

発酵パンの鮮度保持の検討

(第1報) 冷凍生地について

Studies on Maintenance of Freshness of the Bread

Part I. On the Frozen Dough

山口 忠次
Chuji Yamaguchi

古賀 民穂
Tamiho Koga

大野 加代子
Kayoko Ōno

南部 庸子
Yoko Nanbu

(1976年11月29日 受理)

近年、パンの需要数安定が見られるとともに、パンの品質および新鮮度に対する関心が高まっている。焼きたてのパンの新鮮さを長時間にわたって維持させることが出来る方法は、現在のところ冷凍貯蔵法による以外はないとされている。ベーカリー製品の冷凍では、焼き上げ後の製品の冷凍と、焼き上げ前の生地の冷凍があり、多くの研究⁽¹⁻⁵⁾がなされるとともに、その製品化も見られる。しかし、冷凍生地法においては、凍結貯蔵中のイーストの活性低下、および、それに伴うパンの品質低下などの問題点が指摘されており、冷凍生地による製パン法は、いまだ完全には確立されていない。この方法は冷凍生地で出荷されたものを販売店頭で焙焼されるので、新鮮なパンを常に消費者に供給し得るという利点があり、また、家庭でのパンの培焼が盛んになってきた今日、この問題点の究明が要望されている。今回は、この問題点の究明を目的とし、基礎的知見を得るため、冷凍生地法により製造されたパンの品質について検討を行った。

実験材料および方法

I. 実験材料

小麦粉は、日清製粉の強力粉(スーパーカメリヤ)・イーストはカネカ印圧搾酵母、砂糖は上白糖(明治製糖)マーガリンは雪印乳業製、食塩はNaCl 99%以上含有のもの、水は水道水を使用した。

II. 実験方法

試験区は、表1のように設定した。原料の配合割合は、小麦粉100、イースト2.5、砂糖5.0、食塩2.0、油脂5.0、水60とし、直捏法で製パンした。1個の重量は400gとした。

凍結および貯蔵は、日立ホームフリーザー(-20℃)で行なった。

製品の水分は赤外線水分計にて、温度は中村理科工業社製サーミスターにより測定した。

表-1 各試験区概要

非凍結区 1区	凍結前発酵区 2区	凍結前後発酵区 3区	凍結後発酵区 4区
全材料同時仕込み こね込み	全材料同時仕込み こねこみ	全材料同時仕込み こね込み	全材料同時仕込み こね込み
↓ 40分	↓	↓	↓ 〔凍結→解凍〕
第1発酵 28~30℃ 60分	第1発酵	第1発酵	第1発酵
↓	↓	↓	↓
ガス抜き	ガス抜き	ガス抜き	ガス抜き
↓	↓	↓ 〔凍結→解凍〕	↓
整形・分割	整形・分割	整形・分割 (第2発酵)	整形・分割
↓	↓	↓	↓
ホイロ入れ 40℃ 80% 40分	ホイロ入れ 〔凍結→解凍〕	ホイロ入れ	ホイロ入れ
↓	↓	↓	↓
焙焼 210~220℃	焙焼	焙焼	焙焼
食パン 35~40分			

