

米粉の配合がパンの外観及びレオロジー的性質に及ぼす影響

小河拓也*, 田畑広之進*, 井上喜正*

要 約

米粉の配合がパンの外観及びレオロジー的性質に及ぼす影響を調査した。

1. 通常のパン生地との配合で調製したパンと生地に10%米粉を配合して調製したパンの比容積に差はみられなかった。生地に米粉を20%以上を配合すると比容積が減少した。グルテンを配合することで比容積の減少を抑えることができた。
2. 20%以上米粉を配合したパンは、明度が低下する傾向があった。また、グルテンを配合したパンは全体的に明度が低下する傾向にあった。
3. 米粉を配合したパンのレオロジー的性質を調査したところ、米粉の配合割合の増加に伴い、初期弾性率、遅延弾性率、遅延粘性率及びニュートン体の粘性は増加し、パンが堅くなる傾向にあった。
4. パンにグルテンを10%配合することで比容積の減少、レオロジー的性質が改善され、30%米粉を配合することが可能となった。

The Effect of the Addition of Rice-powder to Dough on the Aspect and Rheological Properties of the Bread

Takuya OGAWA, Konoshin TAHATA and Yoshinobu INOUE

Summary

The effect of addition of rice-powder to dough on the aspect and rheological properties of bread prepared was investigated

1. There is no difference between 10% rice-powder added to dough and general bread in specific volume. Specific volume of bread was decreased by adding more than 20% rice-powder to dough.
Decrease of specific volume of bread added rice-powder to dough was restrained by adding gluten to dough.
2. The color tone of bread with more than 20% rice-powder added to dough decreased. The Values of bread added with gultain and rice-powder to dough were decreased.
3. The rheological properties of bread with rice-powder added to dough were investigated. As the compound ratio of rice-powder added to dough was increased, The beginning modulus of elasticity, modulus of retarded elasticity and viscosity and Newton viscosity were increased.
4. The specific volume and rheological properties of bread with rice powder added to dough were improved by adding 10% gluten to dough. The quality and rheological properties of bread with 30% rice-powder added to dough were not affected

キーワード：米粉，パン，レオロジー，グルテン

緒 言

近年、我が国では米の消費が低迷してきており、平成12年度の1人あたりの消費量は65kgまでとなっている。そのため、米あまりの現象が生じ、米の飯用以外への用

途を模索する動きが全国各地で盛んになっている。特に、最近では米粉をパンに活用する試み³⁾が盛んになされている。

また、近年、食品のもつ機能が注目されてきており、アントシアニン色素を有する紫黒米等の有色素米の栽培が盛んになってきている。これらの米は飯用や着色酒用だけでなく、他の加工食品への応用が検討されており、

2002年8月30日受理

* 農林水産技術総合センター部長 (食品加工流通担当)

機能性を有する米を利用してパンを製造する要望も高まる傾向にある。

米粉のみを利用してパンを製造する技術が開発されている²⁾が、いずれも特殊な処理が必要であり、小規模な加工所等では対応できない。そこで、通常に製粉した米粉をパンに利用して製造した場合に、米粉の配合がパンの諸特性に及ぼす影響を調査した。また、米粉をパンに配合する場合パン生地の膨張を補助するために、グルテンを添加することが多い。本実験においてもグルテンの添加を行い、その影響についての調査も併せて行った。

材料及び方法

表1に示したパンの基本配合を基に、強力粉の10～50%を米粉(直径0.5mm以下のコシヒカリ玄米粉)に置き換え、家庭用自動製パン機(HB9616, エムケー精工)を用いて、パンを製造した。また、パン生地の膨張を補助するためのグルテン(プロスターHA, 但馬食品)を米粉を配合した生地10%もしくは20%添加したのも同様に製造した。パンは各配合5反復焼成し測定を行った。

1 米粉配合パンの外観品質

外観品質については、焼成したそれぞれのパンの重量、寸法(縦, 横, 高さ)及び比容積(体積/重量)を測定した。また、色調については分光色差計(SE2000, 日本電色)を用い、ハンター表色法のL, a, b値を測定した。測定は各部位(側面4カ所, 上面及び切断面)2カ所を2反復測定した。

