

# 冷凍技術を用いた菓子・パン類の計画生産技術の確立

## —冷凍生地製パンの高品質化—

辻 政雄・木村 英生・恩田 匠・荻野 敏

### Studies on Long Storage Technique of Confectioneries and Breads for a Planned Production Using Freezing Technique

#### — Effect of Freezing and Thawing Temperatures, Freezing Time of Bread Product Process and Materials on Loaf Volume of Bread made from Frozen Dough—

Masao TSUJI, Hideo KIMURA, Takumi ONDA and Satoshi OGINO

#### 要 約

低糖生地の冷凍後における焼成山形食パンの容積低下の要因について検討した。はじめに、 $-7^{\circ}\text{C}$ と $-20^{\circ}\text{C}$ で冷凍温度の影響を検討したところ、パンの比容積(容積/重量)は、 $-20^{\circ}\text{C}$ 区の方が $-7^{\circ}\text{C}$ 区より高い傾向であった。冷凍パン生地の冷凍期間の影響を検討したが、焼成パンの比容積は、2週間までは徐々に低下したが、4週間後には著しく低下した。パン生地を混捏、一次発酵、ベンチタイム及び成型のそれぞれの製造工程の後で、 $-20^{\circ}\text{C}$ に冷凍したところ、ベンチタイム以降に冷凍すると、パンの比容積の低下が大きく、成型後ではさらに顕著であった。小麦粉の一等粉、ストレート粉(一等粉と二等粉の混合物)及び二等粉を用いて等級別試験を実施したところ、灰分含量の高い二等粉を用いた時が、冷凍製パンの比容積低下が最も大きかった。イーストを小麦粉に対して4~8%の範囲で添加したところ、添加量が多いものほど比容積の低下が大きかった。また、市販冷凍イーストによっても冷凍製パンの比容積に差違が認められた。

#### Abstract

The decrease of loaf volume of white bread made by frozen dough method was investigated. The proportion of materials in white bread is as follows; wheat flour:100, freeze-tolerant yeast:4, sugar:5, salt:2, shortening:5 and water:62. 1) Specific loaf volume (ml/g) of bread made from frozen dough stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  for 15 days was higher than that stored at  $-7^{\circ}\text{C}$ . 2) Specific loaf volume of bread made from frozen dough decreased gradually during storage at  $-20^{\circ}\text{C}$  for 2 weeks, but that highly decreased after 4 weeks' storage. 3) When doughs were freezed at the end of mixing, first fermentation, bench time and molding respectively, the decrease of specific loaf volume of bread was observed on frozen doughs stored at the end of bench time and molding. 4) Specific loaf volume of bread made from frozen dough using wheat flour containing high ash decreased remarkably. 5) Specific loaf volume of bread made from frozen dough decreased gradually with the increase of yeast. 6) Specific loaf volume of bread made from frozen dough differed among three commercial freeze-tolerant yeasts.

#### 1. 緒 言

冷凍生地製パン法は、新鮮な焼き立てのパンを消費者に提供できる、また作業時間の効率化、流通の合理化及び労働力の節減が図れるなどのメリットがあるために、近年パン業界に広く普及し始めている。この普及要因の一つとして、冷凍耐性パン酵母の開発<sup>1)</sup>が上げられ、各酵母メーカーが市販している冷凍耐性酵母の製パン性に関する比較研究<sup>2)</sup>も見られる。しかし、パンの種類すなわち小麦粉に対する砂糖含量が20%以上の高糖生地<sup>3)</sup>である菓子パンでは、冷凍後でも焼成したパンの品質は良好であるが、低

糖(5%程度)生地の食パンでは、パンの容積が低下<sup>4)</sup>する現象が見られる。そこで今回は、この低糖生地における冷凍後の焼成パンの容積低下の要因について、冷凍・解凍温度、パン製造工程における冷凍時期及び原材料の影響など、さまざまな観点から検討した。

