパク質は、主としてアルブミン、グロブリン、グリアジン、グルテニンから構成されている（表1）。主成分であるグリアジ

表1 小麦粉中のたん白質

たん白質区分	溶解性	小麦たん白中に占める割合(%)
アルブミン	水に可溶	7～10
グロブリン	希薄な中性塩溶液に可溶	6～10
グリアジン	中性エタノール溶液に可溶	40～45
グルテニン	希薄な酸および塩基に可溶	40～45

ンとグルテニンは、品種や生育環境によって若干比率が異なるものの、ほぼ等量ずつ含まれている。小麦粉に水を加えて混捏すると、小麦粉特有の粘弾性を示す生地ができるが、この生地を形成しているのがグルテンである。グルテンは、製パン工程のミキシング段階において、グリアジンとグルテニンが水和し、混捏することによって徐々に形成される。ミキシングが最適であれば、パン生地中にグルテンのきめ細かな網目が形成され、イースト発酵による炭酸ガスで風船状に引き伸ばされてゆく。グルテンは澱粉や脂質などの間を埋めるようにネットワーク状に構造化し、ミキシング中に取り込んだ空気や発酵による炭酸ガスを保持したまま、焼成によって固化される。こうして、グルテンはパンの骨格となり、冷却後も形状を保てるようになる。これら一連の工程中にパンのボリュームやキメの細かさ、食感の違いが決まってくる。したがって、パン生地は小麦粉中のグルテンの品質だけではなく、原材料の配合のバランスや製造工程の違いによりグルテンの形成が影響を受け、焼成品の品質が大きく左右される。

グリアジンの分子量は数万程度で、ほぼ球状に近い形をしている。一方、グルテニンの分子量は数十万から数百万といわれている。両者のアミノ

酸組成は、ほとんど同じなので、グルテニンはグリアジンが数十個から数百個連なった紐状の細長い形状をしていると考えられる。分子量の小さいグリアジンには強い伸展性があり、グルテニンは高分子であるために伸展性は乏しくなるが、強い弾力性をもっている。小麦粉に水を加えて混捏すると、この2つのたん白が絡み合ってグルテンという粘弾性をもった物性になる(図1)。市販されているバイタルグルテンは、原料小麦粉の品質や分離方法、乾燥方法によって色や粘弾性の面で品質は異なるが、いずれも分離過程でグリアジンとグルテニンが絡み合った形になっていて、水を加えるだけで粘弾性のあるグルテンに戻る。

3. グリアジン抽出物「グリアA」について

小麦粉製品において、グルテン(バイタルグルテン)の添加は生地中のグルテン構造を強化し、機械耐性や成形性の向上、パンのボリュームの増加という効果を出す目的で使用されるのが一般的

である。

当社では、図1に示したように有機酸とエタノール水溶液を用いて、グルテンから抽出した可溶性画分を乾燥粉末化し、「グリアA」として商品化している。グリアジンを主成分とするグリアAは、グルテンと比較して、柔らかく、伸展性が非常に優れており、加熱後も柔らかい物性が維持されるという特徴を持っている。

4. グリアAによるパン生地の物性改良

小麦粉生地へのグリアAの添加効果として、ファリノグラムの測定結果を表2に示した。無添加区に比較して、グリアA添加区では生地形成時間が短縮される。一般的にグルテンを添加した際には製パン時のミキシングを長めにするのが基本となるが、グリアAを添加した場合には通常通りのミキシングで十分である。参考としてグルテニン画分を試験したが、グリアAとは逆に生地形成時間が2倍近くに延長された。

