

## パン生地が発酵特性および製パン性

高橋 真美

食物栄養科

### I. 緒 言

国産小麦ではパン用の「ゆめちから」や日本麵用の「さとのそら」など、栽培特性と加工適性を持つ新品種が開発されており、この2つの品種は作付け面積1万 ha を超えている。国産小麦100%の商品も増えている。東京都内の一部では国産小麦100%の学校給食パンを提供しているほか、長野県では国産小麦100%、うち長野県産50%の学校給食用パン、中華麵を開発し、今年1月から県内の全小中学校に通年導入が始まっている。

小麦粉の原料としては、カナダ産1CW (No.1 Canada Wheat) が世界最高級と称されている。国産小麦粉では、平成25年、カナダ産1CWの製パン特性に近い「せときらら」が育成され、平成29年にはパン生地の力が強く、穂発芽耐性や赤かび抵抗性が改良された「夏黄金」なども育成されている。国産小麦粉は、主にグルテン等タンパク質の含有量が中程度のいわゆる「中力粉」に分類される特性を有しているため、パンや中華めん等の原料に適しておらず、これまでではめん用や菓子用として利用されている。近年では、パン用や中華めん用に適した特色ある新品種が開発され、パンや中華めん用にも需要が増加している。国産小麦粉の生産量は、北海道産が約61.0%占めており<sup>1)</sup>、小麦粉の用途別使用状況としては、パン用小麦粉が約40%である<sup>2)</sup>。しかし、国産小麦粉の生産は、優良なパン用小麦品種の育成には湿潤な日本の気候に適したパン用小麦品種の開発は非常に難しく、短期間に安定的な増産を可能にする優良品種の育成は困難な状況でもある。

また、パン製造には酵母によるガス発生力とガス保持力が必要である<sup>3)</sup>。酵母は、果物や穀類に付着している酵母やビール、ワイン、酒等の醸造物中の

酵母などが使用されている。自然界から分離した酵母を純粋培養する技術が開発され、パン生地中で高いガス発生力を有する酵母が製パン酵母として市販され、イーストと原料表示されている。一方、自然界に存在する酵母を種おこし製パンに用いる方法は、種おこし工程が加わり手間と時間を要するが、酵母以外の多種多様な成分による相互作用によって発酵力、芳香、保存性が安定しており、ショ糖をブドウ糖に変える分解酵素を持っているなど素材のうまみや香りを引き出す力が強く、また独特の芳香成分を生成することから、パン製造で活用されている。このような発酵物は酵母ではなく発酵種あるいはパン種と呼ばれている<sup>3)</sup>。市場では、天然酵母種あるいは天然酵母と呼ばれているものもある<sup>3)</sup>。酵母の品質としては、生地中における発酵力すなわち生地进行を膨張するための炭酸ガス発生力、炭酸ガス発生の遅速およびその発酵の型、糖濃度の高い生地にも耐えて生地进行を膨張させる力などが求められる。とくに、耐糖力は菓子パンでは重要である。パン発酵の糖源は、ブドウ糖、ショ糖、麦芽糖であるが、一定期間保存後も発酵力や耐糖力を保持できることも重要な要素となる<sup>4)</sup>。

さらに、パン類の安定した製パンを行うためには、糖類の添加は必要不可欠である。糖添加の効果としては、パン生地中の酵母に発酵源を供給して生地発酵が促進され、パン生地の安定性が得られる。糖類の保湿性によって、パン内部に多くの水分が保持され、老化遅延、保存性の延長が可能となる。糖類の添加および水分の増加によってパンの歩留まりが増加する。そして、パン製品に望ましい甘味を付与し、食味を高める効果がある。

本研究では、酵母2種類を用いて、酵母の違い、

砂糖の添加濃度の違いによる生地膨張力および製パン特性について比較検討した。

## II. 実験試料及び実験方法

### 1. 試料

生地の材料配合割合は、強力粉（日清製粉グループ（株）社製、日清カメリヤ）280.0 g、水（サントリーフーズ社製、南アルプス天然水）190.0 g、上白糖（三井製糖（株））20.0 g、無塩バター（雪印乳業社製、雪印北海道バター）20.0 g、食塩（（財）塩事業センター製）4.0 g、ドライイースト（日清製粉社製、スーパーカメリヤ）2.6 g、発酵種（（有）ホシノ天然酵母パン種）は、生種を発酵して供した。

### 2. 調製方法

発酵種の生種おこしは、元種100.0 gを温水（30℃）200 mlに加え、28℃で24時間、静置して調製後、冷蔵庫で8時間保存して供した。生地の調製方法は、材料を自動ホームベーカリー（エムケー精工社製、HBS403）を用いて調製して試料に供した。

