

## 脱脂小麦粉の製パン性に関する研究

筒井 知己 金井 節子

## Studies on the Baking Properties of Defatted Wheat Flour

TOMOMI TSUTSUI and SETSUKO KANAI

Functional properties of defatted gluten and non-defatted gluten were investigated and baking properties were estimated using reconstituted wheat flour. Defatted gluten indicated lower emulsifying properties than non-defatted gluten and the bread made from reconstituted flour (defatted gluten and defatted starch) showed the lowest loaf volume.

我々は先に、各種の油脂を、製パンの際の副材料として用いて製パン試験を行ない、使用した油脂の種類により、パンのローフボリュームが多少異なること、また各油脂のグルテンへの結合量と、パンのローフボリュームとの間に、正の相関があることを報告した<sup>10)</sup>。しかし製パンの際には、小麦粉中に約2%含まれている脂質の重要性も指摘されている。小麦粉の脂質の約80%は、非でんぷん性脂質で、遊離脂質と結合脂質が含まれるが、遊離脂質中の糖脂質は、パンの品質に好影響を与え<sup>7)</sup>、一方遊離脂肪酸は、パンのローフボリュームを低下させると報告されている<sup>8,11)</sup>。また小麦粉脂質の約20%は、でんぷん顆粒中に含まれているが、この脂質は、でんぷんの工学的特性に影響を与えていると考えられている<sup>9)</sup>。

このように小麦粉中には、各種の脂質が、遊離状態や結合状態で含まれているが、それらを有機溶媒で抽出して、脱脂小麦粉をつくり、製パン試験を行なった報告としては、DeStefanisら<sup>7)</sup>が、脱脂小麦粉にトリグリセリドを加えて、製パン性を検討した報告と、MacRitchie<sup>10)</sup>が、脱脂小麦粉に、他の小麦粉から抽出した脂質を加え、製パン性を検討

した報告、Chungら<sup>4)</sup>が、各種の溶媒で脱脂した小麦粉を用いてパンを焼き上げ、そのローフボリュームを比較検討した報告がみられる。この結果、脱脂小麦粉にトリグリセリドを加えても、パンのローフボリューム増加にほとんど効果がないが、小麦粉抽出脂質を加えるとパンのローフボリュームが増加するので、やはり小麦粉中の脂質が重要であることがわかる。そこで今回我々は、カナディアン・ウエスタンNo1小麦粉(1CW)を用いて、小麦粉からグルテンとデンプンを分離し、さらにこのデンプンを85%メタノールで脱脂して、脱脂でんぷんを調製した。また別に、ブタノール脱脂小麦粉から脱脂グルテンを調製した。そして実験計画法、直交法L<sub>16</sub>に従い、各グルテン、各でんぷん、二種の油脂(ナタネ油、ナタネ硬化油)を組み合わせた。次に各グルテンと各でんぷんを混ぜ合わせて合成小麦粉をつくり、さらに副材料として、砂糖、食塩、脱脂粉乳、ドライイースト、水、油脂を加え混練して生地をつくり、パンを焼き上げた。そして各脂質の抽出で、製パン性がどのように変化するかを、パンのローフボリューム、きめ、かたさ等から検討したので、ここにそ