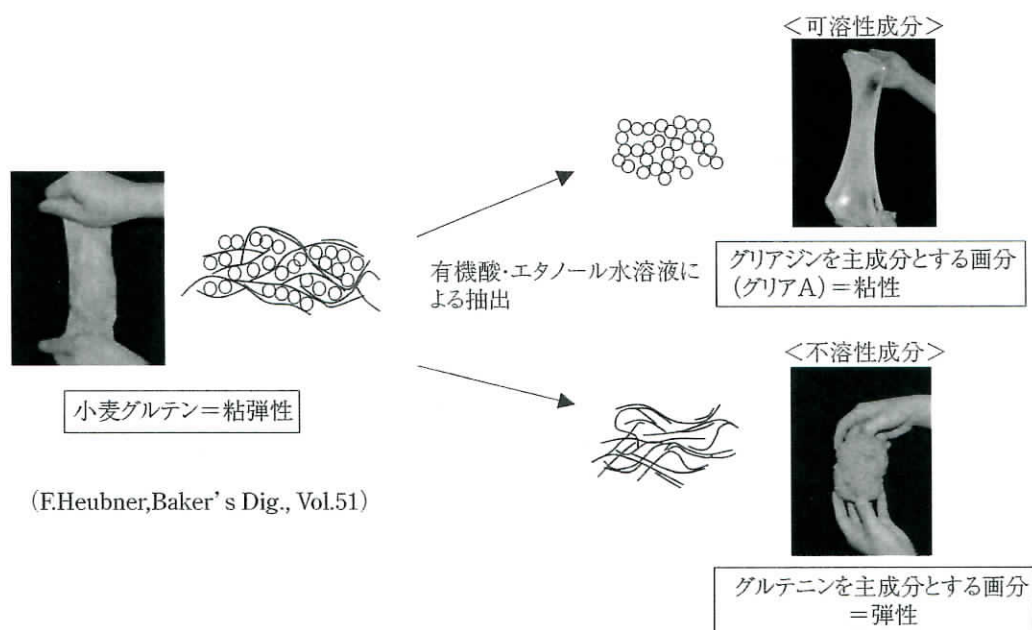


図1 小麦タンパクの模式図

表2 ファリノグラムの測定結果

試験区	吸水率(%)	生地の形成時間(分)	生地の安定度(分)	生地の弾性度(BU)
無添加	68.7	10	>15	100
グリアA2%	69.2	5.5	>15	110
グルテニン画分2%	69.2	18	>15	110

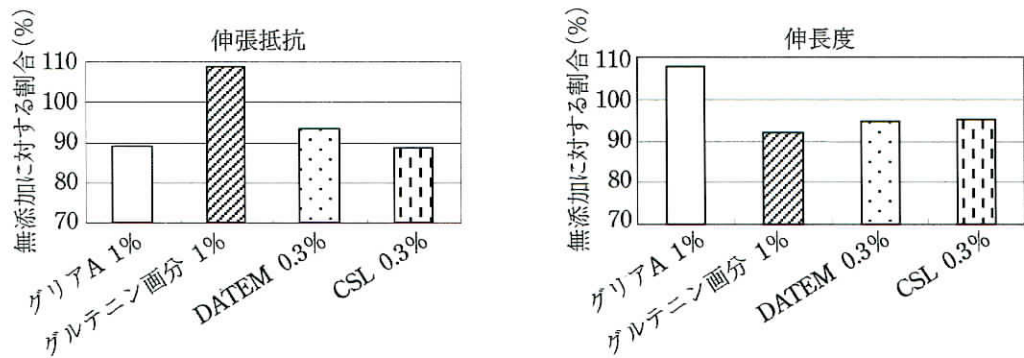


図2 エクステンソグラフによる発酵生地の物性

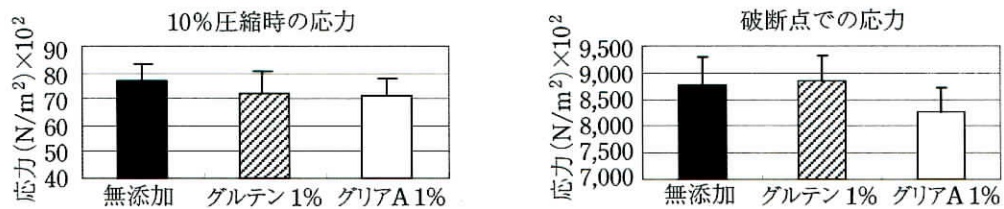


図3 パン内相の破断強度

次に、エクステンソグラフを用いた発酵生地の物性の測定結果を図2に示した。一般的に製パン改良剤として用いられる乳化剤は生地の抵抗を抑え（弾性度を減少させ）、機械製パンにおける生地の適性を向上させる。グリアAの添加はジアセチル酒石酸モノグリセリド（DATEM）やステアロイル乳酸カルシウム（CSL）の添加と同様に生地抵抗を減少させる。参考としてグルテン画分を測定したが、グリアAとは逆に抵抗値を増加させた。生地の伸長度（伸展性）についても同時に測定した。図2に示したようにDATEMやCSLなど乳化剤は無添加区に比べて生地の伸展性は向上しないが、グリアAを添加すると生地に伸展性を与える。このことはシート状成形などに対するパン生地の機械適性向上につながってくる。一方、グルテン画分の添加は生地の伸展性を減少させることが分かった。

