

## ノ　－　ト

パン生地 の 物性, イースト の 発酵能 および 製パン性 に  
及ぼす 小麦全粒粉混入 の 影響Effects of Whole Wheat Flour on the Rheological Properties of Dough,  
Gassing Power and Breadmaking Properties高崎 禎子\* 唐沢 恵子\*  
(Sadako Takasaki) (Keiko Karasawa)

The effects of whole wheat flour on the rheological properties of dough, gassing power of yeast *S. cerevisiae* and breadmaking properties were studied. The blending ratios of whole wheat flour to bread making flour were 0, 25, 50, 75 and 100%. Water absorption in the farinography increased linearly from 62.5% in 100% bread making flour and 77.5% in 100% whole wheat flour. In the texturometry, the doughs prepared with constant moisture content of 60% were higher in hardness and lower in cohesiveness with the increase of blending ratio of whole wheat flour. The hardness and cohesiveness of dough prepared with optimum moisture content was constant regardless of the blending ratio of whole wheat flour. Whole wheat flour had no effect on the total gas production or the internal gas content in the dough at a constant moisture level, but had detrimental effect on the loaf volume. In a dough at the optimum moisture level, whole wheat flour increased the two former parameters.

Sensory evaluation indicated that the replacement in the range of 25 to 50% with whole wheat flour at the optimum moisture level was acceptable.

近年, 食物繊維は成人病の予防に有益であり, 健康維持に重要な成分であることが明らかになってきた<sup>1,2)</sup>。しかし, 現在は食生活の欧米化や加工食品への依存が強まっており, 食物繊維の摂取量は年々減少している。精製度の低い穀類は食物繊維の良い給源であるから, 小麦全粒粉を混入したパンを日常的に主食とすれば食物繊維はコンスタントに摂取し得ると考えられる。小麦全粒粉が製パン性に与える影響についてはすでに多くの研究があり<sup>3-8)</sup>, 小麦全粒粉混入パンにおいては適当に増加させた水量が必要であるという報告がある<sup>4,8)</sup>。しかし, 実際の生地 の 物性を測定し, 生地 の 物性と製パン性の関係を検討した報告は見あたらない。また, 小麦全粒粉の成分がイーストの発酵能に与える影響についての報告もない。

そこで, 今回は, 生地 の 物性, イーストの発酵能およびパンの品質に及ぼす小麦全粒粉混入の影響について検討したので報告する。

## 実験方法

## 1. 試料

- 1) パン用小麦粉 富士製粉(株)製, 緑王冠(水分13.4%, タンパク質13.4%, 灰分0.44%)
- 2) 小麦全粒粉 日清製粉(株)製, グラハムブレッドフラワー(水分12.5%, タンパク質15.2%, 灰分1.6%)
- 3) 上白糖 日清製糖(株), 白砂糖
- 4) ショートニング ミヨシ油脂(株)製, クスコ
- 5) 食塩 日本たばこ(株), 精製塩
- 6) イースト 三共(株)田無工場で製造された *S. cerevisiae* を生イーストの形で使用

\* 東京都立立川短期大学

7) イーストフード 三共フーズ (株) 製, パンチ  
ーム C-N ( $\alpha$ -アミラーゼ 1.60%, プロテアーゼ 1.88%,  
L-アスコルビン酸 2.25%, 塩化アンモニウム 15.00%,  
炭酸カルシウム 20.0%, 倍散剤 59.27%)

## 2. 小麦全粒粉の混入条件

パン用小麦粉: 小麦全粒粉を, 100:0, 75:25, 50:  
50, 25:75, 0:100 (いずれも重量比) の 5 種の割合で  
混入した。

## 3. 材料配合

材料配合は表 1 に示す通り標準的な食パン用配合を基

表 1. 配合割合

パン用小麦粉	100	75	50	25	0
小麦全粒粉	0	25	50	75	100
水 一定*	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
調整**	60.0	63.8	67.5	71.3	75.0
砂糖	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
生イースト	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
ショートニング	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
食塩	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
イーストフード	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26

\* 一定とは粉 100 に対して水分量 60 をさす

\*\* 調整とはファリノグラフより求めた吸水率から砂糖等の  
副材料の換水値を引いた水分量をさす

準とし, 前記の通り小麦全粒粉を混入した配合を用いた。  
粉 100 に対して水 60 を加えたものを水分一定生地とし,  
後述するファリノグラフより求めた吸水率から砂糖等の  
副材料の換水値を引いた水分量を加えたものを水分調整  
生地とした。

