Gluten 代替タン白質の検索に関する研究

(第5報) 大豆 11S グロブリンへの製パン性の付与

山 本 淳*・西岡 ゆかり*

Studies of a Searching Examination for Gluten Replace Protein

Part V Improvement of Bread Baking Properties in Soy 11S Globlin

Atsushi YAMAMOTO** and Yukari NISHIOKA**

Summary

In the searching examinations for gluten replace proteins through bread baking with non-glutinous rice flour and various proteinaceous substances, soy 11S globlin hindered remarkably the bread baking properties of wheat gluten. However, soy 11S globlin had changed drastically by adding of 4% egg yolk powder¹⁾. It is well known that lecithin is the main component of polarlipid in egg yolk and soy beans. Therefore, the changes of bread baking properties in soy 11S globlin by adding of lecithin produced from egg yolk or soy beans were examined.

In these experiments, added 0.05% egg lecithin converted remarkably the bread baking properties of soy 11S globlin, and soy lecithin gave the similar results. Moreover, it was elucidated that soy 11S globlin was altered to show the excellent bread baking properties by adding of 0.5% sodium dodecyl sulfate (S.D.S.) or glycerol monostearate (Monoglyceride). Consequently, it was presumed that the tight intramolecular hydrophobicity of soy 11S globlin was loosened by absorption of such surfactant substances, then, soy 11S globlin obtained the flexibility to response with the mixing stress during dough making processes.

緒 論

米粉を主体としたパンの焼成に際し、小麦グルテンと共存して顕著な製パン阻害を示す大豆 11S グロブリンが、混捏ドウの凍結保蔵によって明らかに製パン性の向上がみられ、さらに、少量の卵黄粉末の添加によって一転して優れた製パン性発現に転ずることを見出し、既に報告¹⁾した。

一方、大豆種子、卵黄中には共に磷脂質であるレシチ

ン (Phosphatidyl Cholin Glycerid) の存在が早くから知られており、大豆レシチン、卵黄レシチンのいずれも食品、医薬の分野で乳化剤として広く用いられている。Adler および Pomeranz²⁾ は小麦粉パンの焼成に際し大豆粉を添加して Loaf 容積に及ぼす影響を験した際、酸化剤と併せて大豆レシチンの添加が Loaf 容積の減少を防止するのに効果があることを見出し、また、Mizrahi 等³⁾ は分離大豆タン白質でも同様に小麦粉パンへの添加に際し、レシチンの併用が焼成容量の減少を防止できることを報告している。これらのことから、前の卵黄粉末の添加による 11S グロブリンの製パン性発現が、卵黄中に含まれるレシチンによる可能性が大きいものと考え、

*帝国女子大学家政学部 (〒570 大阪府守口市藤田町6-173)

**Teikoku Women's University, Department of Domestic Science (6-173, Tohdacho, Moriguchishi, Osaka 570, JAPAN)

これを確かめる目的で、大豆11S グロブリンの製パン挙動に対する卵黄ならびに大豆レシチンの添加効果を験した。これと共に、レシチンの作用機作を明らかにする目的で、球状タン白質の可溶性の機作が明らかにされている S. D. S. (Sodium Dodecyl Sulfate), 乳化剤として広く用いられるモノグリセリド (Glycerol Monostearate) の添加効果をも併せて験した。以下、これらの結果を報告する。

実験の部

1. 実験材料

(1) 大豆11Sグロブリン：前報¹⁾に記載した方法により調製した。すなわち、長谷川らの²⁾記述に従い、柴崎ら³⁾の方法によって、不二製油㈱より分与を受けた、実験用に調製された低温脱脂大豆を20倍量の0.03Mトリス緩衝液 (pH 8.0) で抽出し、可溶性区分から pH 6.2 で沈でんする画分を遠心捕集、透析後凍結乾燥して、以下の実験に供した。

(2) レシチン；S.D.S.；モノグリセリド：大豆レシチン、卵黄レシチン、モノグリセリドはいずれも和光純薬製の試薬を、また、S. D. S. は同社の電気泳動用試薬を購入、使用に供した。

(3) 製パン材料：米粉（日本製粉㈱：免月 A32）、粉末小麦グルテン（H. P. P. 社、オーストラリア）の主要原料ならびにその他の副資材は総て前報¹⁾に準じて実験に供した。