製品の比容積は、容積を菜種置換法により測定し、重量で割った値とした。

硬度は、千代田製作所製コンプレッショメーターで測定した。

官能検査は、18~22才の女子12名のパネルにて、すだち、触感、香り、および味、総合の4項目について順位法により行なった。

生地中の生存イースト数は、栄研のポテトデキストロース寒天培地で、混釈培養法により、25℃、72時間培養

後、プレートカウント法にて行なった。

実験結果および考察

(1) パン生地における凍結曲線

前期の条件でパン生地を凍結した際の凍結曲線を、図1に示した。

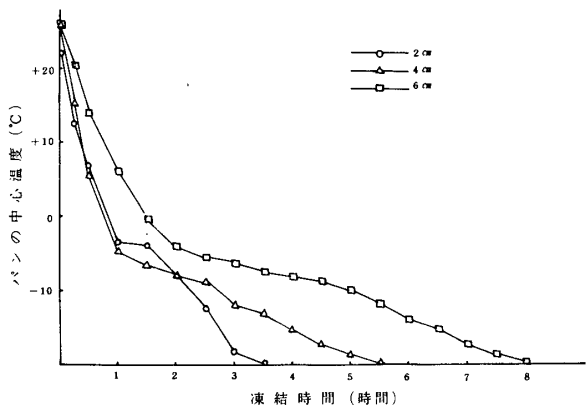


図-1 パン生地における凍結曲線

パン生地の最大氷結晶生成帯は、 $-4 \sim -8^{\circ}\text{C}$ 附近にあり、約 25°C の試料がフリーザーの温度まで下がるのに、約2時間30分から、8時間を要することが分った。また同じ重量の生地でも試料の厚みが薄いほど凍結速度が早い、この凍結法は緩慢凍結と言われる条件に属しているものと思われるので、生地の凍結障害を出来るだけ少くするため、試料の厚みは2cmおよび、4cmとして凍結処理を行ない実験に用いた。

(2) 解凍条件の影響

冷凍食品の品質には、解凍条件もかなり大きな影響を与えることが知られている。そこで、冷凍生地の解凍法の検討を行なった。直捏法で生地を作成し、前記の条件

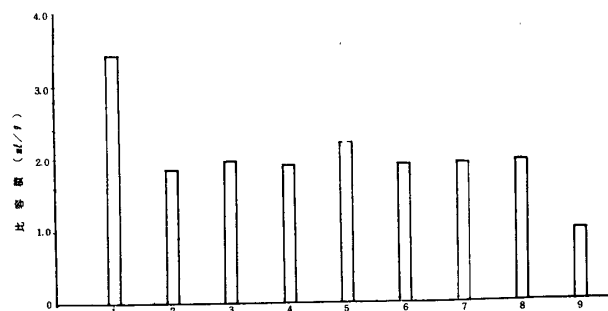


図-2 解凍法と比容積の関係

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 1. 非凍結区 | 6. 60°C 解凍 |
| 2. 冷蔵 (5°C 前後) 解凍 | 7. " + 第2発酵 |
| 3. " " + 第2発酵 | 8. 90°C 解凍 |
| 4. 室温 (28°C 前後) 解凍 | 9. レンヂ解凍 |
| 5. " " + 第2発酵 | |

で5日間の凍結貯蔵後、冷蔵解凍 (5°C 前後)、室温解凍 (28°C 前後)、 50°C 解凍、 90°C 解凍、および電子レンジによる解凍を行なった。解凍後製パンし、パンの比容積を測定し、比較した (図2)。解凍温度が高くなるほど比容積が僅かながらも増加の傾向を示したが、電子レンジによる解凍は、あまり良い結果を示さなかった。庄司ら⁴⁾は、解凍後発酵したパンの容積は、発酵しないものより有意に大きくなることを報告している。そこで前記の各温度解凍後に、温度 $28 \sim 29^{\circ}\text{C}$ 、湿度62%、60分間の第2発酵を追試した。その結果、図2に見られるように、パンの比容積は第2発酵を行なったものは、行なわないものよりも、優れた値を示した。特に室温 (28°C 前後) 解凍後、第2発酵を行なったものの比容積は、有意に増加が見られ、今回の解凍条件中、最も良い解凍法と考えられるので、冷凍生地の解凍条件として、今後の実験を行なった。

解凍時は、凍結時よりも製品の老化への影響は小さいと認められている。室温解凍 (28°C 前後) 中の生地温度の変化について調べた。図3に見られるように、同じ重量の生地でも、厚さが薄い程、早く解凍がされるようである。最も老化の進みやすいとされる $-3^{\circ}\text{C} \sim +3^{\circ}\text{C}$ 附近は、どの厚みの生地においても同様に、す早く通過することが解った。室温解凍法は、この点からも良い解凍法のひとつと考えられる。

