

製パンに関する研究 (第三報)

— 混入粉の影響について —

大金裕子・高橋久美子・奥村美代子

I 緒言

昨今、自然食品の再認識から玄米の潜在的需要が高まって来ている。しかし玄米飯のまずさ、および非消化性から炊飯して利用することがむずかしいのが現状である。合わせて過剰米問題、日本人の米離れなどから、米の新しい消費形態試行の研究が行われている中で、1976年玄米をおいしく、かつ消化性を高める食べ方として、玄米をパフ処理し、粉末にして調理に利用する方法が開発された。⁽¹⁾ 玄米には、ビタミン、ミネラル、繊維などが多く含まれ、たんぱく質も小麦たんぱく質よりすぐれている。⁽²⁾ こういった意味において玄米粉を製パンに添加することは意義のあることである。ライスブレッドの研究は、すでにいくつかなされているが、^{(3)~(7)} いずれも生米粉が使用されており、パフ処理された米粉を使ったライスブレッドは使用例が紹介されている⁽¹⁾だけでその結果などの報告例はない。

本実験では、パフ処理された玄米粉を用いて、小麦粉に、ドウ形成能をもたない粉を混入することにより製パン性にどのような影響をおよぼすかを調べるとともに、同じくドウ形成能をもたない大豆たんぱく粉をも使用して両者の比較を試みた。

大豆たんぱく粉の添加についても、リジンその他栄養的要素を加味する目的ですでに製パンに使用されており、それについての研究もなされている。⁽⁸⁻¹³⁾ しかし米粉および大豆たんぱく粉の添加については、添加目的や成分的異質により個々の報告はあっても両者を比較検討したものはない。

なお、米粉および大豆たんぱく粉を製パンに添加する場合は、製パン補助として活性グルテン、SSL、GMS、SMGなどを組合わせて焼成されている場合

が多いが、本実験では、家庭での調理を前提として、これらの補助剤を使わずに実験を行った。

II 実験方法

1. 実験材料および配合割合

本実験において、製パン添加剤として使用した材料は玄米粉と大豆たんぱく粉の2種であり、前者はキッコーマンK.Kのパフ玄を、後者はフジピュリナ・プロテインK.Kのフジプロを使用した。

なお製パン素材の材料および配合割合は表1のとおりである。

表1. 配合割合

	材 料 名	使用量	小麦粉に対する百分比
製 パ ン 素 材	小麦粉	300 g	100
	イースト	4.5 g	1.5
	砂糖	15 g	5
	油脂	9 g	3
	食塩	6 g	2
	水	165 ml	55

また本実験に使用した主な器具のうち、メンパン機は松下電器産業K.Kの回転羽根式のものであり、オーブンは大阪ガスK.Kのガス超高速レンジ、レオロメーターは飯尾電機K.K(RMT 1300)のもの、色差計は日本電色工業K.K(CP 6-303D)の製品である。

2. 実験方法

1) 供試材料

小麦粉に対する玄米粉(粒度60 mesh以下72%, 60~42 mesh 15.5%, 42 mesh以上12.5%)および大豆たんぱく粉(粒度100 mesh以下83.6%, 100~80 mesh 9.7%, 80 mesh以上6.7%)の添加率は、それぞれ0

％・5％・10％・15％・20％の5区とした。生地は1項に示す水分量の配合でメンパン機により10分混捏したもの（以下A生地と称する）と、玄米粉および大豆たんぱく粉の吸水量を測定し水分量を換算付加（小麦粉1，玄米粉2.1，大豆たんぱく粉2.9）後，同じくメンパン機で10分混捏したもの（以下B生地と称する）と2種の混捏法により作成した。ついで，32℃・60分の1次発酵とガス抜き後，ベンチタイムを15分とり，35℃・50分の2次発酵を経て170℃・40分で培焼した。