#### 2. 実験方法

##### 2-1 製パン試験

パンの製造方法は、以下のように行った。すなわち、原料→混捏→一次発酵→分割→ベンチタイム→成型→型入れ

→ホイロ発酵→焼成の手順である。

パンの原料配合は表1に示した。ミキサーは(株)愛工舎製作所製マイティ25を使用し、小麦粉、砂糖、食塩、冷凍耐性イースト及び水を投入後、低速3分、中速4分、ショートニング添加、低速2分、中速4分、高速1分で27℃に押し上げた。一次発酵は温度27℃、湿度75%で1時間行い、分割220g、ベンチタイム20分後に、成型して一斤半の食パン型(19.5×9.5×9.5cm)に220g生地を2個入れた。その後、ホイロ発酵(温度38℃-湿度85%)は、ドウコンディショナー(日本製粉(株)、まなざし)で、食パン型上縁から

表1 パン生地の配合条件

小麦粉	2000g (100%)
冷凍耐性イースト	80g (4%)
砂糖	100g (5%)
食塩	40g (2%)
ショートニング	100g (5%)
水	1240ml (62%)
計	3560g

1cm上に生地頂上が出たところで発酵を終了し、(株)関東機械製作所製のオーブを用い、190℃で25分焼成した。

### 2-2 パン生地の凍結方法

分割したパン生地を、ベンチタイム後にシート状にして、フィルム包装した後に、-20℃の冷凍庫に1~4週間保存した。また、後述の図4から、このパン生地の氷結温度と考えられる-7℃の試験区も設定した。なお、製造工程中における冷凍時期の影響を調べるために、混捏後、一次発酵後、ベンチタイム後にそれぞれシート状にして冷凍するとともに、成型後のものは、型に入れて冷凍した。

### 2-3 パン生地の解凍方法

フィルム包装した冷凍パン生地を、30℃の恒温器に入れ、シート状生地の中心部が約25℃になった時点で恒温器から取り出した。解凍に要した時間は、約100分程度であった。なお、解凍温度の影響を調べるために3℃の温度区を設定した。解凍した生地は、その後非冷凍パンと同様に成型、型入れ、ホイロ発酵、焼成を行って、冷凍製パンを製造した。

### 2-4 冷凍生地温度の測定

タバイエスペック(株)のサーモレコーダーRT-11を用いて、生地中心温度を経時的に測定及び記憶させた後、パソコンでデータ出力を行った。

### 2-5 焼成山型パンの比容積の測定

焼成1時間後に、パンの重量及び容積を測定した。容積は一定の容器に焼成パンを入れた後、容器の隙間をなたねで充填するなたね法により測定した。比容積(容積/重量)は、焼成パンの容積と重量より算出した。

## 3. 結果及び考察

### 3-1 パン生地の冷凍・解凍の影響

#### 3-1-1 冷凍温度の影響

パン生地を-7℃及び-20℃に冷凍保存したパンの比容積の変化を図1に示した。その結果、両温度区とも非冷凍

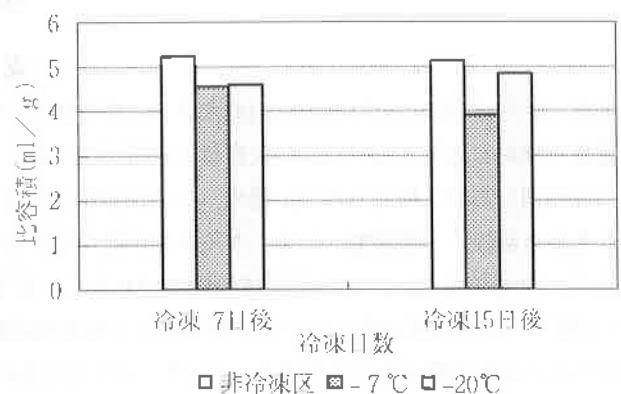


図1 冷凍製パンの比容積に及ぼす冷凍温度の影響

パンと比較して、冷凍パンの比容積は低下した。冷凍7日後では、両温度区に比容積の差は見られないが、15日後には認められ、-7℃区は-20℃区より比容積が低下していた。