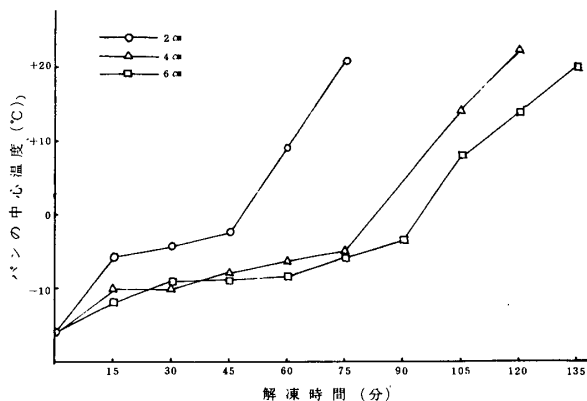


図-3 パン生地における解凍曲線

3. 冷凍生地の製造法による影響

冷凍生地は、発酵能力が低下することが知られている。この発酵能の低下は、パン生地の凍結剤の発酵が長くなるほど著しくなることが認められている²⁾⁶⁾。そこで、冷凍生地の製造法が焼き上げ後のパンの品質に及ぼす影響について検討した。冷凍生地の製造工程は、表1に示す通りとした。各試験区に従って冷凍生地を作成し、前期の条件にて5日間凍結貯蔵を行ない、解凍後、焼き上げた後、パンの比容積を測定した (図4)。凍結前発酵区

(以下 No.2 と記す)パンは、最も比容積が小さく、凍結後発酵区(以下 No.4 と記す)パンは、非凍結区に近い値を示した。凍結前後発酵区(以下 No.3 と記す)パンは No.2 のパンの比容積に比べて有意に差が見られた。すなわち、No.2 のパンの比容積が、最も小さいことは、発酵後に凍結させた為、イーストの活性とガス発生能力が低下しているためと思われる。Merritt⁸⁾ および 田中ら⁶⁾ は、発酵が認められる程度まで起った生地中のイーストは、初期の増殖状態にあり、凍結障害を非常に受けやすいと報告している。No.2 と同様に、凍結前発酵した No.3 のパンの比容積が、No.2 より有意に大きいことは、解凍後再度発酵を行ない、イーストのガス発生能をある程度まで回復させたためと考える。

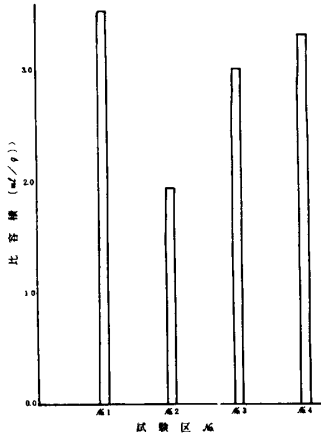


図-4 凍結処理法と比容積の関係(5日凍結)

No.1 非凍結区 No.3 凍結前後発酵区
No.2 凍結前発酵区 No.4 凍結後発酵区

つぎに、各試験区で作られた冷凍生地を焼き上げたパンの硬度の経時変化をみてみた(図5)。

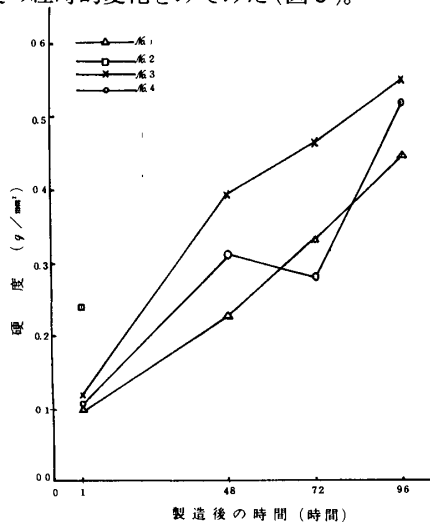


図-5 パンの老化度(5日凍結)

No.2 のパンは焼き上げ後、1時間目においてもコンプレッショメーターで測定出来ない程、硬いコチコチの状態であった。また、どの区においても、時間の経過につれて、その硬さを増している。また No.3 が No.4 および非凍結区(以下 No.1 と記す)より硬化しやすいことが解った。これらの冷凍生地パンの官能検査を行なった。その結果は表2の通りである。