### 3. 実験方法

#### 1) 酵母の違いによる生地膨張力

発酵種およびドライイーストの2種類の酵母の違いによる生地膨張力への影響を検討した。生地の膨張力は、メスシリンダー試験により測定し、発酵特性の指標とした<sup>5)</sup>。生地の膨張力は、恒温機の温度を30℃で測定した。測定時間は、45分間隔、10段階で測定した。

#### 2) 砂糖の添加濃度の違いによる生地膨張力

砂糖の添加量に対する生地膨張力を発酵種およびドライイーストの2種類の酵母を用いて測定した。砂糖の配合は、強力粉に対して重量で置換して砂糖0%、7.0%、14.0%添加の生地3種類で測定した。

#### 3) 焼成後のパン高さ

発酵種およびドライイーストの2種類の酵母を用いて調製した生地を自動パン焼き機で190℃、40分間焼成した。焼成後、パンは室温26℃にて2時間放冷し、試料に供した。

## 4. 統計処理

一元配置分散分析を行い、有意差の検定はTukey法の多重比較により解析した。統計解析はSPSSを用いて、いずれの場合も危険率5.0%未満をもって有意と判定した。データは、平均値±標準偏差で求めた。

## III. 実験結果および考察

### 1) 酵母の違いによる生地膨張力への影響

発酵種生地およびドライイースト生地の膨張力をFigure 1に示した。いずれの生地も測定開始0分から90分間では、生地の膨張力には差は認められなかった。しかし、測定90分後から生地の膨張力が上昇し、135分から315分間が著しく生地の膨張力が高まった。発酵種生地では、約2.3倍高まり、ドライイーストでは、約2.2倍高くなり、2種類の酵母の比較では、発酵種生地の方がドライイースト生地よりも膨張力が高かった。315分から405分間でも発酵種生地の方がドライイースト生地よりも生地の膨張力が高かった。

本研究に用いた発酵種は、原材料として小麦粉（国産）、米（国産）、酵母、麴を用いて調製された培養物でパン酵母として用いられている。これは、ドライイーストのように単一の菌種ではなく、アルコールや炭酸ガス生産が高いもの、独特の香りや風味を出すもの、微生物由来の成分および酵素などが含有している。このことから、発酵種に含有する各種成分および酵素などが相互的に作用し、気泡膜内部の形成に影響を及ぼしたことで発酵種生地の方がドライイースト生地よりも生地の膨張力が高かったものと考えられる。

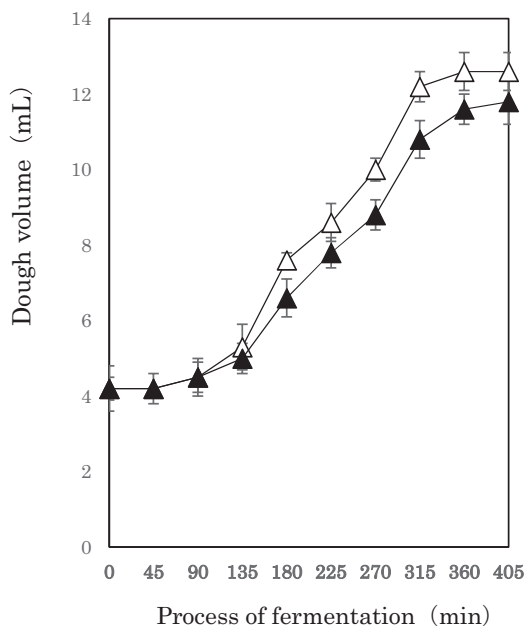


Figure 1. The volume of dough  
 △ : dough of hoshino natural yeast  
 ▲ : dough of dry yeast

## 2) 砂糖の添加量の違いによる生地の膨張力

生地の膨張力を比較するために、砂糖0%、砂糖7.0%、砂糖14.0%の3種類の生地を調製し、発酵種およびドライイーストの2種類を用いて、生地の膨張力への影響を検討した。発酵種生地の膨張力をFigure 2に示した。測定135分から315分間では、いずれの生地も直線的に膨張力が著しく高まった。砂糖の添加濃度の影響では、砂糖7.0%添加生地が最も生地の膨張力が高かった。次いで、砂糖0%添加生地、砂糖14.0%添加生地の順で生地の膨張力が高かった。

ドライイースト生地の膨張力をFigure 3に示した。ドライイースト生地も発酵種生地と同様に測定135分から315分間では、生地の膨張力が著しく高まった。砂糖の添加濃度の比較では、砂糖14.0%添加生地が最も生地の膨張力が高まり、次いで、砂糖7.0%添加生地、砂糖0%添加生地の順で生地の膨張力が高かった。