#### 3-1-2 解凍温度の影響

解凍は、低温長時間が良いのか、また高温短時間が良いのかを見るため、冷凍生地を3℃及び30℃で解凍した結果

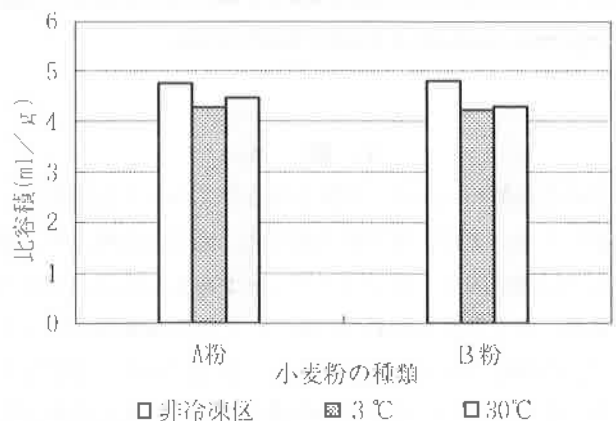


図2 冷凍製パンの比容積に及ぼす解凍温度の影響

を図2に示した。使用した両粉とも、わずかながら3℃の

方が30℃より比容積が低い傾向であった。

### 3-1-3 冷凍期間の影響

パン生地を-20℃に4週間保存した時の非冷凍製パンに対する冷凍製パンの比容積の割合を図3に示した。その結果、冷凍1日後でも比容積の低下が起ったが、14日後までは90%以上の割合を示していた。しかし、28日後には著しく低下し、ホイロ発酵時間も非冷凍製パンが70分に対して、冷凍製パンでは135分かかり、約2倍の時間を要した。

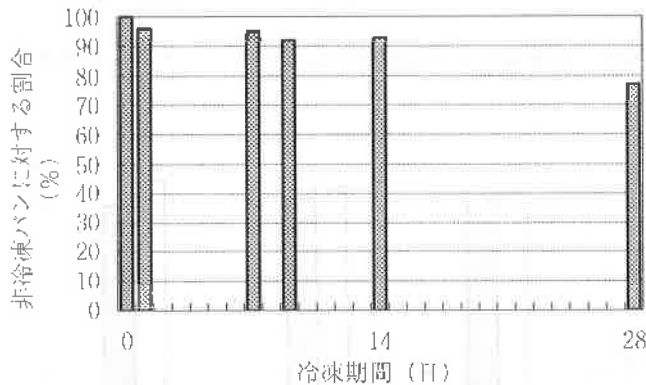


図3 冷凍製パンの比容積に及ぼす冷凍期間の影響

### 3-1-4 冷凍庫の凍結方式の影響

冷凍パン生地が、冷凍庫の凍結方式によりどのように影響されるかを調べるために、パン生地を-20℃の送風凍結式及び空気凍結式のそれぞれの冷凍庫に1週間保存した。その時の冷凍曲線を図4に、焼成パンの比容積の変化を図5にそれぞれ示した。その結果、送風凍結式では、保存直後から-20℃迄急速に凍結し、この温度に達するまでに約4時間要した。一方、空気凍結式では、冷凍空気の循環がないために、-20℃に達するまでに約12時間も要した。しかも-7℃、-11℃及び-15℃付近で、凍結の停滞期が見