2 米粉配合パンのレオロジー的性質

米粉を20,30及び40%配合したパン。また、それぞれグルテンを10%添加したパンのクリープ解析を行った。焼成したパンの中心部分を2cm×2cm×約1.6cmにカットし、クリープメータで粘弾性の測定を行った。測定条件は以下の通りである。

測定機器: クリープメータ (RE3305, 山電)

解析ソフト: クリープ測定解析 Ver 1.0

表1 パンの基本配合

品名	配合量(g)
強力粉(サンバード, 増田製粉)	280.0
水	190.0
砂糖	32.0
マーガリン	20.0
脱脂粉乳	6.5
食塩	4.0
ドライイースト(Saf-instant)	3.0

プランジャ: 円形プランジャNo2 (φ40mm)

開始速度: 5mm/s

加重: 0.4N

測定時間: 120s

加重保持時間: 60s

結果

1 米粉配合パンの外観品質

米粉及びグルテンを配合したパンの外観品質の結果を表2に示した。米粉を用いない基本配合によるパンと比較し、10%米粉に置換した場合では、高さ、比容積に変化はなかったが、20%以上置換した場合高さや比容積が減少し、50%置換では高さ、比容積とも50%程度に減少した。グルテンを10%添加した場合、米粉を20及び30%配合した場合でも高さ、比容積の変化はみられなかった。しかし、40%配合では高さ、比容積が約20%減少した。グルテンを20%添加した場合でも米粉を40%配合した場合、比容積は5ml/g以下になり、50%配合した場合は4ml/g程度となった。パンの重量では米粉及びグルテンを配合した影響はみられなかった。

米粉及びグルテンを配合したパンの色調の結果を表3に示した。米粉を用いない基本配合によるパンと比較し、10%米粉に置換した場合では、パンの側面、上面及び断面での色調に変化はみられなかったが、20%以上置換した場合、側面及び断面のL値(明度)は置換率が増加するに従って減少する傾向にあった。また、同様に20%以上配合した場合、側面のb値は置換率が増加するに従

表2 米粉およびグルテンを添加したパンの外観品質

配合割合(%)			高さ(最高) (cm)	重量 (g)	比容積 (ml/g)
強力粉	米粉	グルテン			
100	0	0	14.2	453.7	6.04
90	10	0	14.1	451.2	6.05
80	20	0	13.2	449.6	5.62
70	30	0	11.7	456.2	4.81
60	40	0	8.9	461.3	3.46
50	50	0	7.4	452.0	2.80
70	20	10	14.5	466.6	6.00
60	30	10	14.1	466.0	5.82
50	40	10	11.7	460.4	4.79
60	20	20	14.7	470.5	6.04
50	30	20	13.5	467.1	5.53
40	40	20	12.2	471.2	4.91
30	50	20	10.8	472.4	4.23

表3 米粉およびグルテンを添加したパンの色調

配合割合 (%)			側面			上面			断面		
強力粉	米粉	グルテン	L	a	b	L	a	b	L	a	b
100	0	0	52.6	11.02	22.2	59.5	9.57	24.2	73.7	-2.58	13.4
90	10	0	52.2	11.85	22.0	57.1	9.13	23.7	72.6	-2.30	13.6
80	20	0	47.0	11.30	20.6	57.8	8.99	24.2	73.4	-2.29	14.2
70	30	0	45.0	12.62	18.1	54.2	11.48	23.4	70.2	-1.86	16.2
60	40	0	38.6	11.33	15.6	58.8	8.72	22.0	67.5	-1.69	17.0
50	50	0	33.4	10.88	13.8	59.2	8.43	23.0	68.1	-1.70	17.8
70	20	10	49.1	12.51	18.8	56.0	10.09	21.7	67.3	-2.03	12.2
60	30	10	43.4	10.52	20.3	52.9	8.16	22.1	70.0	-1.89	15.6
50	40	10	35.0	10.97	13.9	50.6	9.62	21.3	69.9	-1.55	18.2
60	20	20	40.0	12.52	17.2	42.6	12.32	19.3	68.9	-1.81	17.8
50	30	20	36.9	13.41	15.3	41.7	14.04	18.2	68.0	-0.38	15.6
40	40	20	36.0	11.66	14.9	43.7	11.72	18.5	67.0	-1.50	16.3
30	50	20	32.5	10.86	13.1	54.0	8.04	23.3	71.2	-1.49	17.4