## 4. 製パン工程

混ねつは, 粉 1,400 g を用い材料を配合し, 直ごね法  
で行った。ミキサー (関東混合機工業 SS-71E) で低速  
(100rpm) 3分, 中高速 (200rpm) 3分混合し, ショ  
ートニングを添加し, さらに低速 3分, 中高速 4分, 高  
速 (300rpm) 3分混ねつした。混ねつ後の生地は, 1  
次発酵 28°C 90分, 小麦粉 100g 相当に分割, 整形  
後, 2次発酵 (38°C, 湿度 94%) 40分したのち, 焙焼  
(200°C, 20分) を行った。

## 5. 測定項目

### 1) パン用小麦粉および小麦全粒粉

#### ① 一般分析

水分は常圧加熱乾燥法, タンパク質はケルダール法  
(換算係数; 5.83), 脂質は酸分解法, 繊維はヘンネベル  
グストーマン改良法, 灰分は直接灰化法により測定した。  
糖質はそれ以外の灰分として求めた。

#### ② 食物繊維の定量

食物繊維はサウスゲート変法<sup>10)</sup>を用いて測定した。  
水溶性難消化性多糖類, ヘミセルロースおよびセルロース  
の各区分に分別し, グルコース (補正係数 0.9) を標  
準としてフェノール硫酸法にて定量を行った。リグニン  
は重量から灰分を差引いて求めた。

#### ③ ファリノグラフによる吸水率の測定

ファリノグラフ (ブラベンダー社製) を用いて, 小麦  
全粒粉混入時 (試料温度 30°C) の最適水分量を求めた。

#### ④ 粒度分布の測定

粒度分布は, 小麦全粒粉 20g を用い, 音波ふるい器  
(筒井理化学器械 (株) 製, SW-20 型) で測定した。ふ  
るいのサイズは 300, 150, 106  $\mu$ m の 3 種類とし, 周波  
数 100Hz で 10 分間作動させた。各ふるい上に残った試  
料の重量より粒度分布を算出した。

## 2) 生地

### ① *S. cerevisiae* の発酵能および生地の膨化状態

混ねつ後, 一次発酵終了後の生地それぞれ 50g 前後  
(ガス発生測定用生地中に含まれるイースト量が同じに  
なるよう生地を正確に分割した) を用い, ファーモグラ  
フ (アトー (株) 製, AF-1000) により<sup>11)</sup> ガス発生量  
およびガス発生速度の測定を行った。測定温度は混ねつ  
後の生地は 28°C, 一次発酵終了後の生地は 38°C に設  
定した。一条件について 3 本行い, 平均値を求めた。

### ② 生地の物理的特性

一次発酵終了後の生地の硬さおよび凝集性についてテ  
クスチュロメーターにより測定した。測定方法は前報の  
通りである<sup>9)</sup>。

## 3) パン

### ① パンの体積

パンは焙焼後, 一日放冷し, 菜種法で体積を測定した。

### ② パンの内相色

パンの内相色は, パン用小麦粉 100% で調製したパン  
の内相色との色差を色差計 (日本電色 (株) 製, SZ- $\Sigma$   
80) を用いて測定した。JIS Z 8722 に記載されている照  
明と受光の幾何学的条件は, 0°-45°法を用いた。C 光  
源 2 度視野を使って, JIS Z 8730 に記載されている  $L^*$ ,  
 $a^*$ ,  $b^*$  を測定し, 次式により色差を求めた。

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

パンスライサーを用いて厚さ 15mm に切ったパンを  
測定試料とし, 測定面積は 30mm $\phi$ , 測定平均回数は 10  
回とした。

### ③ パンの物理的特性

焙焼約 24 時間後のパンをスライサーで約 13mm の厚  
さに切り, 30 $\times$ 30 $\times$ 13mm<sup>3</sup> の試料片を作り, テクスチ  
ュロメーターで硬さ, 凝集性を測定した。測定条件はプラ

パン生地の物性、イーストの発酵能および製パン性に及ぼす小麦全粒粉混入の影響

表 2. パン用小麦粉および粒度別小麦全粒粉の一般成分

	パン用小麦粉	小麦全粒粉				
		全体*	300 $\mu\text{m}$ 以上	150-300	106-150	106以下
水分 (%)	13.4	12.5	11.9	12.4	12.6	12.3
タンパク質 (%)	13.4	15.2	14.7	13.5	14.4	16.0
脂質 (%)	1.7	2.6	4.9	2.7	2.2	2.3
繊維 (%)	0.1	1.9	9.4	1.9	0.8	0.6
灰分 (%)	0.44	1.6	6.1	1.4	0.8	0.8
糖質 (%)	71.0	66.2	53.0	68.1	69.2	68.0