**Key words** : Baking property, Defatted wheat flour

の結果を報告する。

## 実験方法

### 1. 試料の調製法

カナディアン・ウエスタンNo 1 (1CW) 小麦粉 (粗タンパク質13.7%、粗灰分0.7%) 100gに、0.001N塩化ナトリウム溶液80mlを加え、ドウをつくり、これをガーゼで包んでから、流水中ででんぷんの濁りがなくなるまでよく揉んだ。次にガーゼ中のグルテンを集め、凍結乾燥してグルテン (未処理物) とした。また沈澱したでんぷんは別に集め、0.2%水酸化ナトリウム溶液を加えて一晩放置し、タンパク質を溶解させた。次に沈澱したでんぷんを集め、あらたに0.2%水酸化ナトリウム溶液を加えて放置し、タンパク質を溶解させる操作を数回くりかえした。最後に沈澱したでんぷんを集め、アルカリ反応がなくなるまで水で洗浄後、凍結乾燥してでんぷん (未処理物) とした。またこのでんぷんをガラス容器に一定量とり、10倍量の85%メタノールを加えた。このガラス容器に還流冷却管を接続してから、70℃の湯せんで72時間加熱し、でんぷん内脂質を抽出した。次にこの脱脂でんぷんを集め、凍結乾燥して、脱脂でんぷん試料とした。また1CW小麦粉に、10倍量のn-ブタノールを加え、数日間4℃に放置後、口紙を用いて濾過し、小麦粉から脂質を抽出した。さらにこの脂質抽出操作を二回くり返し、脱脂小麦粉を調製した。次に乾燥した脱脂小麦粉100gに、0.001N塩化ナトリウム溶液80mlを加え、ドウをつくり、これをガーゼで包んでから流水中で、でんぷんのにごりがなくなるまでよく揉んだ。次にガーゼ中のグルテンを集め、凍結乾燥して脱脂グルテンとした。

### 2. 各でんぷん溶液の粘度と疎水性の測定法

各でんぷんを、ジメチルスルホキシドに、0.25%濃度で分散させ、イウチ・マグネチックスタラーHS-3Bで、強度3で、30分間または2時間攪拌した溶液の粘度を、東京計器製EDL型粘度計を用いて、No38のローターで温度25℃で測定した。また各でんぷんの疎水

性は、次のように測定した。すなわち、各でんぷんを、ジメチルスルホキシドに0.05%濃度で分散させ、イウチ・マグネチックスタラーHS-3Bを用いて、強度3で30分間攪拌した。30分後、この溶液から、0.0125%、0.025%、0.0375%の各でんぷん溶液5mlを調製した。これらの各溶液に、10 $\mu$ lのエタノールを加えて、よく攪拌後、各溶液の蛍光を、励起スペクトル366nm、蛍光スペクトル450nmで測定し、ブランク値とした。また同じでんぷん溶液に、10 $\mu$ lの0.01%ジフェニルヘキサトリエン (DPH) 溶液 (10mgDPH/100mlエタノール) を加えて、よく攪拌後、同様に蛍光値を測定し、この値から、ブランクの蛍光値を差し引いて、でんぷんの疎水値とした。

### 3. 脂質の分析法

各グルテンに結合している脂質を検討するため、グルテン (未処理物)、と脱脂グルテン、それぞれ3gを試料として、ソックスレー法により脂質を抽出した。また抽出脂質の構成成分を検討するため、薄層クロマトグラフィー (固定層として、キーゼルゲル60を用いる) で、非極性脂質の分離には、石油エーテル：エーテル：酢酸=90：10：1の展開溶媒を用い、展開後、50%硫酸を噴霧し、100℃以上に加熱して発色させ、非極性脂質成分を検出した。また、極性脂質の分離には、クロロホルム：メタノール：水=65：25：4を展開溶媒として用い、展開後ジトマー試薬を噴霧し、100℃以上に加熱して発色させ、極性脂質成分を検出した。

### 4. グルテンの親油性および乳化特性の測定法

グルテン (未処理物) および脱脂グルテンの親油性は、油脂としてトリオレインを用いて、筒井ら<sup>7)</sup>の方法に従って測定した。また両グルテンの乳化活性と乳化安定性は、PEARCEら<sup>13)</sup>の方法に従って測定した。