って減少する傾向にあった。グルテンを10%及び20%配合した場合でも同様の傾向がみられた。また、高さ、比容積に差がない場合、グルテンを添加したパンはL値が低い傾向にあった。上面に関しては米粉の配合割合による色調の変化は確認されなかったが、グルテンを添加した場合、全体的にL値が減少する傾向がみられた。

2 米粉配合パンのレオロジー的性質

米粉を配合したパンのクリープ解析をおこなったところ、通常及び米粉を配合したパンはいずれも図1のようなマックスウエル要素のスプリング模型とダッシュポット模型の間にフォークト要素が入った4要素モデルで表された。みかけの歪率及び粘弾性率を表4に示した。みかけの歪率は米粉の配合率が大きくなるほど小さくなり、米粉を40%配合した場合の歪率は10%以下であった。グルテン10%米粉20%配合した場合には歪率に変化はみられなかったが、グルテン10%米粉を40%配合した場合で

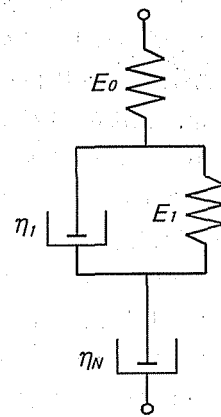


図1 粘弾性の4要素模型

E_0 : 初期弾性率 E_1 : 遅延弾性率
 η_N : ニュートン体の粘性率 η_1 : 遅延粘性率

はみかけの歪率が12%程度となった。

米粉の配合率の増加に伴い、フック体の弾性率 E_0 、

表4 パンの歪率・弾性率・粘性率・遅延時間に及ぼす米粉・グルテン添加の影響

配合割合 (%)			みかけの歪率	E_0	E_1	τ_1	η_1	η_N
強力粉	米粉	グルテン	(%)	(N/m ²)	(N/m ²)	(s)	(Pa·s)	(Pa·s)
100	0	0	54.4	2.34×10^3	6.98×10^3	7.02	4.88×10^4	2.06×10^6
90	10	0	52.6	2.46×10^3	7.14×10^3	7.09	5.16×10^4	2.18×10^6
80	20	0	47.1	2.89×10^3	8.75×10^3	7.10	6.21×10^4	2.50×10^6
70	30	0	11.4	8.91×10^3	1.62×10^4	7.01	2.09×10^5	3.69×10^6
60	40	0	8.6	1.64×10^4	9.21×10^4	6.71	4.68×10^5	7.23×10^6
70	20	10	57.8	2.29×10^3	7.16×10^3	7.06	4.45×10^4	2.74×10^6
60	30	10	37.7	4.67×10^3	8.67×10^3	7.11	6.60×10^4	2.79×10^6
50	40	10	12.1	7.56×10^3	1.12×10^4	6.96	1.45×10^5	3.17×10^6

E_0 : 初期弾性率 E_1 : 遅延弾性率 η_N : ニュートン体の粘性率 η_1 : 遅延粘性率
 τ_1 : 遅延時間

フォークト体の弾性率 E_1 、粘性率 η_1 及びニュートン体の粘性率 η_N はいずれも増加する傾向にあった。米粉20%グルテン10%配合した場合は米粉20%を配合した場合のパンと比較して E_0 、 E_1 及び η_1 は基本配合の数値に近い値になったが、 η_N は変化がみられなかった。米粉40%グルテン10%配合した場合は、米粉を40%配合した場合と比較し、 E_1 及び η_N の値は変化したが、 E_0 は変化がみられなかった。また、遅延時間 τ_1 についての相違はみられなかった。