\* 全体とは分画前の小麦全粒粉をさす

ンジャー：ルサイト 18mm $\phi$ ，クリアランス：2mm，  
プラットフォーム：平皿，バイトスピード：6/min である。

## ④ 品質評価

小麦全粒粉混入パンとして好ましい配合を検討するために、アメリカ製パン研究所の食パンの評価基準、外相 30 (体, 積10; 皮色, 8; 皮質, 3; 焼き上がり均一, 3; 型の調和, 3; 割れ方, 3) 及び内相 70 (すだち, 10; 内相色, 10; 触感, 15; 香り, 15; 味, 20), 総合点 100 を参考に品質評価を行った。小麦全粒粉 25% 混入した水分一定生地パンの評価を 80 点と定め、相対的に評価した。パネルは立川短大調理学研究室員 11 名である。

## 結果および考察

## 1. パン用小麦粉および小麦全粒粉の分析結果

今回用いた小麦全粒粉の粒度分布は 300  $\mu\text{m}$  以上のものが、14.3%、150-300  $\mu\text{m}$  が 23.3%、106-150  $\mu\text{m}$  が 25.2%、通常的小麦粉の粒度に相当する 106  $\mu\text{m}$  以下が 37.2% であった。各区分の一般分析値を表 2 に示したが、粒度により一般成分組成は異なっていた。脂質、繊維、灰分の割合は 300  $\mu\text{m}$  以上の画分、ふすま部分に相当すると考えられる画分に集中していた。パン用小麦粉および小麦全粒粉の食物繊維の定量結果は表 3 に示した。 $\alpha$ -アミラーゼで分解されない水溶性難消化性多糖類はパン用小麦粉と小麦全粒粉の間で顕著な差が見られなかったが、ヘミセルロース、セルロース、リグニン含量は小麦全粒粉の方が多いたことが認められた。

ファリノグラフによりパン用小麦粉と小麦全粒粉の吸

表 3. 食物繊維量 (%)\*

	パン用小麦粉	小麦全粒粉
水溶性難消化性多糖類	2.27	1.97
ヘミセルロース	2.42	9.00
セルロース	0.41	2.10
リグニン	0.00	0.66
合計	5.10	13.73

\* サウスゲート変法により分析

表 4. 小麦全粒粉混入による混合粉の吸水率\*

パン用小麦粉 (%)	100	75	50	25	0
小麦全粒粉 (%)	0	25	50	75	100
吸水率	62.5	66.3	70.0	73.8	77.5

\* ファリノグラフにより測定

水率を測定した結果、本実験に使用したパン用小麦粉は 62.5% であったが、小麦全粒粉は 77.5% であり、パン用小麦粉の 1.3 倍であった。パン用小麦粉の一部に小麦全粒粉を混入すると、表 4 に示したように混入量が多くなるに従って吸水率は直線的に増加した。これは、G. J. Moder らによるミキソグラムの吸水率の結果と一致している<sup>8)</sup>。吸水率に大きく関係する成分としては、食物繊維の他にタンパク質、デンプン、ペントサンなどがある。ペントサンは今回測定しなかったが、小麦全粒には 5% 含まれ、このうち大部分は皮部に存在し、含量は 35% に達するが、胚乳には 2.2~2.8% しか含まれていないと記されている<sup>12)</sup>。Jelaca はペントサンは吸水性が高く、生地中では 6 から 9 倍の水を吸収して粘着物に変化し、製パン性に影響を与えると報告しており<sup>13)</sup>、小麦全粒粉を混入した場合にはペントサンの影響も考慮に入れる必要があると考えられる。また、先に示したように小麦全粒粉中にはパン用小麦粉の約 4 倍近いヘミセルロースと約 5 倍のセルロースが含まれているため、小麦全粒粉に水を添加した場合には、タンパク質のほかにペクチン、セルロース、ヘミセルロース、ペントサンなどが吸水し、これが相互に影響し合いファリノグラフによる吸水率が著しく増加したと考えられる。

なお、アミログラフ (ブラベンダー社製) を用いて、粉 65 g と脱イオン水 450 g の懸濁液を回転数 75 rpm で、25°C から 92.5°C まで 1.5°C/min の昇温を行い、糊化させ、糊化開始粘度及び最高粘度を測定したところ、小麦粉の糊化開始温度は 61.0°C、最高粘度は 800 B.U. であり、小麦全粒粉の糊化開始温度は 64.0°C、最高粘度は 425 B.U. であった。