製パンでのグルテンの添加は、多くの場合、ボリューム増大や機械耐性の付与が目的である。しかし、食感への影響は重く、引きが強くなるなど、マイナス効果となるため、添加量が限られてくる。食パンの評価で大きなポイントである歯切れ感の違いについて、レオナーによる力学特性の測定に

よりグリアAとグルテンの比較を行い、その結果を図3に示した。くさび型プランジャーを用いて、10%圧縮と破断点の破断強度（10%圧縮時の応力はパンの組織構造が保たれたままの応力値となり、食感で言えば、噛み始めの食感、一方、破断点での応力はパンの組織が崩壊した際の応力値であり、噛み切るときの食感）測定を行った。10%圧縮時では、グリアAとグルテンでは応力値にほとんど違いはなく、破断点では、グリアA添加区の応力は無添加区より低く、グルテン添加区の応力値は無添加区よりも高くなった。グルテン添加区のパン内相は組織が破断しにくく、食感の引きの強さとの関係が考えられた。グリアA添加では、引きの強さに影響を与えず、むしろ引きを抑えて、歯切れがよくなることが分かっている。

さらに、グリアAにはパン内相を柔らかくし、経時的な硬化を抑制する効果がある。図4では、一般的に老化抑制を目的に使用されているモノグリ製剤と比較した結果を示した。圧縮応力は硬さ、凝集性は復元力を示す。圧縮応力は、グリアAを添加することによって無添加よりも応力値が低く、モノグリ製剤を添加した場合とほぼ同様となり、柔らかい食感となった。凝集性は、モノグリ製剤

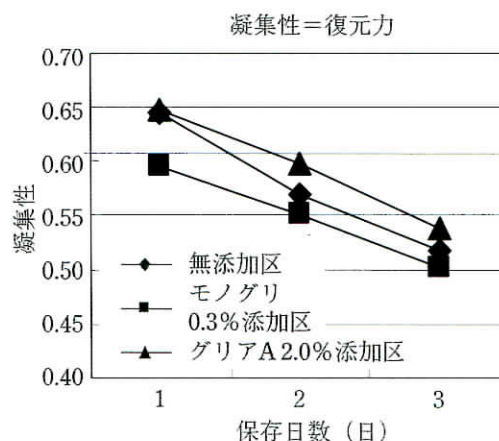
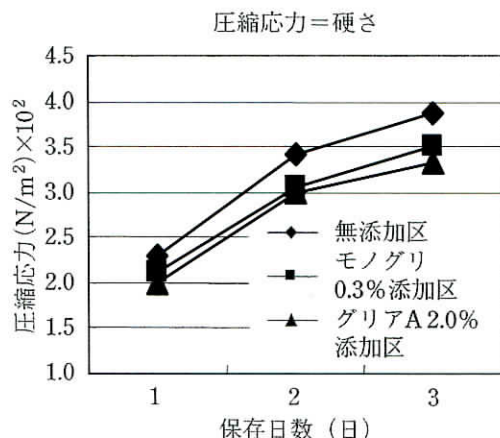