酵母は、砂糖の主成分であるショ糖をブドウ糖と果糖に分解し、それらを栄養としてアルコール発酵を行い、二酸化炭素を発生させ、パンは膨らむ。パ

ン製造では、10.0%~40.0%のショ糖を含む高糖生地が用いられるが、大量のスクロースの添加は酵母にとってストレスとなり、発酵力および膨張力の著しい不足が生じると報告されている<sup>6)</sup>。松本は生地の形成において、酵素や酸化剤などが過剰に作用するとガスの包蔵性を失い、生地のガスを保持できなくなりだれる現象が生じると報告している<sup>7)</sup>。また、砂糖は酵母の栄養になるが、過剰添加は酵母の働きを阻害し、発酵力が低下することが知られている<sup>7)</sup>。

本研究の結果において、発酵種生地では、発酵種由来の酵素作用により、グルテン構造が変化し、生地の脆弱化が生じたために、砂糖14.0%添加生地において、測定135分から405分間では生地の膨張力が低くなったと考えられる。

一方、ドライイースト生地では、砂糖14.0%添加生地が最も生地の膨張力が高かった。これは、ドライイーストは、単一種の酵母であり、耐糖能が優れており、他の砂糖添加生地よりも生地の膨張力が高かったと考えられる。

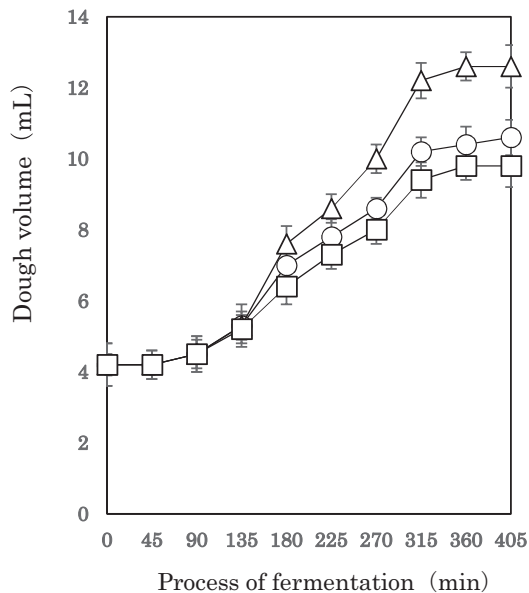


Figure 2. The volume of dough containing natural yeast  
 ○ : dough without sugar  
 △ : dough containing 7.0% sugar  
 □ : dough containing 14.0% sugar

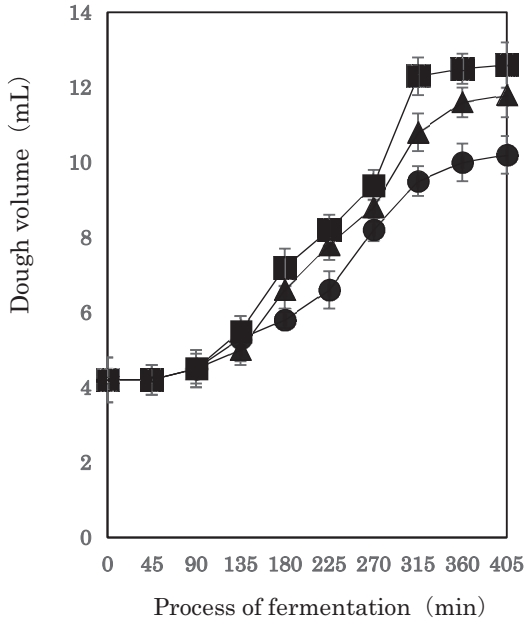


Figure 3. The volume of dough containing dry yeast

- : dough without sugar
- ▲ : dough containing 7.0% sugar
- : dough containing 14.0% sugar

### 3) 焼成後のパン高さ

発酵種およびドライイーストを用いた焼成後のパン高さを Figure 4 に示した。焼成パンにおける酵母の違いによる比較では、発酵種パンは、砂糖0%添加パンおよび砂糖7.0%添加パンにおいて、ドライイーストで焼成したパンよりもパン高さが高かった。しかし、砂糖14.0%添加パンでの比較では、発酵種パンおよびドライイーストパンにおけるパン高さの差は認められなかった。

砂糖の添加濃度による比較では、発酵種パンにおいては、砂糖7.0%添加パンが最も焼成後のパン高さは高かった。しかし、砂糖14.0%添加パンでは、砂糖7.0%添加パンよりもパン高さは低下した。