2. 実験方法

(1) 大豆11Sグロブリン添加パンの焼成：米粉80%、粉末小麦グルテン0～10%、大豆11Sグロブリン10～20%の組成について、11Sグロブリンの0.05～1.00%となるようにレシチン、S. D. S.、モノグリセリドのいずれかを添加し、広く行われている小麦粉食パンの焼成に準じてパンを焼成した。これらの手法は総て前法¹⁾と同様に行った。

なお、製パンに先立って、各種添加物の所定量を添加した11Sグロブリンを5倍量の3%食塩水と自動乳鉢中、室温で30分間搗潰、ゲル化してドウの調製に加えたもの、無搗潰でドウ調製を行ったもの、また、これらの混捏ドウを-5℃、14日間凍結保蔵した後、所定の発酵過程を経て焼成したもの、無凍結のまま焼成したものの比較は総て前報¹⁾と同様に行った。

焼成パンの評価に際し、今回の実験では主原料の組成

比、発酵、焼成の手順の総てが同一条件に従って行ったので、評価の基準に焼成容量を直接比較することに重点を置いた。スライス面のスポンジ形成の状態、また、焼成パンの比容積値 (S. V. 値) を評価することは従前通りである。

(2) 各種添加物による11Sグロブリンの変化の追跡：前報¹⁾と同様、調製ドウに20倍量の M/15⁻ 磷酸緩衝液 (pH 7.6) を加えて冷室中1夜振盪抽出して溶出するタン白質を S. D. S. -PAGE (Polyacrylamide Gel Electrophoresis) により変化の有無を験した。

結果ならびに考察

1. レシチンの添加による大豆11Sグロブリンの製パン性の変化

11Sグロブリンの0.05、0.10、0.50、1.00%の卵黄ま

Table 1 Changes of Bread Baking Properties in Soy 11S Globulin affected by Adding of Lecithin

Kind of Lecithin	Added ratio (%)	Conditioning		Baked		S. V. value
		grind (min)	freeze (°C, day)	volume (ml)	weight (g)	
Egg Lecithin	0.05	—	—	342	133.0	2.6
		30	—	392	137.6	2.8
		30	-5, 14	227	118.8	1.9
	0.10	—	—	260	111.0	2.3
		30	—	327	141.4	2.3
		30	-5, 14	367	123.4	3.0
	0.50	—	—	188	110.0	1.7
		30	—	300	145.4	2.1
		30	-5, 14	270	118.9	2.3
	1.00	—	—	210	107.8	1.9
		30	—	307	138.9	2.2
		30	-5, 14	290	121.2	2.4
Soy Lecithin	0.05	—	—	300	107.8	2.7
		30	—	300	118.0	2.5
		30	-5, 14	193	128.6	1.5
	0.10	—	—	260	130.0	2.0
		30	—	320	112.1	2.9
		30	-5, 14	173	120.5	1.4
	0.50	—	—	312	139.0	2.2
		30	—	309	140.4	2.2
		30	-5, 14	245	100.8	2.4
	1.00	—	—	281	138.0	2.0
		30	—	290	135.2	2.1
		30	-5, 14	260	120.2	2.2
No Ingredient		30	—	147	144.0	1.0
		30	-5, 14	216	142.2	1.5
Egg Yolk	4.0	30	—	385	149.6	2.6
		30	-5, 14	296	119.2	2.5

たは大豆レシチンの添加，ドウ形成に先立って行った加塩擂潰，混捏ドウの凍結保蔵の有無の夫々について得られた製パン試験の結果を取りまとめて Table 1 に示す。

なお，ここでは前報¹⁾に記載した 11S グロブリン単独，ならびに，卵黄粉末 4 % を添加した焼成パンの結果をも併せて記載した。これらの結果から，11S グロブリン単独添加を除いて，いずれも擂潰，無凍結で得た焼成パンのプロファイルを取りまとめて Fig. 1 に示した。

Fig. 1 Profiles of Baked Goods improved Baking Properties in Soy 11S Globlin by Various Conditionings

これらの結果，卵黄レシチン，大豆レシチン共に，加塩擂潰，無凍結区が共通して良い結果を示した。そして，前報¹⁾で得られた卵黄粉末 4 % 添加 11S グロブリンの擂潰，無凍結ドウの焼成容量が 385ml，比容積 2.6 であったのに対して，今回の卵黄レシチン 0.05 % 添加，擂潰，無凍結ドウの焼成容量は 392ml，比容積 2.8 を示した。このことは，そのままでは極めて顕著な製パン阻害を示す大豆 11S グロブリンが，僅か 0.05 % の卵黄レシチンの添加によって，一転して優れた製パン性発現に変わったことを示すもので，前の卵黄粉末添加による 11S グロ