### 5. 多元配置 (直交表L<sub>16</sub>) による、各脱脂の製パン性への影響の検討

各脱脂の製パン性への影響を検討するため、2水準の因子を3個、次のようにとりあげた。

ここでは (A) でんぷん：でんぷん (未処理物) と脱脂でんぷん (B) グルテン：グルテン (未処理物) と脱脂グルテン (C) 油脂：ナタネ硬化油 (mp36°C) とナタネ油を、直交表L<sub>16</sub><sup>15)</sup>を用いてわりつけた。次に小麦粉200gに相当するように、でんぷんやグルテンの各試料を、8種の組み合わせに合わせて採取した。すなわち、でんぷんの場合、未処理物、脱脂物とも、同じ固形物量140gになるように採取した。またグルテンは、同じ粗タンパク質量26gになるように採取した。次に、これらのでんぷん、グルテンと砂糖12g、食塩4g、ドライイースト (オリエンタル酵母株) 2gを一緒に三回ふるいにかけた。さらにこの粉を、フナイオートベーカーFAB-72に加え、水144ml (小麦粉としてたりない水も別に加えた)、油脂8gを加えて5分間ミキシングした。次に製パンの標準コースにセットし、3時間50分かけて、混捏、発酵、焼成をおこなった。焼成したパンは、重量を測定後、ローフボリュームを菜種置換法で測定した。次にパンの物性を測定するため厚さ2cmにスライス後、耳の部分除去して5.5cmの正方形に整形した。この切片の硬さを、飯尾電気製レオメーターで、18mm (直径) のプランジャーを用い、サイクルスピード6cy/m、クリアランス5mm、ロードレンジ20kgで測定した。

## 6. 電子顕微鏡観察

各パンの切片を、液体窒素で凍結後、日立走査型電子顕微鏡S2150を用い、40倍から、500倍で観察した。

## 実験結果および考察

### 1. でんぷんの粘度と疎水性

でんぷん (未処理物) および脱脂でんぷんを、ジメチルスルホキシド中で、30分間または2時間攪拌した溶液の粘度は、表1のようになった。一般に種実でんぷんは、根茎でんぷんよりジメチルスルホキシドに溶解しやすいことが報告されている。またアミロースをジメチルスルホキシド中で膨潤させたものは、

Table 1 Shear stress value of each starch (dyne/cm<sup>2</sup>)

Varieties	Shear rate(sec-1)				
	19.2	38.3	76.8	192	383
starch					
mixing for 30 min.	0.51	0.89	1.60	4.12	8.25
120min	0.54	0.89	1.81	4.10	8.36
methanol-treated starch					
mixing for 30 min.	0.47	0.81	1.56	3.82	7.80
120 min.	0.63	1.09	1.93	4.43	9.01

熱水中で分散させたアミロースより分子量が大きく、老化しにくいことが明らかにされている。<sup>9)</sup>我々の場合、30分の攪拌では、脱脂でんぷんは、でんぷん (未処理物) に比べ、多少粘度が低かった。この理由として、ジメチルスルホキシドのでんぷんへの浸透性が、脱脂処理により多少低下したことが考えられる。しかし2時間の攪拌では、むしろ脱脂でんぷんの方が高い粘度を示した。これは脱脂でんぷんが、脱脂処理の際の加熱により多少構造的な変化をうけていて、ジメチルスルホキシドが十分に浸透すると、より大きく膨潤したものと思われた。一方各でんぷんの疎水性は、Fig. 1のようになった。脱脂でんぷん

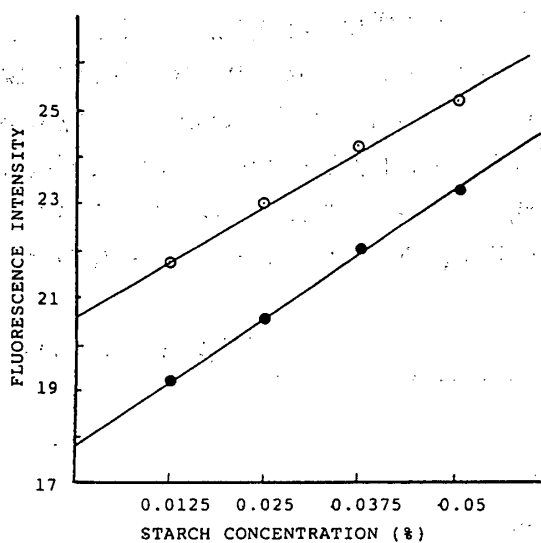


Fig. 1. Relationship between DHP-FI value and starch concentration. (starch mixing for 30min.)  
1, starch ● 2, methanol treated starch ○