砂糖の添加は、生地の粘弾性を減少させるが、伸展性が増し、製パン時には膨化、感触、光沢などに効果的である。しかし、多量に添加すると生地の網目構造に影響を及ぼし、焼成中に形崩れを起こすことが報告されている<sup>9)</sup>。また、筆者らは、生地形成において、酵素作用が加わると生地の緩和現象が起こり、焼成パンでは組織構造、比容積、硬さなどに

影響を及ぼすことを明らかにしている<sup>9)</sup>。本研究の結果は、これらが要因となり、発酵種パンにおいて、砂糖14.0%添加パン高さが低下したものと考えられる。

ドライイーストパンでは、砂糖の添加濃度0%、7.0%、14.0%添加での比較では、濃度依存的にパン高さは増加した。これは、ドライイーストを用いた製パンでは、生地形成時における酵素作用がないこと、砂糖の添加濃度が増加しても耐糖性を有していることなどが要因となり、本研究において、砂糖の添加濃度の範囲内では濃度依存的にパン高さが増加したものと考えられる。

発酵種は、酵母以外に複雑な微生物相の相互作用により風味の付与、好ましい食感、生地膨張力などの複数の機能を付与し、嗜好性の高いパン製造が可能となる<sup>10)</sup>と報告している。本研究の結果では、製パンにおいては、酵母として発酵種を用いて、砂糖の添加濃度は7.0%添加として調製することで、生地の膨張力および焼成後のパン高さが有効となり、最も製パン性に適しているものと推察された。

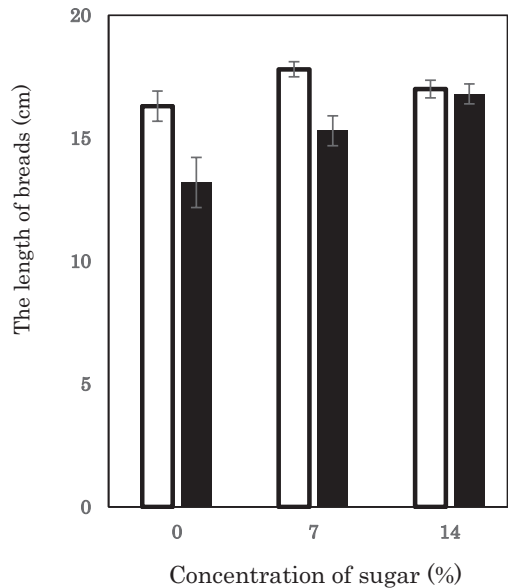


Figure 4. The length of breads containing various sugar

- : breads of hoshino natural yeast
- : breads of dry yeast

#### IV. 要 約

本研究では、発酵種およびドライイーストを用いて、生地膨張力、砂糖の添加濃度の影響、焼成後のパン高さへの効果について検討し、以下の結果を得た。

- 1) 発酵種生地では、測定90分まではドライイースト生地との差は認められなかったが測定135分から405分間ではドライイースト生地よりも生地の膨張力が高かった。
- 2) 砂糖の添加濃度の影響では、発酵種生地では、測定135分から405分間では砂糖の添加濃度7.0%が生地の膨張力が最も高かった。
- 3) 焼成後のパン高さは、発酵種パンでは、砂糖7.0%添加パンが最も高かった。ドライイーストパンでは、砂糖の濃度依存的に高かった。

#### 参考文献

- 1) 農林水産省「作物統計」(2018)
- 2) 農林水産省「製粉工場実態調査」(2015), 小麦粉の用途別生産割合
- 3) 井上好文 (2007), 天然酵母表示問題に関する見解, 社団法人日本パン技術研究所, 1 - 29.
- 4) 石井隆一郎 (1957), パン酵母の品質を支配する要素、生活衛生、1 (2), 57 - 69.
- 5) パン用酵母試験法, イースト工業会編 (1996), 3 - 25.
- 6) 福永千文, 島純 (2003), パン生地における発酵特性及び冷凍耐性に対するトレハロースの機能評価, 食総研報, 67, 1 - 8.
- 7) 松本博 (1992), 「製パンの科学」, 日本パン技術研究, 東京, 43 - 44, 51 - 53, 53 - 54
- 8) 瓦家千代子 (1985), 小麦粉の調理, 生活衛生, 29 (2), 111 - 115.
- 9) 高橋真美, 森高初恵 (2010), パンの性状に及ぼす未加熱紅麹添加の影響, 14 (2), 100 - 108.
- 10) 藤本章人, 井藤隆之, 井村聡明 (2012), 生物工学, 90 (6), 329-334.