考 察

米粉を配合してパンを製造する場合、生地膨張が問題となる。通常、小麦中に含まれるグルテンが米には存在しないため、グルテン・マトリクスを十分に形成することができず膨張の悪いパンになる。今回の試験では米粉を10%配合した場合は、影響はほとんどみられず、20%配合した場合、パンの高さに少し差がみられたが、比容積は 5 ml/g 以上あり、パンの膨張としては問題ないと考えられる。しかし、配合率が30%を超えるものについては、比容積がかなり小さくなり、グルテンの添加が必要である。グルテン中のグリアジンやグルテニンのガス保持性等の働きにより、比容積が高まることが知られている⁴⁾が、グルテンの添加により、米粉を30%以上添加しても十分に膨張した。しかし、配合割合が40%になるとグルテンを20%配合しても比容積は 5 ml/g 以下となり、生地膨張がやや不足した。なお、グルテンにおいては10%添加と20%添加では膨張に大きな差はみられなかった。グルテン中のグリアジンとグルテニンと比率も影響するとされる⁶⁾が、グルテンの添加は10%で十分であると考えられる。

パンの焼成による表面色は表面にある様々な糖質が加熱を受けることにより、いろいろな着色物質に変化するカラメル化反応によるものと、アミノ酸、ペプチド、あるいはタンパク質中の遊離アミノ基と還元糖との間で特異的に相互反応がすすみ、メラノイジン類が生じるアミノカルボニル反応によるものとされる⁵⁾。このため、単位面積あたりの糖類、アミノ酸類が多い方が着色が強く、焼き色が強くつき、明度 (L 値) が下がったり、黄色が弱くなったりする。したがって、パンの膨張の小さいものはこのような現象が起こりやすい。また、グルテンを添加したのも同様の現象が起こりやすいため、パンの焼成温度や時間に注意する必要がある。

パンのような多孔質食品のレオロジーは3要素粘弾性モデルによるものが報告¹⁾されているが、今回の場合は小麦のみで製造されたパン及び米粉を配合したパンの

双方ともマックスウェル要素のスプリング模型とダッシュポット模型の間にフォークト要素が入った4要素で表されるという同様のレオロジー的性質を示した。しかし、米粉の配合割合が増加するにつれ、瞬間的な弾性変形に対応するフォークト体の弾性率 E_0 は増加し次第に硬いパンとなっていると考えられた。さらに、遅延変形する部分に対応するフォークト体の弾性率 E_1 及び粘性率 η_1 も同様に増加し、一定速度で流動する変形部分に対応するニュートン体の粘性率 η_N も同様に増加している。すなわち、米粉の配合割合が多いパンは粘弾性定数がいずれも大きく、弾性変形と流動変形を起こしにくい。つまり、米粉を配合すると硬くて、変形を起こしにくいパンになる。20%米粉を配合するとこの現象がみられるようになり、30%以上配合するとパンの物性は急速に悪くなると考えられる。しかし、グルテンを添加することでこの状態を緩和することが可能であり、米粉を30%配合まではある程度押さえることができると考えられる。しかし、ニュートン体の粘性率 η_N については大きな改善効果はみられなかったため、米粉を配合した場合の特性である可能性がある。

以上の結果から、パンの製造において通常に製粉された米粉を配合すると生地膨張が妨げられ、比容積が小さく、硬く、変形を起こしにくいパンになる。しかし、グルテンを10%添加することにより、比容積、物理性が改善され、米粉を30%程度まで配合しても通常のパンと変わらないパンを製造することが可能となると考える。なお、米粉を40%以上配合するためにはグルテンの添加以外の処理を考慮する必要がある。

引用文献

- (1) 呉計春・森嶋博・瀬尾康久・相良泰行(1996): 応力緩和試験と3要素粘弾性モデルによる食パンのレオロジー的評価: 日食工誌 43, 1285-1292
- (2) 江川和徳(2002): 新潟県の米加工技術の取り組み経緯と今後の展開: 米麦改良 (7), 22-36
- (3) 高橋徹・篠田和雄・三浦靖・小林昭一(2001): 加熱処理米粉の添加が製パン製におよぼす影響日本食品科学工学会大会発表要旨 p67
- (4) 田中康夫・松本博(1991): 製パンプロセスの科学(光琳) 55-57
- (5) 田中康夫・松本博(1991): 製パンプロセスの科学(光琳) 207-211
- (6) 和田淑子(1999): 焼き菓子のテクスチャーと物性に関する研究: 家政誌 50, 903-914