## 2. 生地物の性に及ぼす小麦全粒粉の影響

粉に対して60%の水を加えた配合(水分一定生地)および吸水率から算出した最適水分量を加えた配合(水分調整生地)の2条件を設定し、一次発酵終了後の生地物の性をテクスチュロメータを用いて測定した。その結果は図1に示した。

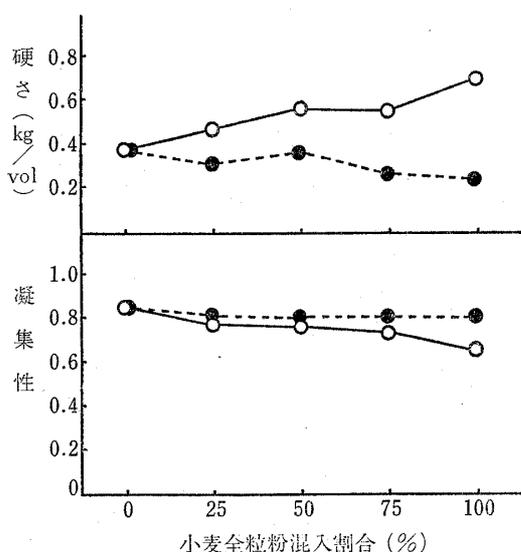


図1. 生地物の性に及ぼす小麦全粒粉の影響

—○— 水分一定生地(粉に対して60%の水を加えた配合)  
 ...●... 水分調整生地(吸水率から算出した最適水分量を加えた配合)

\* 測定試料は一次発酵終了後の生地を用いた。

水分一定生地の硬さは、小麦全粒粉混入割合の増加とともに、徐々に増し、小麦全粒粉100%の生地ではパン用小麦粉100%の約2倍に達した。凝集性は、混入割合の増加とともに低下した。また、小麦全粒粉100%の場合には、復元力の著しい低下が観察された。これは、前述のごとく小麦全粒粉中に存在する食物繊維などが多量の水を吸収するため生地の流動性が失われたことによると考えられる。一方、水分調整生地の硬さは、いずれの混入割合においてもパン用小麦粉100%の生地の硬さとはほぼ同等になった。凝集性も、パン用小麦粉100%の場合に近い値を示した。すなわち小麦全粒粉混入割合に応じて水分を調整することで生地物の性は、パン用小麦粉のみの物性に近づくことがテクスチュロメータにより確認された。

## 3. *S. cerevisiae* のガス発生力に及ぼす小麦全粒粉の影響

パン用小麦粉および小麦全粒粉を用いて調製したパン生地中での *S. cerevisiae* によるガス発生速度パターンを図2に示した。ガス発生速度パターンは発酵90分までは同一であり、90分におけるトータルガス発生量は

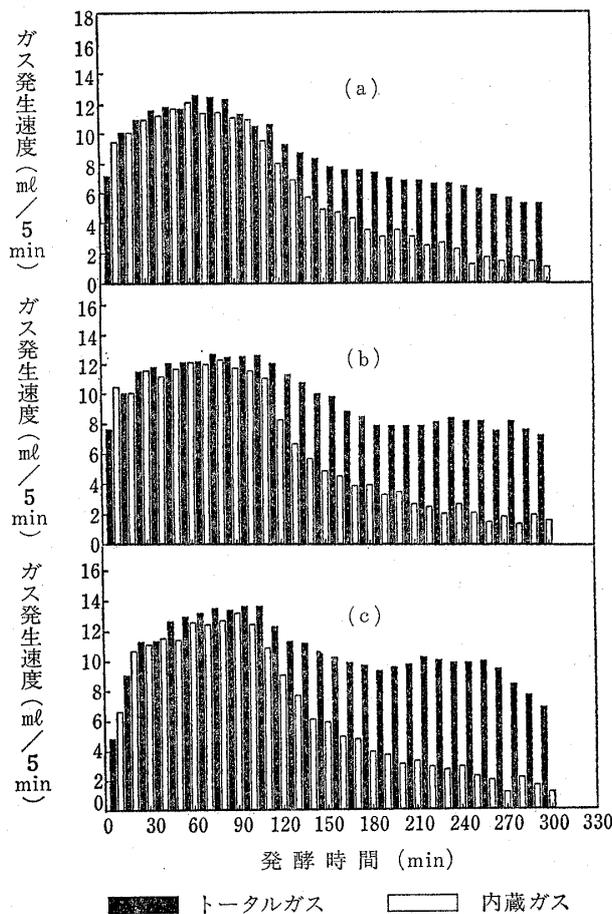


図2. ガス発生速度パターン(28°C, 300分)