図4 パン内相の経時的変化

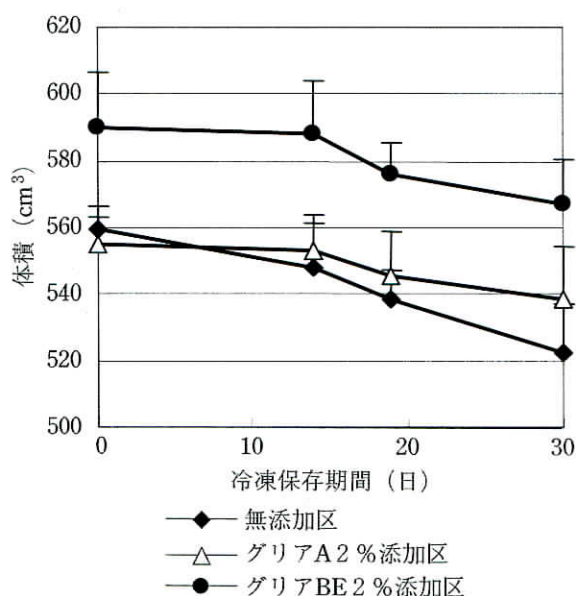


図5 成形冷凍生地によるパンの体積

を添加した場合、復元力が低くなり、パン内相の復元力が低くなった。このことは、モノグリ製剤を添加すると、一般的に柔らかいが口溶けが悪いと言われることの裏付となった。グリアAを添加した場合、無添加区と凝集性に差はなく（保存1日）、さらに経時的には、無添加よりも高くなる。グリアAは復元力を保ちつつパン内相を柔らかくし、経時的な内相物性の変化を抑制する効果がある^{1, 2)}。

5. 成形冷凍生地におけるグリアAの効果

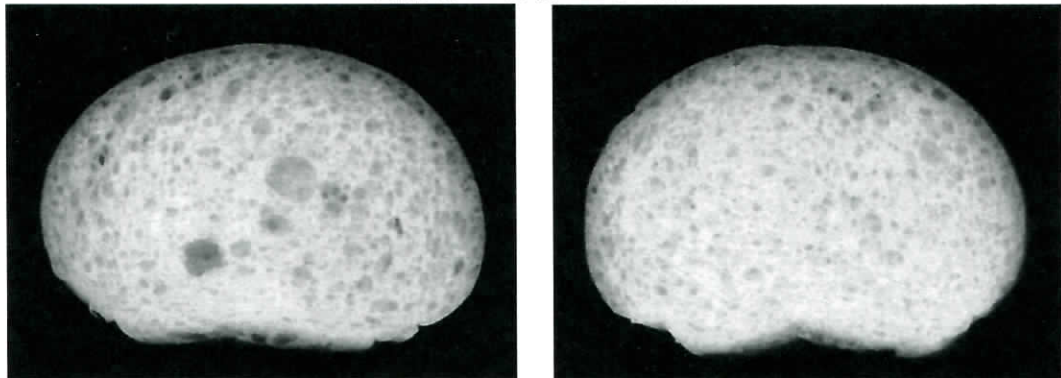
冷凍生地製法は、効率的な製造が可能であること、多品種少量生産に対応できることなどから、多くのパンメーカーで採用されている。しかし、

パンの品質としては、生地の冷凍保存による焼成後の体積の低下、食感や老化速度が速いことなど、通常の製法に比べて劣る点が多々あり、製法の改良、原材料の改質や品質改良剤の利用など、現在も開発が進められている。グリアAには、冷凍生地製法で作られたパンの品質を向上させる効果が認められている¹⁾。図5に示したように、成形冷凍生地の冷凍保存期間が長くなると、焼成後の体積は低下する。グリアAおよびグリアAに酵素（ α -アミラーゼ、ヘミセルラーゼ）を併用添加（商品名：グリアBE）した生地の体積は、無添加区に比べて体積の低下が抑制された。生地の冷凍保存期間が長くなると、氷結晶の成長によるグルテンネットワークの損傷が生じ、焼成後のパンの体積が低下してしまう。これに対して、伸展性の優れたグリアAの添加は、グルテンネットワークの形成を補助し、冷凍保存中の損傷を和らげる効果があり、発酵中の生地のガス保持力を増加した。

写真1に冷凍保存一ヵ月後の成形冷凍生地を解凍・発酵・焼成した際のパンの内相を示した。無添加区の内相の気泡が不均一であるのに対して、グリアAのパンの内相は気泡が細かく均一であった。

また、冷凍保存7日後の成形冷凍生地を5℃で20時間解凍後に発酵・焼成し、外観の観察を行い、生地の冷蔵障害に対するグリアAの効果を写真2に示した。低温長時間解凍により無添加区では、焼成後のパンの表皮に梨肌の発生が顕著であり、これに比べて、グリアAを添加することで、梨肌の発生はほとんどなく、グリアAにより冷蔵耐性が付与された。