は、でんぷん（未処理物）より高いDPH結合性を示した。各でんぷんを、ジメチルスルホキシド中で、30分間攪拌した場合、でんぷん（未処理物）の方が膨潤しやすく、この疎水性が多少低い結果と一致するものと思われた。ところででんぷん（未処理物）を、熱メタノール（85%濃度）で72時間処理すると、0.3%の脂質が抽出される。Carrら<sup>3)</sup>によると、でんぷんに結合している脂質は、大部分リゾホスファチジルコリンで、これがでんぷんの工学的特性に影響を与えられている。DPHの蛍光値には、DPHとでんぷん内脂質との相互作用による蛍光およびDPHとでんぷんの表面をおおっているタンパク質<sup>14)</sup>との相互作用による蛍光も含まれているものと思われる。

## 2. 各グルテンより抽出された脂質の薄層クロマトグラフィー

グルテン（未処理物）からジエチルエーテルにより抽出された脂質の割合は、全体の0.4%であり、一方脱脂グルテンから同じ処理で抽出された脂質の割合は、全体の0.2%であった。Chungら<sup>6)</sup>は、小麦粉を石油エーテルで脱脂すると、遊離の脂質のみが抽出され、2-プロパノールで脱脂すると遊離の脂質と、結合脂質が抽出されると報告している。また彼ら<sup>5)</sup>は、水飽和-1-ブタノールを用いると、小麦粉からの脂質の抽出を最大にすることを明らかにしている。我々の場合、小麦粉の脱脂に、n-ブタノールを用いたので、脱脂小麦粉から調製した脱脂グルテンは、まだ脂質を残存していた。次に各グルテンから抽出した脂質を、薄層クロマトグラフィーにかける

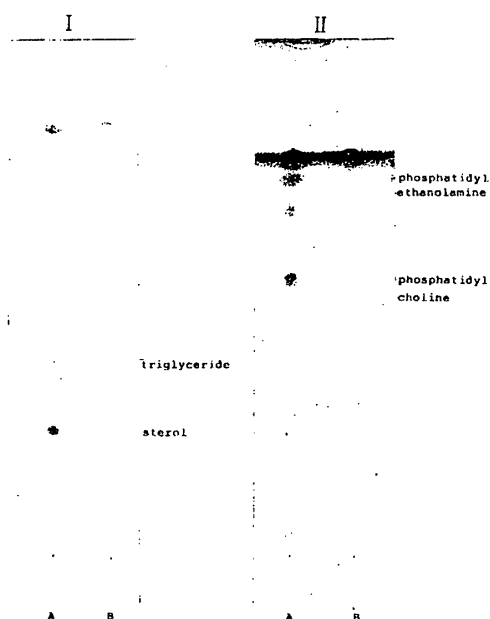


Fig. 2. Thin layer chromatogram of nonpolar and polar lipid of gluten

A : Gluten B : Buthanol treated gluten

Solvent system :

I, petroleum ether-ether-acetic acid (90 : 10 : 1)

II, chloroform-methanol-water (65 : 25 : 4)

Detection reagent :

I, 50% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

II, Dittmer Leser reagent

と、Fig. 2のような結果が得られた。この結果、グルテン（未処理物）の脂質には、非極性脂質成分として、トリグリセリド、ステロール、ステロールエステル等が、極性脂質成分として、ホスファチジルコリン、ホスファチジエタノールアミン等が含まれていた。そして生地 of 混捏の際に、これらの脂質成分がグルテンに結合してきたことがわかった。一方脱脂グルテンから抽出された脂質には、非極性脂質のスポットがほとんどみられず、極性脂質のホスファチジエタノールアミン等のスポットがわずかにみられた。この結果、