(a) パン用小麦粉により調製した水分一定生地\*  
 (b) 小麦全粒粉により調製した水分一定生地\*  
 (c) 小麦全粒粉により調製した水分調整生地\*\*

\* 粉に対して60%の水を加えた配合

\*\* 吸水率から算出した最適水分量を加えた配合

3条件とも200ml前後であった。しかし、90分以降のガス発生速度パターンには差がみられ、パン用小麦粉(a)では90分をピークに、小麦全粒粉(b)(c)では120分をピークにガス発生速度は徐々に低下した。また、小麦全粒粉で調製した水分一定生地(b)では180分以降8.0ml/5min前後であるのに対し、水分調整生地(c)では10.0ml/5minと多くなっていた。発酵300分におけるトータルガス発生量は、小麦全粒粉で調製した水分一定生地(b)ではパン用小麦粉の1.15倍、内蔵ガス量は1.04倍、一方水分調整生地(c)ではトータルガス発生量は1.23倍、内蔵ガス量は1.08倍となり、生地の膨化は同程度にとどまった。

*S. cerevisiae* のガス発生力に与える小麦全粒粉の影響を更に詳細に検討するため、粒度別に分別したもの(300, 300-150, 150-106, 106μm以下)をパン用小麦

パン生地の物性、イーストの発酵能および製パン性に及ぼす小麦全粒粉混入の影響

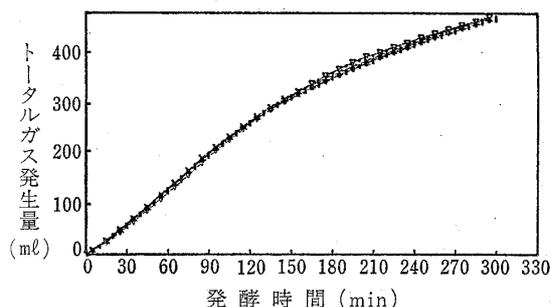


図 3. トータルガス発生量に及ぼす粒度区分の影響 (28°C, 300 min)

- 300 μm 以上の画分 20%+パン用小麦粉 80% を用いた食パン生地
- ×— 150-300 μm の画分 20%+パン用小麦粉 80% を用いた食パン生地
- 106-150 μm の画分 20%+パン用小麦粉 80% を用いた食パン生地
- ▽— 106 μm 以下の画分 20%+パン用小麦粉 80% を用いた食パン生地

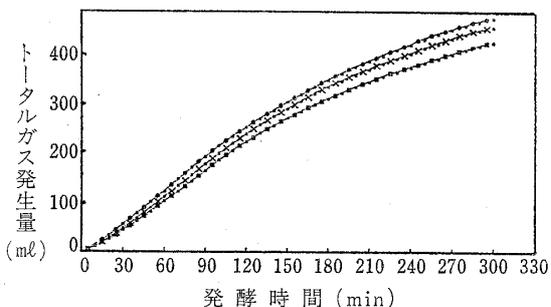


図 4. トータルガス発生量に及ぼす水分量の影響 (28°C, 300 min)

- 水 60.0% を含む食パン生地
- ×— 水 67.5% を含む食パン生地
- 水 75.0% を含む食パン生地

測定生地は水 60.0% を含むとき 20g 使用。それ以外はイースト量が同一になるよう調整

粉に 20% 混入し、生地を調製したところ (水分一定)、図 3 に示すようにいずれの場合もガス発生速度パターンおよびトータルのガス発生量は同一であった。先に示した小麦全粒粉で調製した水分一定生地の場合 (図 2)、発酵 180 分以降のガス発生量はパン用小麦粉より多くなっていたが、これは小麦全粒粉の成分間相互作用、または粒度の粗い部分、すなわちふるすま中に含まれる微量成分の影響も考えられ、これについては今後検討が必要である。次に水分の増加が *S. cerevisiae* のガス発生力に与える影響について調べた。パン用小麦粉に対して水を 60%, 67.5%, 75% の 3 段階に設定した生地におけるトータルガス発生量は、図 4 に示したように、水分量が増加するほど増加した。従って小麦全粒粉を使用した場合も水分調整により、水分一定生地に比べガス発生量が増加したという先の結果は、生地中の水分量に由来する