冷凍保存1ヶ月後の生地を使用

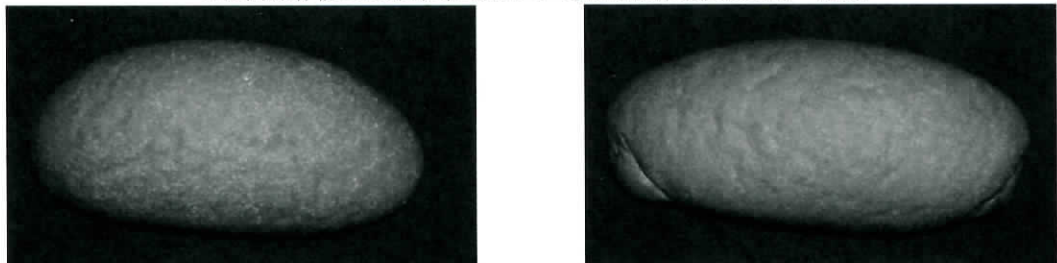


無添加区

グリアA2%添加区

写真1 成形冷凍生地によるパン内相

1週間保存後の成形冷凍生地を5℃20時間解凍後に発酵・焼成



中央部を
拡大

無添加区

グリアA2%添加区

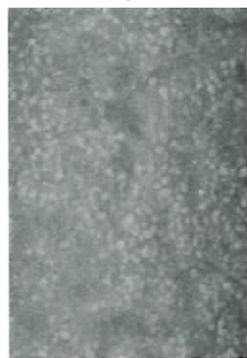


写真2 5℃長時間解凍に対するグリアAの効果

6. グリアAによる国内産小麦の生地物性と製パン性改良効果

一般的に国内産の小麦は、外国産の小麦に比べ、たん白質含量が低く、たん白の質が弱いために大型製パンラインには適さないといわれている。グリアAは、これら国内産小麦の製パン性向上に効果があることが認められた。北海道で生産される小麦品種のホクシンは、生産量が最も多く、主に日本麺用に使用されている。図6に示したように、

「ホクシン（北海道産ホクシン100%の小麦粉、たん白質9.8%、灰分0.38%）」のファリノグラムは、外国産小麦（パン用強力粉、たん白質12.2%、灰分0.38%）に比べて、生地形成時間（Development time）は早いですが、ミキシングに対する耐性が弱く、生地は早い時期にブレイクダウンするため、安定性が低くなる。