Table 2 Functional properties of gluten

	Fat-binding capacity	Emulsifying activity index (m <sup>2</sup> /g)	Emulsifying capacity (min)
Gluten	12.4	7.7	0.90
Buthanol-treated gluten	13.4	6.2	0.83

小麦粉の1-ブタノール処理で、遊離脂質の主成分である非極性脂質の各成分がほとんど抽出されていることがわかった。

### 3. グルテンの親油性と乳化特性

グルテン（未処理物）および脱脂グルテンの親油性および乳化特性は、Table. 2. のようになった。トリオレインの結合性では、脱脂グルテンの方が、グルテン（未処理物）より高い値を示した。これは、脱脂処理でグルテンの疎水性が増加したことを示していた。しかし、乳化活性や乳化容量では、グルテン（未処理物）の方が高い値を示し、グルテンに複合脂質等が結合していると、乳化特性が多少改善されることがわかった。

### 4. 多元配置による製パン性へ影響を与える因子の判定

各脱脂処理の製パン性への影響を検討するため、直交表 $L_{16}$ を用いてわりつけた16種の条件を、Table. 3. に示す。またこれらの各条件で焼成したパンの重量とローフボリュームをTable. 4. に、各パンの硬さをレオメーターで測定した結果をTable. 5. に示す。次にローフボリュームと硬さの各結果をそれぞれ分散

分析し、Table. 6、Table. 7のような結果を得た。この結果、パンのローフボリュームに対して、でんぷん、グルテン、油脂の各因子が、1%の危険率で有意であり、またでんぷんと

Table 4 Loaf volume of baked bread

No.	Weight of baked bread (g)	Loaf volume (ml)
1	290.6	1155
2	290.6	1143
3	289.2	865
4	293.3	869
5	293.2	930
6	287.9	920
7	279.9	830
8	281.3	831
9	280.9	1084
10	289.5	1120
11	284.9	868
12	291.4	868
13	286.2	800
14	281.7	802
15	279.9	808
16	281.7	807

Table 3 Factorial analysis of variance

Exp. No.	(A) Starch	(B) Gluten	(C) Lipid
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	2
4	1	1	2
5	1	2	1
6	1	2	1
7	1	2	2
8	1	2	2
9	2	1	1
10	2	1	1
11	2	1	2
12	2	1	2
13	2	2	1
14	2	2	1
15	2	2	2
16	2	2	2

Table 5 Hardness of baked bread

No.	Hardness (Mean value)	standard deviation
1	0.55	0.06
2	0.63	0.03
3	1.48	0.04
4	1.35	0.10
5	1.52	0.06
6	1.63	0.14
7	1.41	0.09
8	1.44	0.03
9	0.92	0.06
10	0.86	0.04
11	1.96	0.10
12	1.65	0.15
13	1.42	0.12
14	1.35	0.15
15	1.45	0.17
16	1.69	0.10