表-2 官能検査

項目	す だ ち				触 感				香 り ・ 味				総合評価			
	No.				No.				No.				No.			
試験区	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	3	3	2	2	1	4	2	2	1	2	2	2	2	4	3	3
2	2	3	1	1	2	4	1	1	2	2	2	2	1	4	3	2
3	2	3	2	2	1	3	2	2	1	4	2	2	1	4	2	2
4	2	4	2	2	1	4	2	2	2	4	2	2	1	4	2	2
5	2	4	2	1	1	4	1	1	2	3	2	2	2	4	3	2
6	1	3	2	1	1	3	2	2	1	3	1	2	2	3	2	2
7	2	3	1	2	2	4	1	2	2	4	1	3	2	3	3	1
8	1	4	2	2	2	3	1	1	2	3	2	2	2	4	2	1
9	2	3	1	2	2	3	1	2	2	2	1	2	1	4	2	2
10	2	3	1	1	2	4	2	1	2	3	2	1	1	4	3	1
11	3	3	1	1	2	3	1	2	2	3	2	2	2	4	2	1
12	2	3	2	1	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3	3	1
T	24	39	18	18	19	42	18	20	21	36	21	24	19	45	30	20
W ¹⁾	0.56 *				0.71 *				0.33 *				0.62 *			

1) 判定パネル間の順位の一貫性の係数

* 1% 危険率で有意。

すだち、触感、香り、味および総合評価において、1%危険率で有意であった。No.2 はすだち、触感、香り、味および総合の項目とも全て劣っており、No.4 が総合評価では、No.1 に続いて良い結果を示した。香り、味については、No.3 が No.1 と同様に好まれており、風味の点からは、十分な凍結前発酵が必要と思われた。各試験区のパンの外観と、断面の写真を図6と図7に示した。容積、すだちなど、前記のデータと同ような傾向が見られた。

以上の結果より、冷凍生地の製造は、No.4 が確かに普通のパンに近い品質のものが得られるが、解凍後に多くの労力と時間を要するので、凍結前後発酵法 No.3 が良いと思われる。しかし、容積および硬化の点における改良が望ましく、更に検討を要する。

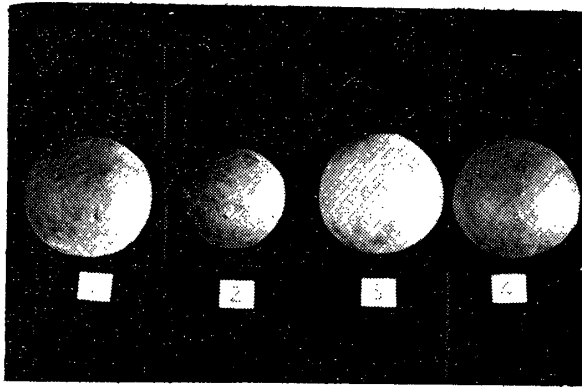


図-6 パンの外相

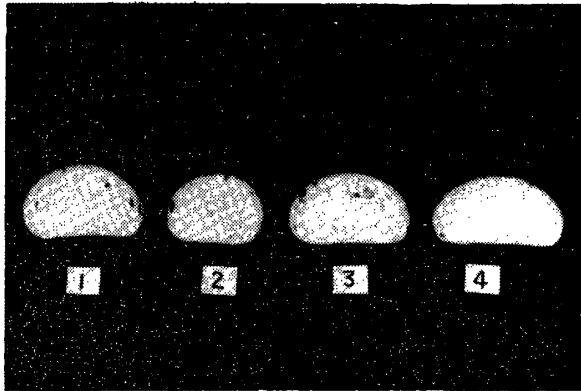


図-7 パンの内相

4. 凍結貯蔵期間の影響

凍結貯蔵期間が焼上製品に、どのような影響をおよぼすかについて検討した。各試験区の生地を前記と同様に30日間凍結し、解凍後、焼き上げて製品の比容積、水分および硬度の経時の変化について調べた。図8に見られるとおり、短期間(5日)凍結処理と同様に、No.2の比容積が甚だしく劣っていることが解った。各区の標準区に対する膨化率の比率をみると、5日間凍結では、No.2(55%)、No.3(85%)、No.4(94%)で、30日凍結では、No.2(34%)、No.3(54%)、No.4(88%)となり、凍結貯蔵期間が長いほどふくらみが悪くなることがわかった。特に、凍結前発酵を行なうと、凍結貯蔵期間が長くなるほど膨らみが悪くなるようである。No.3も30日間の凍結貯蔵においては、ふくらみが悪く、この冷凍生地法は短期間冷凍貯蔵においてのみ有効と考えられる。

パンの水分の経時の変化を図9に、硬度の経時の変化を図10に示した。水分含有量は、どの区においても時間が経つにつれて漸減している。ただNo.3は、解凍後、再発酵し、ホイロなどの工程を通過するためか、水分の含有量が最も多いようであった。この点については、再検討を考えている。硬度の経時の変化も、短期間凍結処理