ものと考えられる。

二次発酵におけるガス発生状態は、パンの膨化状態を考察する上で重要な要因の一つと考えられる。そこで、二次発酵時 (38°C, 60 分) のガス発生量および内蔵ガス量に及ぼす小麦全粒粉混入の影響を調べ、表 5 に示した。水分一定生地の場合、トータルガス発生量および内蔵ガス量は、小麦全粒粉の混入割合にかかわらずほぼ同程度であった。しかし、水分調整生地の場合は、小麦全粒粉混入割合の増加とともに多くなり小麦全粒粉 100% が最大になった。

表 5. トータルガス発生量および内蔵ガス量\*に及ぼす小麦全粒粉及び水分の影響

	小麦全粒粉混入割合	トータルガス発生量 (ml)	内蔵ガス量 (ml)
水分一定生地**	0	122.1	110.6
	25	119.3	114.6
	50	121.7	115.7
	75	120.8	113.5
	100	119.5	112.4
水分調整生地***	0	122.1	116.4
	25	128.7	121.1
	50	133.2	126.9
	75	135.7	132.3
	100	140.0	135.7

\* 二次発酵 (38°C, 60 分) のガス発生量および内蔵ガス量をファーモグラフで測定した。

\*\* 水分一定生地とは粉に対して 60% の水を加えた配合

\*\*\* 水分調整生地とは吸水率から算出した最適水分量を加えた配合

表 6. パンの体積とクラムカラーに及ぼす小麦全粒粉及び水分の影響

	小麦全粒粉混入割合	パンの体積 (cm <sup>3</sup> )	色差 (ΔE)
水分一定生地*	0	794	0.00
	25	725	4.43
	50	729	8.81
	75	691	14.45
	100	637	18.45
水分調整生地**	0	794	0.00
	25	797	5.21
	50	771	11.38
	75	724	15.57
	100	729	19.49

\* 水分一定生地とは粉に対して 60% の水を加えた配合

\*\* 水分調整生地とは吸水率から算出した最適水分量を加えた配合

4. パンの品質に及ぼす小麦全粒粉の影響

0~100% まで小麦全粒粉の混入割合を変え製パンしたときのパンの品質を表 6 に、写真は図 5 に示した。水

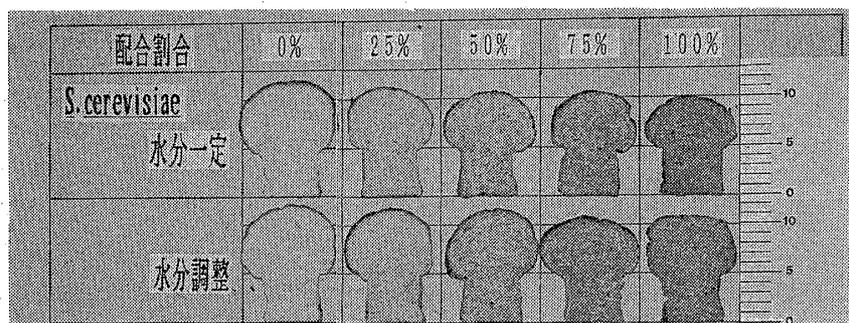


図 5. 製パン性に及ぼす小麦全粒粉及び水分の影響

分一定生地の場合イーストのガス発生力は、前述のように混入割合が増加しても変化しなかったにもかかわらず、焙焼後のパンの体積は減少し、小麦全粒粉100%においては対照の8割にとどまった。また、水分調整生地では混入割合50%まではパンの体積はあまり低下せず水分調整の効果が認められた。しかし、75%以上の混入によって体積は徐々に低下し、小麦全粒粉100%では、水分を増やしてもパン用小麦粉100%と同等までは回復せず約9割にとどまり、パンの上層部は盛り上がり欠け平であった。Moderは、性質の異なる2種類の小麦全粒粉を用い、0%から100%まで五段階混入条件で最適水分量を用いて製パンを行い、混入割合が増えるに従い体積は直線的に減少したと報告している<sup>3)</sup>。Pomeranzは、ふすま7%までの混入はグルテン形成に影響を及ぼさないが、15%混入では、グルテンの減少から予想される以上にパンの体積が減少し、ふすま等の繊維を添加したパンでは微細なクラム構造が観察されなかったこと