なお，以下玄米粉（Rice flour）添加区をR区，大豆たんぱく粉（Soyprotein flour）添加区をS区と称する。

2) 測定方法

i 膨化率

50mlメスシリンダーに生地5gを入れ，一定時間経過後，生地の膨化状態を測定し，発酵前の容積に対する増加率を算出した。

ii 比容積

製品を菜種置換法により測定し，容積を重量で除して算出した。

iii テクスチャー特性値

レオロメーター（感度電圧2V，運動速度12サイクル/分）を用いて，硬さ・凝集性を測定した。供試材料片は40mm×40mm×13mmとし，プランジャー18mmに対して，クリアランス2mmの水準で測定した。

iv 焼き色

焼成した製品を室温で24時間放置後，表皮のみ細かくすりつぶし，標準ふるい32meshを通してセルにつめ，測色色差計で測定した。

v 官能検査

本学家政科学生27名のパネルにより，パン採点基準にしたがって評価した。

vi 検鏡

組織の検鏡については，常法⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾にしたがい，ホルマリン緩衝液で固定してパラフィン切片を得たのち，たんぱく質検出のためにアクロレイン-シフ液，多糖類検出にはPAS液で染色し，光学顕微鏡で観察した。

III 実験結果および考察

1. 膨化

図1に示すとおり，製パンに玄米粉および大豆たんぱく粉を添加したA生地およびB生地における膨化は，いずれにおいても5%区で最大値を示している。それ以後添加率の増加に伴いS区のA生地を除く他はゆる

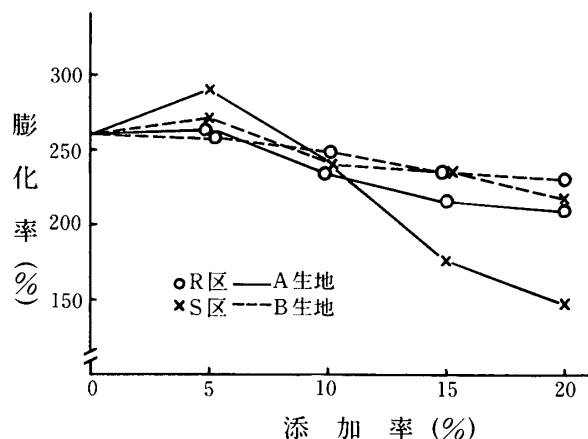


図1 混入粉と膨化状況

やかではあるが降下してゆく傾向にある。大豆たんぱく粉は，生地への吸水を促進させ，伸展性の大きいグルテンの薄膜を強化する作用⁽¹⁶⁾があるところから，添加量と水分量の割合が適当である場合は5%区のA生地にみられるように非常によい結果を得ることができるが，反面そのバランスがくずれたときは，A生地の10%以上の添加にみられるように急激な降下を示す結果となる。

膨化におけるA生地・B生地間の差は，5%区においてはA生地の方がB生地よりよい結果を得ているが，10%以後はB生地の方が上回っている。R区においてはA・B間の差はごくわずかであるが，S区においては両者の差がはなはだしく，10%以後のA生地においては全くよい製品は得られていない。

2. 比容

発酵が焼き上がり製品にどのような影響をおよぼすかを知るためにその容積と重量を測定した結果は図2

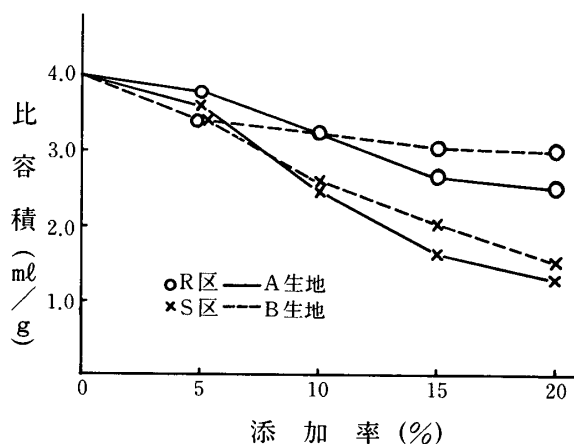


図2 混入粉と製品の容積

のとおりで、膨化と同じくR区・S区いずれにおいても5%区において最大値を得ることができた。それ以後S区においては添加の割合が高くなるにしたがい製品として好ましくない傾向にあるが、R区においてはS区ほどの傾斜はなく降下はゆるやかである。