製パン用に使われている硬質小麦から製造されたカナダ産グルテンを「ホクシン」に添加した場合、ファリノグラムは、弾力と安定性の増加を

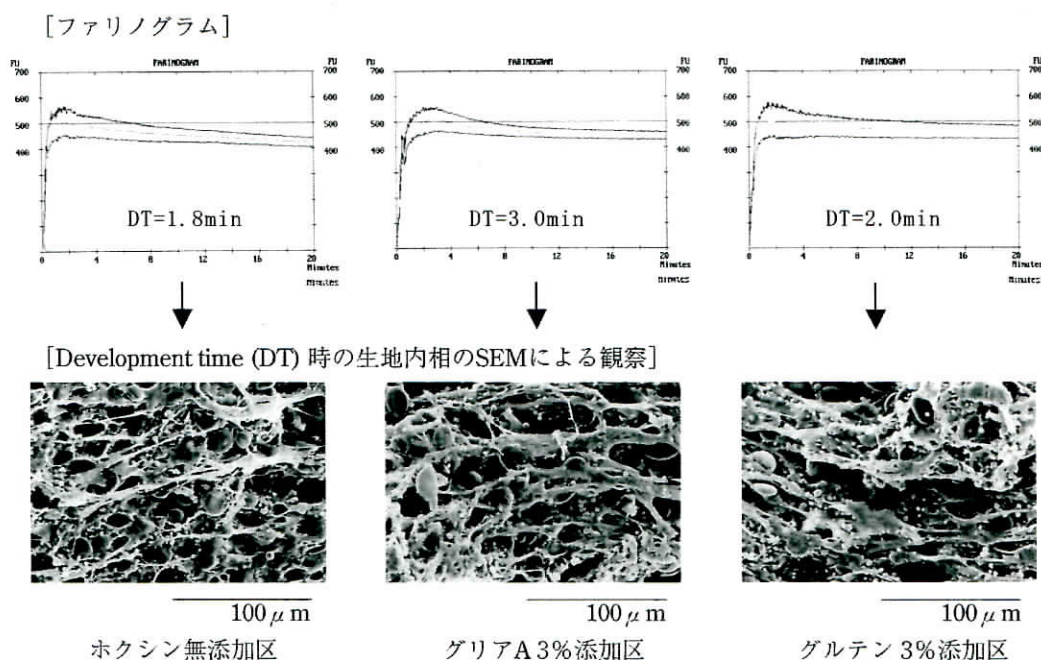


図6 小麦粉のファリノグラムおよび生地形成時の微細構造に与える小麦タンパク質の影響

示す。しかし、DT付近の形状は無添加とほとんど変わらない。走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察では、「ホクシン」のグルテンネットワークの間に、添加したものと思われるグルテンの塊が点在していることが観察された。これに対して、グリアAはグルテンに比べて柔らかく粘りのある物性を示すため、「ホクシン」に添加するとファリノグラムのDT付近の形状は滑らかなカーブとなる。SEMによる観察では、生地内部のグルテンネットワークの間にグリアジンの塊はなく、太く均一に形成されていることが観察できた (図6)。これにより、「ホクシン」にグリアAを添加した場合は、伸展性のある滑らかな生地となる。グリアAは水和が早く、速やかにドウを形成するため、柔らかい性質である「ホクシン」のグルテンに馴染みやすく、グルテンネットワークの形成に大きく影響していると考えられた。この性質から、グリアAは「ホクシン」など国産小麦で調製した生地のグルテンネットワークをより発達させ、生地の伸展性を向上させることができる。

一般的な標準中種法による、「ホクシン」を用いた製パン試験では、図7に示したように、グリアAを添加した場合、無添加と比較すると、体積が大きくなり、外国産小麦粉 (パン用強力粉) を用いた場合と同程度になる。しかし、レオナーに

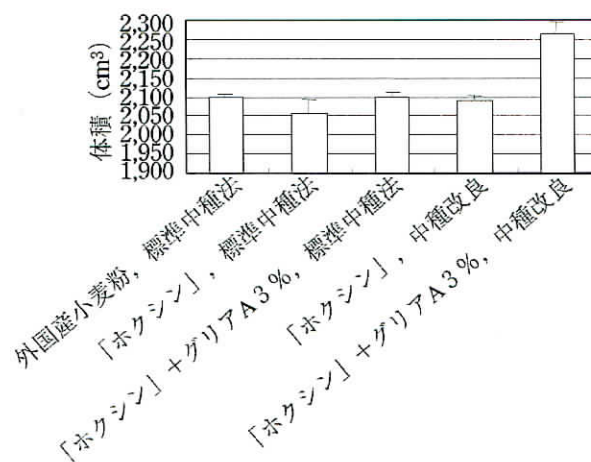


図7 食パン (ワンローフ) の体積

よる力学特性の測定の結果 (図8), 「ホクシン」にグリアAを添加したパンは、無添加よりは改善されるが、外国産小麦粉に比べると圧縮応力が高く、凝集性が低い、すなわち、硬く復元力が低くなった。実際、外国産小麦粉のパンは柔らかく、復元性があり、口溶けが良いのに対して、国内産小麦のパンは、ボソボソし口溶けが悪かった。

標準中種法では、外国産小麦粉に比べて無添加およびグリアA添加は、中種の膨倍が低く、中種の発酵不足から生地温度が上がらなかった。また、発酵中の生地からガスが漏洩し、中種の生地容積

が減少していた。

これらの現象は、通常では本捏に添加する全量の食塩を中種に添加し、同時にグリアAを添加する中種改良^{3, 4)}で生地安定性を高めることにより、改善することができた。

また、酸化剤として添加するアスコルビン酸の添加量を増加させることで生地が締まり、体積の増加と作業効率が向上した。さらに、イーストの添加量を増やし、捏上げ温度を高めることで、発酵を促進させ、中種の膨倍のピークが外国産小麦粉と同じになった。さらに、生地のガス保持力が向上することで、ピーク以降のガスの漏洩が防止され、生地温度を保つことができた。また、中種生地のpHの変化からも、発酵が促進されていることが確認できた^{5, 6)}。同条件で行った製パン試験の結果、グリアAを利用した中種法の改良でパン体積は飛躍的に向上し、外国産小麦粉よりも大きくなった。パン内相の力学特性の測定結果より(図8)、標準中種法に比べて圧縮応力が低く、パン内相は柔らかくなった。また、凝集性が高まり、復元力が高くなるため、外国産小麦粉の力学特性に近づいた。