を報告している<sup>3)</sup>。本実験で使用した小麦全粒粉は、前述のように粒度分布は300 $\mu\text{m}$ 以上のものが、14.3%、150-300 $\mu\text{m}$ が23.3%、106-150 $\mu\text{m}$ が25.2%、106 $\mu\text{m}$ 以下が37.2%であり、ふすまに相当するであろう150 $\mu\text{m}$ 以上の部分が約38%見込まれる。しかし、今回行った製パン条件では、小麦全粒粉50%混入(ふすまが約20%含まれていると予想)までは水分調整によりパンの体積に悪影響が認められず、最適条件の検討により、改良される可能性を示している。Shogramらは、適当な水分量、ショートニングと界面活性剤の添加およびふすまの粉碎により、小麦全粒粉を20%まで混入した場合にも食パンと同等の体積が得られることを明らかにした<sup>4)</sup>。Laiはふすま混入の生地はオープン中で65°Cまではパン用小麦粉と同等に膨化するがそれ以上の温度ではあまり膨化しなくなることを報告している<sup>5)</sup>。また、著者らは小麦全粒粉ドウを水洗し、グルテンを取り出したところ、グルテンの薄膜に粒度の荒い画分が混じり、

表 7. パンの品質評価結果

品質評価		小麦全粒粉 混入割合	25%		50%		75%		100%	
			一定	調整	一定	調整	一定	調整	一定	調整
外	体積 (10)		7.7	9.1	7.8	8.6	7.0	7.7	5.9	7.8
	皮色 (8)		6.7	6.7	6.1	6.1	6.0	6.1	5.1	5.2
	皮質 (3)		2.2	2.4	2.0	2.1	2.0	2.2	1.8	2.1
	焼き上がり均一 (3)		2.6	2.6	2.1	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0
	型の調和 (3)		2.4	2.5	2.0	2.1	2.1	2.1	1.8	1.7
	割れ方 (3)		2.6	2.6	2.3	2.6	2.2	2.2	2.0	2.0
相	外相合計 (30)		24.2	25.9	22.3	23.7	21.4	22.4	18.6	20.8
内	すだち (10)		7.7	7.6	7.2	7.8	7.2	7.4	6.3	7.0
	内相色 (10)		7.9	8.0	7.6	7.8	7.0	7.1	6.7	6.7
	触感 (15)		12.3	12.8	11.2	12.6	10.4	11.1	9.0	11.5
	香り (15)		11.8	12.2	11.4	11.7	10.3	10.4	9.8	10.1
	味 (20)		16.1	16.9	15.5	16.7	13.6	15.0	12.3	14.5
	相	内相合計 (70)		55.8	57.5	52.9	56.6	48.5	51.0	44.1
合計	(100)		80.0	83.4	75.2	80.3	69.9	73.4	62.7	70.6

( ) は品質評価の際の点数配分を示す

\* 一定とは粉に対して60%の水を加えた配合

\*\* 調整とは吸水率から算出した最適水分量を加えた配合

## パン生地の物性、イーストの発酵能および製パン性に及ぼす小麦全粒粉混入の影響

グルテン膜が伸展に耐えられない現象が観察された。これらのことから2次発酵60分における生地の膨化状態は混入割合によらずほぼ同等であっても(表5), 水分一定生地の場合、生地の硬さおよび凝集性が変化していたことから、全粒小麦粉を混入すると、粒度の粗いふすま部分により生地の微細構造が、パン用小麦粉と異なりグルテンが薄膜状につながらず、生地の伸展性が劣化し、オープン中で急激に増加するガスを保持できず、パンの組織が固定する前にガスが散逸したことが、体積減少の原因であろうと考えられる。また、加熱時にでんぷんはグルテンマトリックス中に分散している水を吸収して糊化する<sup>14)</sup>が、水分一定生地の場合には十分吸水できず、パンの体積を維持できない可能性もある。

クラムカラーは、表6に示したように混入割合がふえるほど増加した。また、同じ体積でも水分の多い調整生地パンの方がやや暗い傾向を示した。

品質評価の結果を表7に示した。外相、内相ともいずれの混入割合においても水分調整生地の方が高い評価を得た。皮質は、混入割合が増加するほど、ざらつき、つやがなくなり、粒度の粗いふすま部分の影響が示された。体積の低下とともに、型の調和や割れ方も劣化した。すだちは混入割合の増加とともに気泡が小さくつまった感じになり、体積の減少傾向と一致していた。触感の評価は混入増に伴って水分一定生地では急激に、調整生地でも徐々に低下した。テクスチュロメータで測定した小麦全粒粉100%のパンの硬さはパン用小麦粉の1.5倍に達したが、水分調整により全条件とも硬さは同一値を示した。しかし、小麦全粒粉100%の触感は食パンとは異なり、蒸しパンのような柔らかさを示し、柔らかさの質が異なっていた。これら硬さの差に加えて粒度の粗さに起因するざらつきも評価に悪影響をもたらしたと考えられる。また、香りは、混入割合が増加するほど小麦全粒粉特有の香りを与えたが、多すぎると好まれなくなった。味は、ふすまがボソボソするため口どけが悪くなり、いずれも75%以上の混入では評価が低下した。総合的に評価すると小麦全粒粉混入パンとしては分散分析およびLSD法を用いた多重比較の結果から25~50%小麦全粒粉を混入したものが有意に好まれた。小麦全粒粉の混入割合が同一の時水分一定生地よりも調整したものが好まれたが、有意の差はみられなかった。