出来上がりのパンの品質を大きく左右するものとして、焼成パンに至る過程で発酵ドウのグルテン部分に保有されていた水分が温度上昇に伴ってでんぷん区分に移動し、グルテンネットの固定化と構成でんぷんの糊化が同時に平行に進行するという同調反応の進行があげられている。⁽⁶⁾ すなわち、S区においては、1項の膨化でみられたB生地におけるゆるやかな傾斜が焼成過程中にほとんどA生地と変らぬ形態に変化してしまっていること、また同じく1項の膨化における5%区では、R区の5%区より高い値を示していたにもかかわらず焼成後はR区よりやや下回る結果になっていることは、グルテンの離水変性と小麦でんぷんの糊化および大豆たんぱくの加熱変性がうまく同調できなかったためと思われる。また、庄司⁽³⁾らの生米粉使用の実験においても、本実験の大豆たんぱく粉と同じ傾向を示しており、パフ化された米粉を使用する方が生米粉を使用するよりもよい製品を得ることができるとと思われる。

3. テクチャー特性

1) 硬さ

図3に示すとおり、焼き上がり製品を室温で24時間放置した後、機器により硬さを測定した結果はR・S両区とも5%区で最もやわらかいパンを得ている。R区B生地では添加率が高くなって硬くなる過程はゆるやかであるが、R区A生地、S区A・B両生地においては、5%から10%間で急上昇し、以後横這い状況

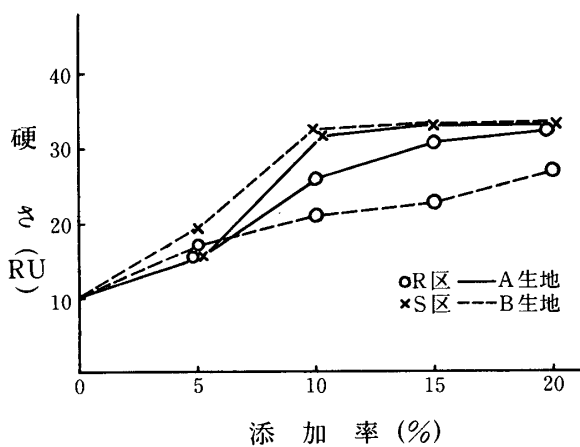


図3 混入粉と硬さ

が続きよい製品は得られていない。R区においてはA・B間の生地の差が顕著にみられ水分付加の有意性が出ているが、S区では5%区においてA生地の方が明らかに水分付加の有意性は出していない。

2) 凝集性

前報⁽¹⁷⁾において、製パンにおける好ましい標準的凝集性測定値として、市販のパンおよび常温発酵パンより、0.73RU～0.74RUを得たが、図4においてR・S

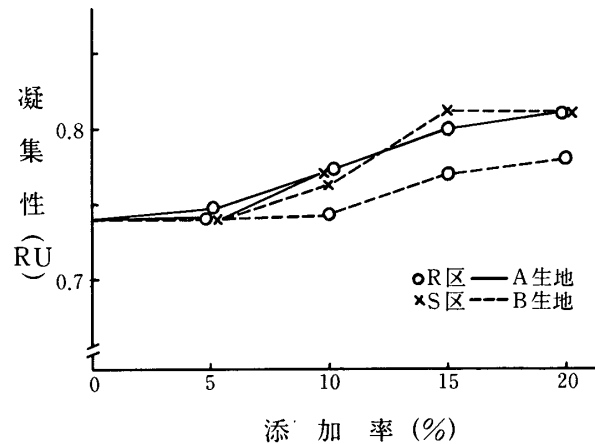


図4 混入粉と変形比

両区とも5%区においてはほぼそれに近似した値を得ることができた。R区A生地の5%区以後は漸次高くなってゆく傾向に対して、B生地においては10%区までは横這いを示し、以後漸次高くなる傾向にあり水分付加の有意性をみることができる。一方S区においては、A・B両生地間の差は僅少であり水分付加の有意性はみられず、5%区以後測定値は高くなり製品として好ましくない結果になっている。