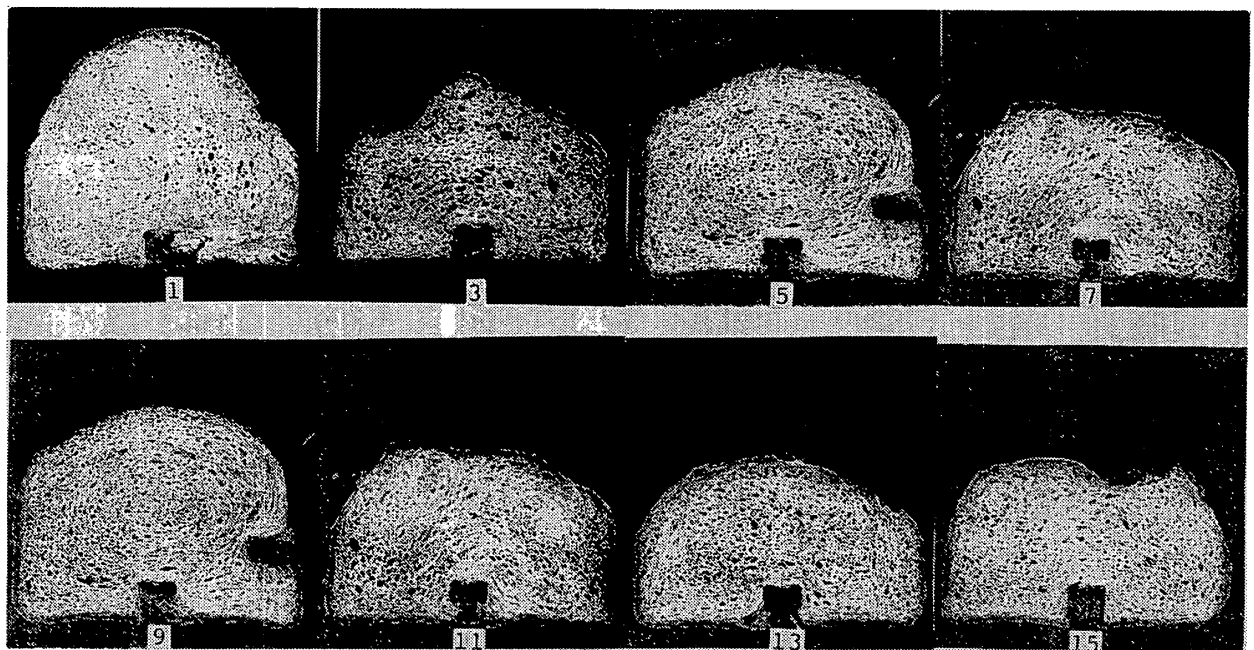
**Table 6 Analysis of variance (Loaf volume of bread)**

Factor	Degree of freedom (f)	S	V	F
A	1	9312.25		56.50**
B	1	96721.0		586.88**
C	1	91204.0		553.41**
A×B	1	2550.25		15.47**
A×C	1	5550.25		33.68**
B×C	1	45796		277.88**
Error	9	1483.25	Ve=164.81	
Total	15	252617.0		

**Table 7 Analysis of variance (Hardness of bread)**

Factor	Degree of freedom (f)	S	V	F
A	1	0.1040		8.19*
B	1	0.3937		31.00**
C	1	0.7877		62.02**
A×B	1	0.1351		10.64**
A×C	1	0.045		3.54
A×C	1	0.7268		57.23**
Error	9	0.1144	Ve=0.013	
Total	15	2.3067		

グルテンの相互作用、でんぷんと油脂の相互作用、グルテンと油脂の相互作用も、やはり1%の危険率で有意であった。一方パンの硬さに対しては、グルテン、油脂、でんぷんとグルテンの相互作用、グルテンと油脂の相互作用が1%の危険率で有意だった。この結果、グルテンの脱脂やでんぷんの脱脂、使用する油脂の差違が、パンの品質に影響を与えることがわかった。次に各パンの内層をFig. 3に、またパンの切片を電子顕微鏡で観察した結果を、Fig. 4、Fig. 5に示す。これらの結果からもわかるように、No1のでんぷん（未処理物）、グルテン（未処理物）、ナタネ硬化油を組み合わせたパンは、最もローフボリュームが大きく、またその内層も比較的きめがこまかく、電子顕微鏡的観察からも、起泡膜がうすくなめらかにのびているのが確認できた。しかし脱脂グルテンに、でんぷん（未処理物）、ナタネ硬化油を組み合わせたパンNo5の、ローフボリュームは、グルテン（未処理物）を用いたパンより多少小さく、きめがあらく、起泡膜も多少厚めで、ここからもグルテン結合脂質の重要性が確認できた。一方脱脂でんぷんを用いたパンのローフボリュームは、でんぷん（未処理物）を用いたパンのローフポリュー