以上より、小麦全粒粉は*S. cerevisiae*の発酵力に影響を与えないが、ふすまの食物繊維部分が水を大量に吸着するために水の量を調整する必要があることが明らかになった。生地の物性は、水の量を調整することで、パン用小麦粉のみの物性に近づくことがテクスチュロメータにより確認された。小麦全粒粉の混入割合は25~50%

を目安にすると良品質のパンが得られた。

## 要約

小麦全粒粉混入がパン生地の物性および*S. cerevisiae*のガス発生力に及ぼす影響を検討するとともに、小麦全粒粉の混入割合を0, 25, 50, 75, 100%と5段階設定し、その製パン性について検討した。結果を要約すると以下ようになる。

- 1) ファリノグラフにより吸水率を測定した結果、小麦全粒粉はパン用小麦粉に比べ1.3倍の吸水率を示した。
- 2) テクスチュロメータによる生地の硬さは、水分一定生地の場合、混入割合の増加とともに硬くなり、凝集性は低下した。吸水率より算出した最適水分量に調整した場合の生地の硬さおよび凝集性は、いずれの混入割合においてもパン用小麦粉とほぼ同等になった。
- 3) 小麦全粒粉は*S. cerevisiae*のガス発生力に悪影響を与えず、水分一定生地の場合のトータルガス発生量および内蔵ガス量は、いずれの混入割合でもほぼ同程度であった。水分調整生地の場合、小麦全粒粉混入割合の増加にともないトータルガス発生量および内蔵ガス量の増加が認められた。
- 4) パンの品質評価の結果、小麦全粒粉を25~50%混入し、水分調整したものが好まれることが明らかになった。

終わりに本研究にあたり、三共(株)にイーストの提供およびファリノグラフ使用に便宜を与えられたことに深謝する。

## 文献

- 1) 印南 敏, 桐山修八編: 食物繊維, 第一出版(1982)
- 2) 印南 敏, 井上五郎, 五島雄一郎, 細谷憲政, 吉田 昭, 桐山修八編: 食物繊維(食品学, 栄養学的アプローチ), 篠原出版(1983)
- 3) Pomeranz, Y., Shogren, M. D., Finney, K. F. and Bechtel, D. B.: *Cereal Chem.*, **54**, 25(1977)
- 4) Shogren, M. D., Pomeranz, Y. and Finney, K. F.: *Cereal Chem.*, **58**, 142 (1981)
- 5) Lai, C. S., Hosoney, R. C. and Davis, A. B.: *Cereal Chem.*, **66**, 217 (1989)
- 6) Lai, C. S., Hosoney, R. C. and Davis, A. B.: *Cereal Chem.*, **66**, 220 (1989)
- 7) Lai, C. S., Hosoney, R. C. and Davis, A. B.: *Cereal Chem.*, **66**, 224 (1989)
- 8) Moder, G. J., Finney, K. F., Bruinsma, B. L., Ponte, Jr., J. G. and Bolte, L. C.: *Cereal Chem.*,

- 61, 269 (1984)
- 9) Takasaki, S. and Karasawa, K.: *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **39**, 813 (1992)
- 10) Southgate, D. A.: *J. Sci. Food Agric.*, **20**, 331 (1969)
- 11) Hino, A., Takano, H., Kitabayashi, N., Niita, F., Ohishi, T. and Tanaka, Y.: *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **35**, 344 (1988)
- 12) 日本麦類研究会編: 再改訂版「小麦粉」, p. 246, 東京 (1981)
- 13) Jelaca, S.L. and Hlynka, I.: *Cereal Chem.*, **49**, 489 (1972)
- 14) 田中康夫, 松本博編: 製パンの科学 I 「製パンプロセスの科学」 p. 56, 光琳 (1992)  
(平成 5 年 2 月 19 日 受理)