4. 焼き色

製パン表面の焼き色は糖質が焦げてカラメル化したものであり、全体の色は糖やアルデヒド類とアミノ化合物が反応したメラノイジンによるものである。⁽¹⁸⁾ 表2に示すとおり、R区においてa値(赤色)および

表2. 色に関する測定値

測定項目		無添加	玄米粉 (R区)	大豆たんぱく粉 (S区)
測色	L	54.63	53.25	58.05
	a	9.13	11.55	10.56
	b	23.22	22.55	22.21
	$\sqrt{a^2+b^2}$	24.95	25.34	24.59
	b/a	2.54	1.95	2.10

$\sqrt{a^2 + b^2}$ 値 (彩度) が高い値を示しているが、これはメイラード反応に加えて、カラメル反応が他の2区よりやや高いのではないかと推測される。官能検査の結果においても、最も好ましい表皮の色としてR区が高い値を示しており、a 値および $\sqrt{a^2 + b^2}$ 値の高さが肉眼的にもより好ましい焼き色として現われているようである。そしてこれは色相・明度・彩度の三属性における総合された試料間の色差を Lab 系による色差式により求めた表3の結果においてもみることができ、R区・S区間の色差が大きく、これは両者の成分含有量の相違から来ているものと考えられる。

表3. 試料間の色差

試料	色差
無添加・玄米粉(R区)	2.87
無添加・大豆たんぱく粉(S区)	3.84
玄米粉(R区)・大豆たんぱく粉(S区)	4.91

5. 官能検査

膨化・比容・テクスチャー特性など製品テストでよい結果を示したR・S両区の5%区および0%区について官能検査を行った結果は表4のとおりで、項目別

表4-1 官能検査結果

調査項目	評点	試料			
		無添加	玄米粉(R区)	大豆たんぱく粉(S区)	
外観	体積	10	8.8	8.9	5.3
	表皮の色	8	6.6	7.4	5.1
	形の均等	3	2.0	2.7	1.9
	焼上げ均等	3	2.2	2.7	1.7
	表皮の質	3	2.3	2.4	1.3
	割れ方	3	2.2	2.6	1.5
	小計	30	24.1	26.7	16.8
内相	す立ち	10	8.6	8.7	6.2
	内部の色	10	8.9	8.4	6.9
	触感	15	13.4	12.1	8.9
	香り	15	11.8	11.9	10.3
	味	20	18.2	15.6	13.1
小計	70	60.9	56.7	45.4	
総計	100	85.0	83.4	62.2	
百分比(無添加=100)		100	98.1	73.2	

表4-2 官能検査の分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比	
外観	調査項目間	9833.11	5	1966.62	42.83**
	条件間	878.11	2	439.06	9.56**
	誤差	459.22	10	45.92	
	計	11170.44	17		
内相	調査項目間	12101.99	4	3025.50	41.67**
	条件間	2570.53	2	1285.27	17.70**
	誤差	580.80	8	72.60	
	計	15253.32	14		