に比べて、どの区においても進行速度が早いようであった。特に、No.2は焼き上げ後1時間目でも測定出来ないほど硬いパンが得られた。これは、凍結貯蔵期間が長くなるほど、イーストの活性が低下するとともに、生地の弱化が起こるため²⁾と思われる。

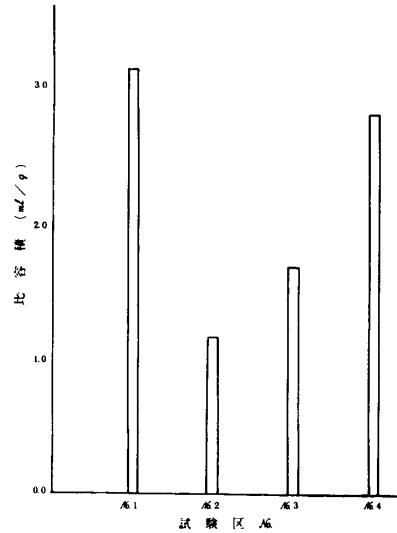


図-8 凍結処理法と比容積の関係(30日凍結)

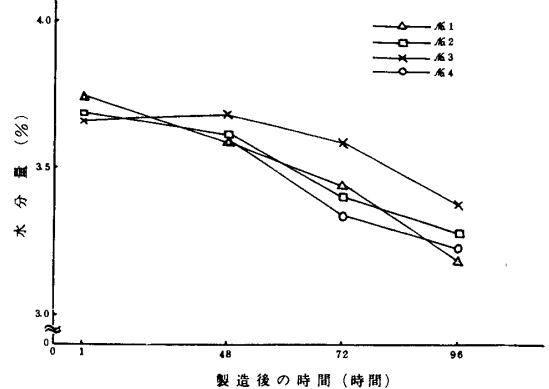


図-9 水分の経時的变化(30日凍結)

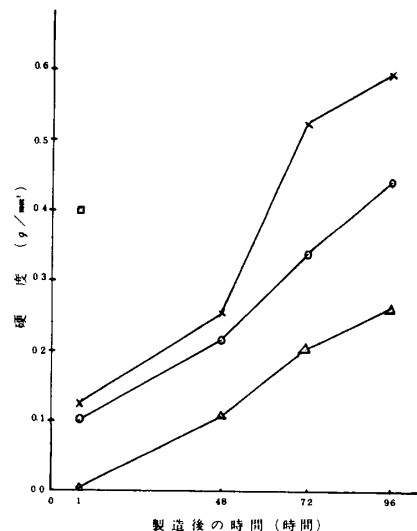


図-10 パンの老化度(30日凍結)

5. 冷凍生地中のイースト数

発酵法、および貯蔵期間が生地中の生存イースト数におよぼす影響についてみた。結果は、図11のとうりであった。いずれの試験区とも、貯蔵期間が長くなるほど、イースト数は漸減している。なかでもNo.2のイースト数の減少が最も激しく、いままでの報告のとうり、凍結前発酵が酵母の凍結障害を増進させることが認められた。しかし今回は、イーストの減少は貯蔵15日目頃までで、その後は一定数が保たれる様な結果が得られた。No.3およびNo.4では、貯蔵期間5日までは、イースト数に変化が見られず、No.3ではその後一定速度で、イーストの減少が見られる。No.4は、15日まではゆるやかな減少がみられ・それを過ぎると減少の速度が早くなるようであった。No.3は28℃、40分の凍結前発酵を行なっているにもかかわらず、貯蔵5日迄はイースト数に著しい変化が見られなかった。No.3の5日凍結貯蔵の膨化率は対照区の85%程度であること、また田中⁶⁾らは凍結前発酵はイーストの菌体重量、出芽率にはほとんど影響が現われていない発酵1時間後には、明らかに凍結障害がおけると報告していること等から、再検討を要するが、No.3すなわち凍結前後発酵は、5日以内の生地冷凍貯蔵に、No.4は15日前後までの冷凍貯蔵に利用できるとも推定される。