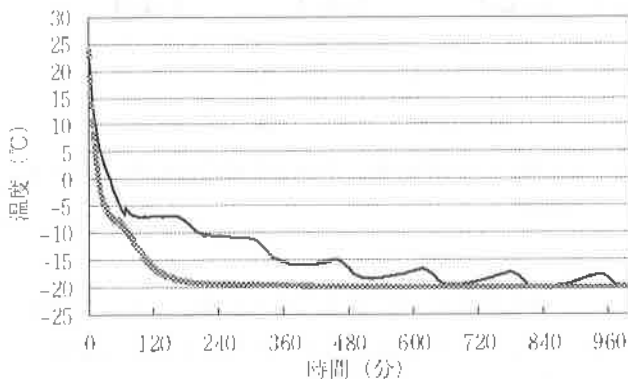


図4 パン生地の冷凍曲線

—— 空気凍結式 ..... 送風凍結式

図4 パン生地の冷凍曲線

られるとともに、-20℃に達した後も-17℃～-20℃の範囲で周期的な温度変動が見られた。

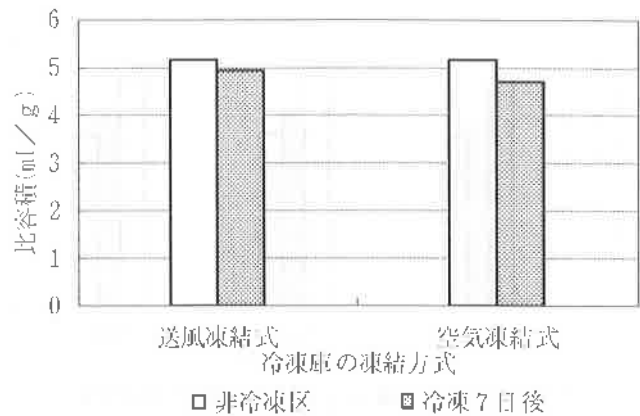


図5 冷凍製パンの比容積に及ぼす凍結方式の影響

焼成パンの比容積は、両方式を比較すると、送風凍結式のものの方が、空気凍結式のものよりも比容積が大きかった。このことは、凍結方式によっても冷凍製パンの品質が左右されることを示しており、凍結中においても温度変化が少ないことが重要と思われる。

### 3-2 製造工程におけるパン生地の冷凍時期の影響

パン生地を混捏、一次発酵、ベンチタイム及び成型のそれぞれの製造工程の各段階の後に、-20℃で冷凍を行い、冷凍時期の影響を調査した結果を図6に示した。一次発酵終了後までは、比容積の低下は見られないが、ベンチタイム以降では、その低下が認められ、特に成型後ではさらに顕著であった。

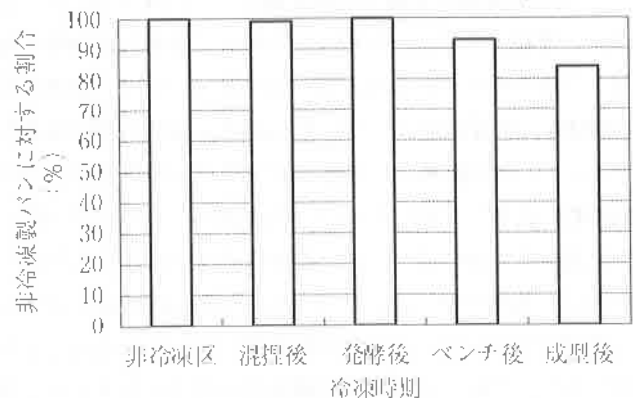


図6 冷凍生地製パンの比容積に及ぼす製造工程での冷凍時期の影響

### 3-3 原材料の影響

#### 3-1-1 小麦粉の影響

一般にパン製造に良く使われている3社の小麦粉を用いて、冷凍製パンの比容積に及ぼす影響を調査し、図7に示した。なお、T社、N社及びH社の各小麦粉の灰分含量は、それぞれ0.42%、0.42%及び0.43%であった。その結果、冷凍7日後及び14日後ともいずれの小麦粉においても比容積