さらに、グリアAを使用した国産小麦に適した中種法の改良方法を品種・品質の異なる国産小麦へ応用することにより、各県産の「農林61号」や「ナンプコムギ」・「シラネコムギ」・「シロガネコムギ」などでも、「ホクシン」の場合とほぼ同品質のパンの製造ができた⁷⁾。

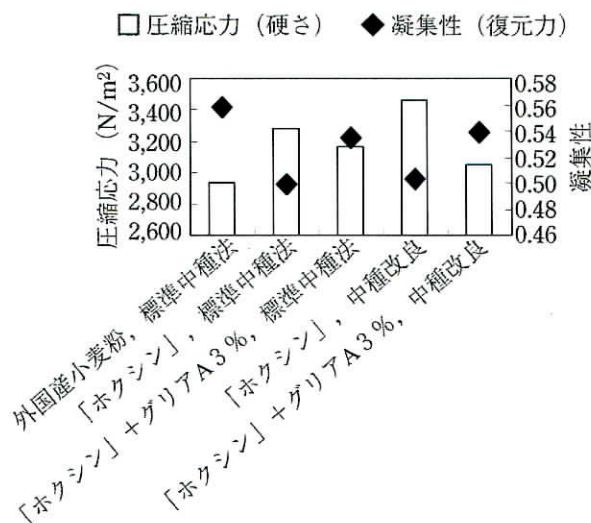


図8 プルマン型食パン内相の力学特性

7. まとめ

グリアAは通常のグルテンの持つ性質とは異なり、これを用いた生地は滑らかで、伸展性に富み、機械成形性が向上する。さらにパン内部を柔らかくし、経時的な硬化を抑制する。また、成形冷凍生地などに冷凍耐性を付与し、パンの品質を向上するなど数多くの製パン改良効果を有することが分かっている^{1, 2)}。

さらに、国内産小麦「ホクシン」で製パンを行う際、グリアAを利用して中種法を改良することで、十分なミキシングが可能となり、太く均一なグルテンがきめ細かな網目構造(ネットワーク)を形成し、中種の発酵耐性が改善され、発酵中のガスを生地内に十分に保持できた。これにより、現行の製パンライン・工程時間内において、さまざまな品種の国内産小麦でパンの製造が可能となった。

8. おわりに

以上、グリアAは、安全・安心・美味しさなどのさまざまな食品開発のキーワードに対応可能な機能性に富んだ食品素材です。グリアジンの基本的特性およびパン生地への特性をご理解いただき、貴社の商品開発のお役に立つことができれば幸いです。

なお、グリアAに関する製パン試験データは、アサマ化成(株)と東京都立食品技術センターならびに(株)オシキリ研究開発部と共同で研究した結果であり、国産小麦に適した製パン技術の開発は、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」^{3, 4)}の助成を受けた共同研究の成果です。また、これらの研究を進めるにあたり(社)農林水産技術情報協会 高野博幸先生にご教示いただきましたことに誌上にて御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 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: 日本食品科学工学会第49回大会講演要旨集p.81 (2002)
- 2) 鈴木実, 阿部重春, 矢嶋瑞夫, 古橋樹雄, 新井千秋, 柴田朋子: 特開2003-116451

- 3) 新井千秋, 廣瀬理恵子, 柴田朋子, 丹下幹子: プレインテクノニュース, 98, 30-34 (2003)
- 4) 廣瀬理恵子, 佐藤健, 矢嶋瑞夫, 古橋樹雄, 新井千秋, 柴田朋子: 特開2004-201507
- 5) 廣瀬理恵子, 佐藤健, 新井千秋, 柴田朋子, 丹下幹子: 東京都立食品技術センター 研究報告 第13号, 1-7 (2004)
- 6) 柴田朋子, 丹下幹子: 月刊フードケミカル, 12, 25-31 (2004)
- 7) 丹下幹子, 長谷川朋子: 食品と科学, 4, 73-79 (2006)



たんげ・みきこ

アサマ化成(株) 技術部

2000年3月 東京農業大学短期大学部
醸造学科卒業

2002年3月 東京水産大学水産学部食
品生産学科卒業

2002年4月 アサマ化成(株) 入社