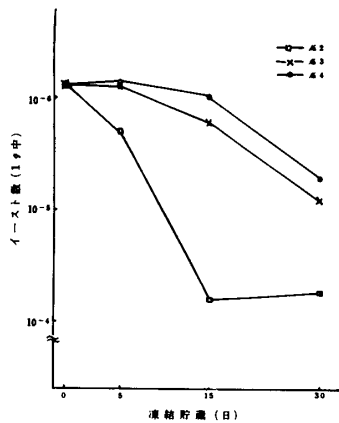


図-11 発酵方法、凍結貯蔵期間とイースト数との関係
6. イースト添加による生地の改良

我々の実験においても、冷凍貯蔵中のイースト数の減少が、パンの脹みを悪化させる原因のひとつであるので、イーストを再添加することにより、改良を試みた。No.3の30日凍結生地に解冻後2.5%のイーストを添加、整形し、第2発酵後焙焼した。図12に見られるように、イースト添加することにより、比容積が無添加に比べて、著しく増加し、No.1よりも大きくなる傾向を示した。一般に冷凍生地による脹みの劣化は、凍結障害によるイースト数の減少のみでなく、生地の弱化(死滅したイースト

細胞に起因すると見なされる)のためとされている⁹⁾が、今回の結果からNo.3は、30日間の冷凍貯蔵した場合においても生地の著しい弱化は行なっていないと推察される。冷凍前後、発酵法はいくつかの問題点が見られるが、冷凍生地製造法としては、利用し得る可能性を示していると考えられる。今後更に検討して行くつもりである。

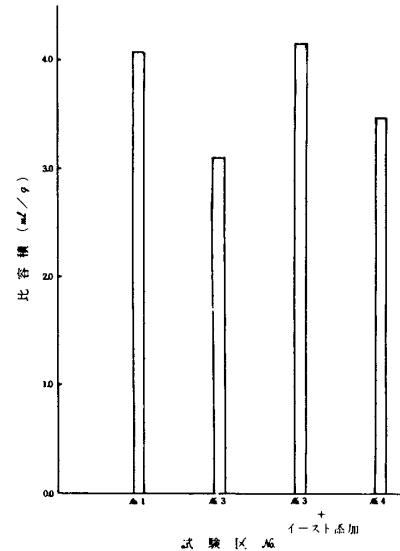


図-12 イースト添加と比容積の関係 (30日凍結)
要 約

焼きたてのパンの新鮮さを長時間にわたって維持させる方法のひとつとして、冷凍生地について検討した。

1)非凍結区、凍結前発酵区、凍結前後発酵区および、凍結後発酵区について、5日間および30日間の冷凍貯蔵を行ない、焼き上げ製品の比容積、水分含量、硬化度の測定をした結果より、凍結前後発酵法は5日以内貯蔵における冷凍生地の製造に利用し得る可能性があることが解かった。

2)凍結前後発酵法の生地中のイースト数は、冷蔵期間が長くなるにつれて減少するが、凍結による生地の弱化が少く、イーストの再添加により非凍結区と同様の容積のパンを得ることができる。

再度検討する必要があるが、冷凍生地の製造法として特に短期間(5日以内)貯蔵においては、凍結前発酵法が利用し得る可能性を得た。

終りに、本研究イースト菌数測定に当り、懇切なご指導をいただきました、本学小林教授、加藤講師に深謝申し上げます。また、官能テストパネルとして、ご協力いただきました方々に心から感謝の意を表します。

文 献

- 1) V. R. Charles, F. O. Van Duyhe : Food Technol.,
7, 208 (1953).
- 2) Anonymous : Amer. Inst. Baking. Bull., No. 112,
Aug. (1965).
- 3) 仮屋園璋 : 食品工業, 13 (22), 89 (1970).
- 4) 庄司一郎, 柴田昌英 : 家政学雑誌, 25, 259 (1974).
- 5) 田中康夫 : 冷凍, 47, 114 (1972)
- 6) 田中康夫, 宮武真理子 : 日本食品工業, 22, 366
(1975).
- 7) 庄司一郎, 柴田昌英 : 家政学雑誌, 27, 191 (1976).
- 8) P. P. Merritt : Baker's Digest, 40, 57 (1960)
- 9) L. Kline, T. F. Sugihara : Baker's. Digest, 42 (5),
44 (1968).