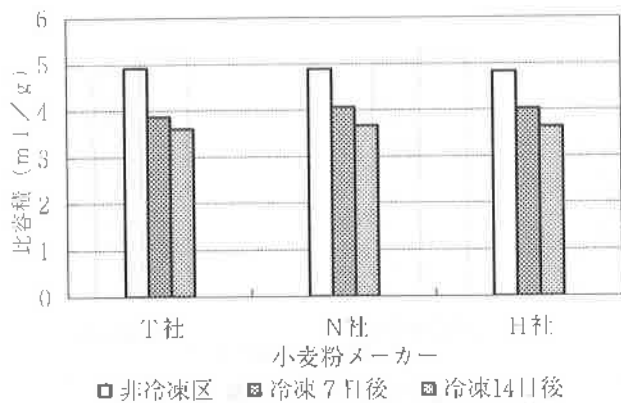


図7 冷凍製パンの比容積に及ぼす小麦粉の影響

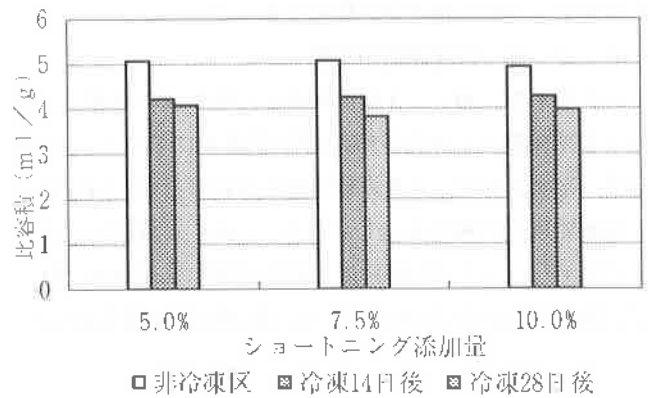


図9 冷凍製パンの比容積に及ぼすショートニングの影響

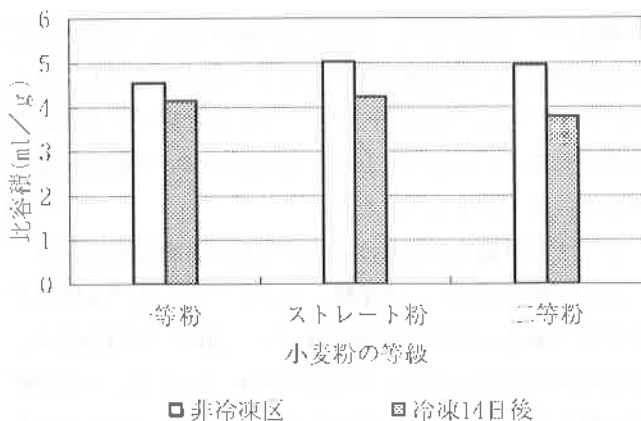


図8 冷凍製パンの比容積に及ぼす小麦粉の等級の影響

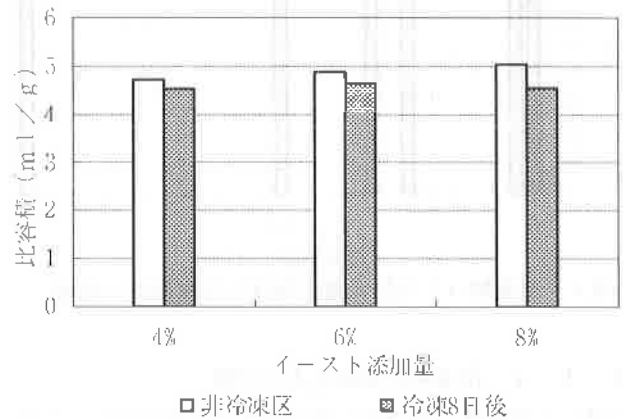


図10 冷凍製パンの比容積に及ぼすイースト添加物の影響

の差違はみられなかった。

つぎに小麦粉の等級の差違を検討し、図8に示した。なお、一等粉、ストレート粉（一等粉と二等粉の混合物）及び二等粉のそれぞれのたんぱく質含量は、9.7%、10.6%及び10.4%、灰分含量は、それぞれ0.37%、0.43%及び0.48%であった。その結果、一等粉は非冷凍パンの比容積がその他の粉に比較して低いものの、冷凍製パンの比容積の低下率は最も少なかった。一方、比容積の低下が最も大きかったのは二等粉であった。これは、等級の低い粉ではプロテアーゼやアミラーゼなどの酵素類の活性が高くなることから、これらがパンの組織構造を構成するグルテン膜や澱粉を崩壊させたものと考えられた。

### 3-1-2 ショートニングの影響

ショートニングを小麦粉に対して5~10%添加して冷凍製パンの比容積に及ぼす影響を検討し、図9に示した。その結果、冷凍14日後及び28日後とも添加量による比容積の差違は認められなかった。