$$F_{10}^5(0.01) = 5.64$$

$$F_{10}^2(0.01) = 7.56$$

$$F_8^4(0.01) = 7.01$$

$$F_8^2(0.01) = 8.65$$

にみると、外観においてはR区が0%区より1%の危険率で有意に好まれ、特に表皮の色では色差計による機器測定値と同じ結果を得ている。また内相においては触感が0%区において最も好まれてよい結果を示し、R区も0%区に近い値を得ておりその差はわずかである。S区は両2区よりずっと低い値を示し嗜好上好ましくない結果となっている。Matzによれば、テクスチャーとは、温度と味を除いた食品の物理的品質で、主に口の中での感触によって決定されるとし、特に製パンでは触覚法が含まれる⁽¹⁹⁾と述べているように、製パンにおける触感はその製品を大きく左右するものでありS区については今後の研究が必要である。香りについてはR区がよい結果を示しているが、これはパフ化される過程で生じる香ばしさ⁽¹⁾に起因しているものと思われ、生米粉よりパフ化された米粉を使用する方がよい製品を得ることができる。総合においては、0%区が最もよい結果を示したがR区との差は少なく、S区と大きく差をつけている。製品テストでは、R・S両区とも5%区においてほぼ同じ値が得られ、両区間にあまり差がみられなかったにもかかわらず官能検査においてこのような結果が出たことは、食物のおいしさを評価する場合、官能的な食味の評価が一番直接的なものと考えられ、発酵、焼成に伴う種々複雑な要因が物理的測定値を上回ったとみるべきであろう。

6. 対0%区との特性比較

機器による物理的性質の結果をそれぞれ添加0%区と比較した結果は図5のとおりで、S区・5%区においては膨化が0%区を上回るよい結果を示しながら、それを培焼し、製パンになったとき、0%区より劣る結果になっている。生地を培焼する過程においては、

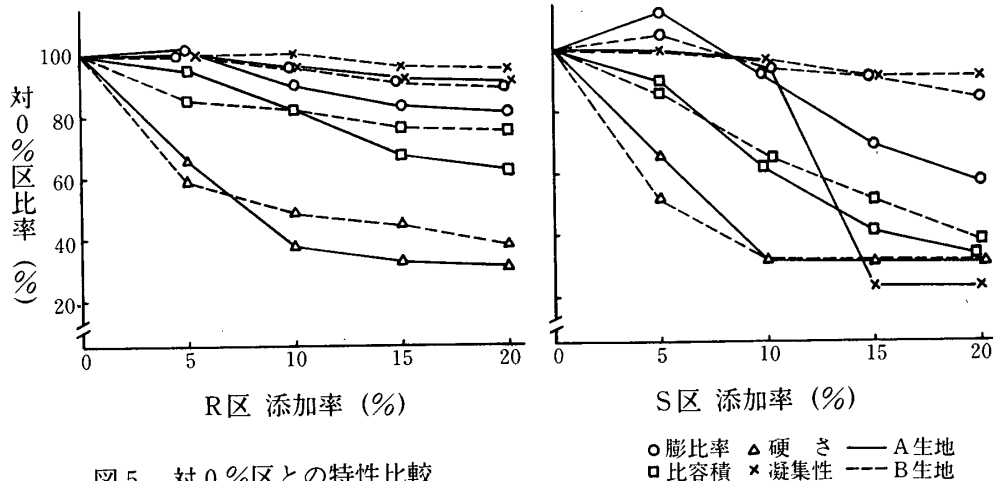


図5 対0%区との特性比較

オープン内における生地温度上昇とともに種々の変化がおこり、生地内のガスの膨張、生地中の炭酸ガスの溶解度減少による気化、イーストの急激な発酵によるガス発生などにより生地が急速に膨化し、焼成されたときポーラス状に膨らむ現象がおこるのであるが、これらは小麦でんぷんと、小麦グルテンおよびイーストの優れた組合わせに起因するもので、やはりそれ以外の粉が混入された場合は焼成能が劣ってくることが確認できる。この現象は特にR・S両区の製パンのやわらかさにおいて顕著に現われており、S. K. Sahniらが大豆粉添加の場合10%になるとSSL添加を述べているように、混入粉が多くなると製パン補助剤を組合せないと0%区に近い製品を得ることはできない。

R区においてもやはり培焼による劣化現象がみられるが、0%区よりやや下回る程度で、S区ほどの差はみられず、やはりパフ化してあるため小麦粉とよくなじむものと思われる。

7. 検鏡

図6に示すとおり、0%区およびR・S区各5%区の製パン組織を観察した結果は、アクロレインシフ液により染色された0%区のグルテンネットは非常に強靱であり、でんぷん粒子をすっかり包含している。これをパス染色することにより、なおそれを確認することができる。すなわちパス染色によりでんぷん粒子がグルテン層内に不定形化して密集している。