**Fig. 3. Vertical cross-sections of bread**

ムに比べ、多少低下していた。またナタネ油を用いたパンのローフボリュームは、ナタネ硬化油を用いたパンのローフボリュームに比べ多少低下していて、この結果は、我々の先の報告<sup>6)</sup>と同様であった。この理由として、Bakerら<sup>1,2)</sup>は、パン生地中に添加された油脂が、成形発酵中も、固形であることが必要で、液状油をねりこんだ生地は、二酸化炭素や空気などを保持することができないとしている。以上の結果から、製パンの際に使用される油脂以外に、生地の混捏中に、グルテンと結合する脂質が、重要な役割をはたしていることがわかる。この働きの一つとして、遊離の複合脂質等が、小麦粉、水、油脂のミキシングの際に役立っていることが考えられる。またMacRitchie<sup>12)</sup>は、脂質が起泡性に影響を与え、それが製パン性に関連しているのではないかと考えている。脂質は、グルテンとでんぷんと一緒に、起泡膜の形成にも関与しているものと思われる。一方でんぷんも、内部に脂質を含んでいる状態で、すぐれた製パン性を示

しており、熱メタノール脱脂は、でんぷんの加工特性を低下させることがわかった。

## 要 約

1CW小麦粉から調製したグルテン、脱脂グルテン、でんぷん、脱脂でんぷんを用いて、その物理化学的特性を調べるとともに、これらを組み合わせて製パン試験を行ない以下のような結果を得た。

1. 85%メタノールで脱脂した小麦でんぷんは、小麦でんぷん（未処理物）にくらべ、ジメチルスルホキシド中の30分の攪拌では多少膨潤しにくかった。しかし2時間攪拌すると、脱脂でんぷんはより大きくふくらんだ。また脱脂でんぷん（30分攪拌時）の疎水性は、でんぷん（未処理物）より多少高かった。
2. ブタノール脱脂小麦粉より調製したグルテンは、グルテン（未処理物）より疎水性が高かった。しかし脱脂グルテンの乳化特性は、グルテン（未処理物）より低下していた。
3. 多元配置を用いた16種の条件下での製パ