### 3-1-3 イーストの影響

イーストを小麦粉に対して4~8%添加して冷凍製パンの比容積に及ぼす影響を検討し、図10に示した。その結果、添加量が最も多い8%区において比容積の低下が大きかっ

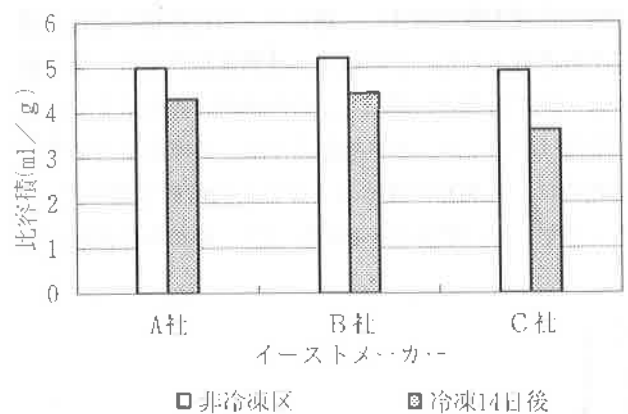


図11 冷凍製パンの比容積に及ぼす市販冷凍耐性イーストの影響

た。また、市販されている3社の冷凍耐性イーストを比較し、図11に示した。その結果、イーストによって冷凍製パンの比容積に差違が認められ、冷凍パンを製造する上で十分注意する必要があると思われた。

## 3. 結言

低糖（5%）生地における冷凍後の焼成山形パンの容積低下の要因について、冷凍・解凍温度、パン製造工程にお

ける冷凍時期、原材料の影響など、さまざまな観点から検討した。

- 1)  $-7^{\circ}\text{C}$ と $-20^{\circ}\text{C}$ で冷凍温度の影響を検討したが、パンの比容積(容積/重量)は $-20^{\circ}\text{C}$ 区の方が $-7^{\circ}\text{C}$ 区より高い傾向であった。
- 2)  $3^{\circ}\text{C}$ と $30^{\circ}\text{C}$ の恒温器で冷凍生地を解凍したところ、わずかながら $3^{\circ}\text{C}$ の方が $30^{\circ}\text{C}$ より、パンの比容積が低い傾向であった。
- 3) 冷凍生地の $-20^{\circ}\text{C}$ での冷凍期間の影響を調査したところ、比容積は、2週間までは徐々に低下する傾向を示したが、4週間後には著しく低下が認められた。
- 4) 冷凍庫の凍結方式として送風凍結式と空気凍結式による冷凍生地から製造した焼成パンの比容積を比較した。両者の冷凍曲線を見ると、送風式では $-20^{\circ}\text{C}$ に達するまでに約4時間、空気式では約12時間要した。また、空気式では冷凍中に周期的な温度変動が見られた。焼成パンの比容積を見ると、送風式の方が空気式より大きい傾向が認められた。
- 5) パン生地を混捏、一次発酵、ベンチタイム及び成型のそれぞれの製造工程の各段階の後に、 $-20^{\circ}\text{C}$ で冷凍したところ、ベンチタイム以降に冷凍すると、パンの比

容積の低下が大きく、成型後ではさらに顕著であった。

- 6) 原料小麦粉の一等粉、ストレート粉(一等粉と二等粉の混合物)及び二等粉を用いて等級別試験を実施したところ、灰分含量の高い二等粉から製造した冷凍パンの比容積の低下が最も大きかった。
- 7) イーストを小麦粉に対して4~8%の範囲で添加したところ、添加量が多いものほど冷凍製パンの比容積の低下が大きかった。また、市販冷凍イーストによっても冷凍製パンの比容積に差違が認められた。

#### 参考文献

- 1) 山内康浩：食品と科学，39，4月号，103(1997)
- 2) 公開特許公報：特開平6-70673
- 3) 河合弘康：化学と生物，31，374(1993)
- 4) 若林素子・宮森清勝・沼田邦雄・青木睦夫：東京都立食品技術センター研究報告，7，7(1998)
- 5) 田中康夫・松本 博編：製パンプロセスの科学，p125，光琳(1991)
- 6) 長尾精一編：小麦の科学，p102，朝倉書店(1995)
- 7) 製粉振興会編：小麦粉の話，p77，(財)製粉振興会(1995)