S区においては、グルテンネットが0%区より細かく不均等で伸展性が悪く周囲にたんぱく粒子が散在し、グルテンネット内にすべてが包含されていない。しかしでんぷん粒子は0%区と同じく不定形化してグルテン内に包含されている。

R区においては、グルテンネットは0%区とほぼ近

い形状にありでんぷん粒子はグルテンネット内に包含されているが、0%区、S区よりでんぷん粒子が多いため濃染されて個々の粒子を確認することができない。

以上の結果よりグルテンネット内に混入粉がうまく包含された場合は製品としてよいものを得ることができるが、包含されない場合はよい製品を得ることができない。したがって添加率が高くなればグルテンネットの混入粉許容の限界をオーバーすることになり、組織的にみると、混入粉によりグルテンネットの形成がかえって阻害されているのがみられた。

IV 要約

パフ処理された玄米粉および大豆たんぱく粉を小麦粉に混入することにより製パン性にどのような影響をおよぼすかを検討した結果は次のように要約される。

1) 製品テストにおける物理的測定値については、玄米粉および大豆たんぱく粉の添加5%区において最もよい結果を得ることができた。

2) 製品テストにおける水分付加の有意性については、玄米粉添加区がすべての測定項目でよい結果を示したが、大豆たんぱく粉添加区においては、膨化以外の他の測定項目について有意性をみることはできなかった。