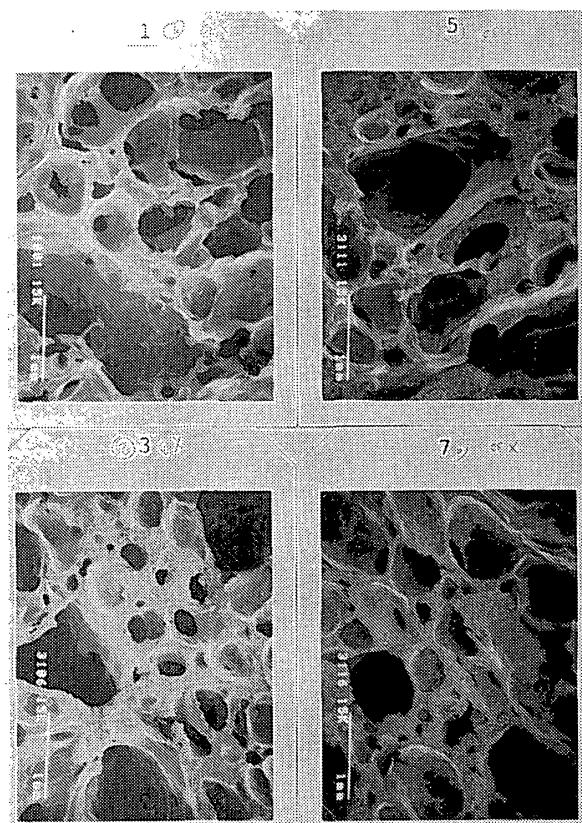


Fig. 4. Electron microscopic patterns of bread

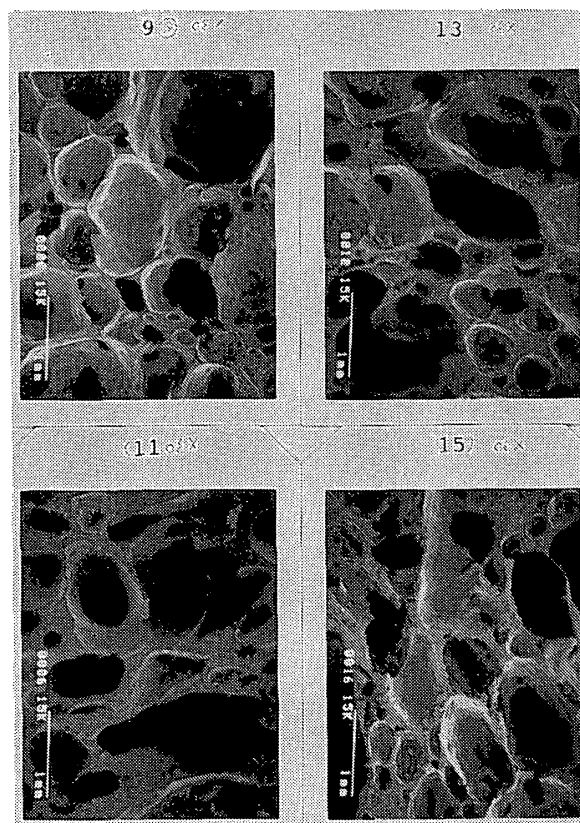


Fig. 5. Electron microscopic patterns of bread

ンテストの結果から、でんぷん、グルテン、  
油脂の各因子や、でんぷんとグルテンの相互  
作用、でんぷんと油脂の相互作用、グルテン  
と油脂の相互作用のいずれも、パンのローフ  
ボリュームに影響を与える有意な因子である  
ことがわかった。

## 文 献

- 1) BAKER, J. C. and MIZE, M. D. :Cereal Chem.,  
**19**, 84 (1942).
- 2) BAKER, J. C. and MIZE, M. D. :Cereal Chem.,  
**16**, 682 (1939).
- 3) CARR, N. O. , DANIELS, N. W. R. and FRAZIER  
, P. J. , :Critical Reviews in Food Science  
and Nutrition **31**, 237 (1992).
- 4) CHUNG, O. K. , POMERANZ, Y. , FINNEY ,  
K. F. , SHOGREN, M. D. and CARVILLE, D. ,  
:Cereal Chem. , **57**, 106 (1980).
- 5) CHUNG, O. K. POMERANZ, Y. , :Bakers  
Digest **55**, 38 (1981).
- 6) CHUNG, O. K. POMERANZ, Y. , FINNEY, K .  
F. , and SHOGREN, M . D. , :J. of the  
American Oil Chemist's Society **55**, 635  
(1978).
- 7) DAFTARY, R. D. , POMERANZ, Y. , SHOGREN  
, M. and FINNEY, K. F. , :Food Technol. ,  
**22**, 327 (1968).
- 8) DESTEFANIS, J. T. and RIDEAL, E. K. , :  
"Interfacial Phenomena". Academic Press,  
New York. p9, (1961).
- 9) KILLMAN, P. J. and FOSTER, J. F. , :J. POLYMER  
Sci. , **46**, 65 (1960).
- 10) MACRITCHIE, F. , :J. Food Technol, **13**,  
187 (1978).
- 11) MACRITCHIE, F. , :Cereal Chem. , **58**, 156  
(1981).
- 12) MACRITCHIE, F. , : "Role of Lipids in  
baking, in Lipids in Cereal Technology"  
Barnes, P. J. ed. , Academic Press, London.  
p165 (1983).
- 13) PEARCE, K. N. and KINSELLA, J. F. , :J.  
Food Sci. , **26**, 716 (1978).
- 14) SEGUCHI, M. , :Cereal Chem. , **61**, 527 (1984).
- 15) 田口 玄一 :新版実験計画法 (上)丸善  
東京 p293 (1962).
- 16) 筒井 知己 :日食工誌, 33, 349 (1986).
- 17) TSUTSUI, T. , LI-CHAN, E. and NAKAI,  
S. , :J. Food Sci. , **51**, 1268 (1986).