3) 大豆たんぱく粉添加の場合、焼成能が劣ることが認められた。

4) 焼き色については、玄米粉添加区がよい結果を示した。

5) 官能検査においては、総合で無添加区が最も優れた結果を示したが、項目別にみると、玄米粉添加区が表皮の色、香りでは有意に好まれ、総合において無添

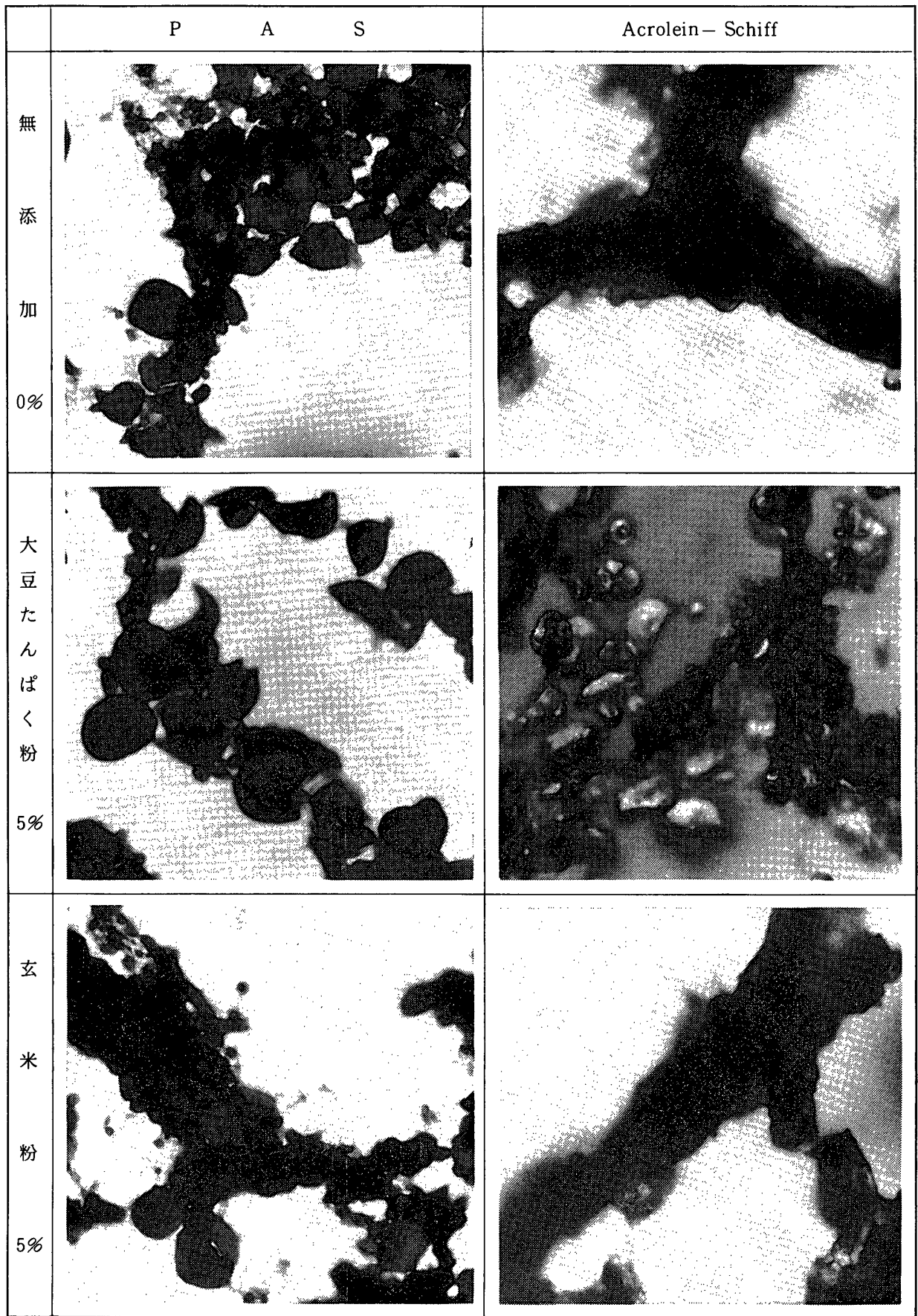


図6. 製パン内部組織の状況 (× 400)

加区との差はわずかであり、玄米粉添加5%区は無添加区には近い製品を得ることができた。

6) 組織的にはグルテンネット内に混入粉がよく包含された場合は製品としてよいものを得ることができ、包含されない場合はよい製品を得ることができない。

最後に、色差計の使用につき御理解を頂いた本学吉井和夫教授、ならびにパネラーとして御協力頂いた学生諸姉に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 神保慎一：調理学, **12**, 235~238 (1979)
- 2) 村田希久他：栄養と食糧, **24**, No. 6, 355~360 (1971)
- 3) 庄司一郎・柴田昌英：調理科学, **5**, 163~168 (1972)
- 4) K. D. Niskita et al: *Cereal Chem.* **53**, 626~635 (1976)
- 5) 辻昭二郎：調理科学, **13**, 152~155 (1980)
- 6) 山本淳：調理科学, **13**, 280~283 (1980)
- 7) 山本淳・長尾和美：帝国女子学園紀要 **6**, 7~19 (1980)
- 8) 米沢幸子：香川大学研究報告, 182~184 (1969)
- 9) 米沢幸子：香川大学研究報告, 196~200 (1970)
- 10) S. K. Sahni et al: *J. Food Sci. and Technol.* **13**, 27~29 (1976)
- 11) P. J. Frazier et al: *Congress Food Sci. and Technol.* **1**, 127~129 (1974)
- 12) S. K. Kim et al: *Cereal Chem.* **54**, 207~215 (1977)
- 13) S. K. Kim et al: *Cereal Chem.* **54**, 216~224 (1977)
- 14) 田中克己・浜清：顕微鏡標本の作り方, 裳華房, P. 47~91 (1977)
- 15) 佐野豊：組織学研究法, 南山堂, (1979)
- 16) 太田静行・青木宏：調理科学, **1**, 34~39 (1968)
- 17) 大金・奥村・高橋：平安女学院短大紀要, **10**, 72~78 (1979)
- 18) 井上吉之：日本食品事典, 医歯薬出版, P. 11 (1972)
- 19) S. A. Matz: *Food Texture* 桜井訳：栄養・食品事典, 光琳書院, P. 264 (1974)