ブリンの製パン性の変化が，卵黄中に 15 ~ 20 % 含有されるレシチンに起因したとして間違いあるまい。

実験に供した卵黄レシチンと大豆レシチンの間では，それぞれの最適添加量，製パン性改良の效果に多少の差が見られるが，両者共に 11S グロブリンに働いて，その製パン阻害を一転して優れた製パン性発現に転化させることが明らかとなった。Phosphatidyl Chrlin を親水性残基として，非極性長鎖脂肪酸鎖を構成要素とするレシチンの作用機作は，12個のサブユニットが相互に -S-S- 架橋で結ばれ，強固に結合した巨大球状タン白質である大豆 11S グロブリンの内部疎水結合域に配位する長鎖脂肪酸残基と，表面に露呈する親水性の Phosphatidyl Cholin 残基の配位結合によって 11S グロブリンの内部疎水結合を緩解し，11S グロブリンの強い球状保持性にゆるみを与えた結果として良いのではあるまいか。

すなわち，レシチンの配位によって，強固な 11S グロブリンの内部疎水結合にゆるみを生じ，柔軟性が付与された結果，混捏などの外力によって小麦グルテンと類似した構造変化を可能にし，これが 11S グロブリンの製パン性を大きく変化させた原因として良さそうである。

2. S. D. S., モノグリセリド添加による大豆 11S グロブリンの製パン性の変化

S. D. S. が球状タン白質内部の疎水性部分に非極性の炭化水素長鎖を配位し，表面に強い極性を示すスルホン酸ナトリウム残基を露呈して球状タン白質を広く水溶性にすると共に，アクリルアミドゲル中を陽極に向かってタン白質を泳動させる基本要素となっていることは良く知られた事実である。非極性残基をタン白質内部に，極性基を表面に配位する S. D. S. の作用機作は，前節で推定した 11S グロブリンに対するレシチンの作用機作と頗る類似するものである。

すなわち，レシチンの添加による 11S グロブリンの製パン性の変化がレシチンの配位による内部疎水結合の緩解によるものとすれば，同様の効果が S. D. S. 或はモノグリセリドなどの表面活性物質の添加によっても見られる筈である。これを確かめる目的で，S. D. S., モノグリセリドの 0.05 ~ 1.00 % を添加した時の 11S グロブリンの製パン性の変化を取りまとめて Table 2 に示す。

また，S. D. S. モノグリセリドの 0.50 % を添加，擂潰，無凍結ドウの焼成結果は前の Fig. 1 に併わせて示した。

これらの結果は予期した通り S. D. S., モノグリセラ

Table 2 Changes of Bread Baking Properties in Soy 11S Globulin affected by Adding of Surfactant

Kind of Surfactant	Added ratio (%)	Conditioning		Baked		S.V. value
		grind (min)	freeze (°C, day)	volum (mL)	weight (g)	
S.D.S.*	0.05	30	—	227	144.2	1.6
		30	-5, 14	241	114.5	2.1
	0.10	30	—	288	152.0	1.9
		30	-5, 14	233	108.9	2.1
	0.50	—	—	328	138.4	2.4
		30	—	350	138.2	2.5
	1.00	30	-5, 14	294	116.0	2.5
		30	—	305	151.4	2.0
Monoglyceride**	0.10	30	—	277	135.2	2.0
		30	-5, 14	220	134.3	1.6
	0.50	30	-5, 14	298	134.2	2.2
		—	—	347	132.5	2.6
	1.00	30	—	290	136.6	2.1
		30	-5, 14	247	82.5	3.0
	1.00	30	—	206	144.4	1.4
		30	-5, 14	321	125.3	2.7

*Sodium Dodecyl Sulfate

**Glycerol Monostearate

イド共に11S グロブリンの製パン性付与に大きく効果を示したことが明らかになった。そして、前節で推定した11S グロブリンの内部疎水結合の緩解が製パン性発現を起因するとした推定を強く裏付ける結果となった。

3. 各種添加物による大豆11S グロブリンの変化の追跡

レシチン, S.D.S. などのいずれもが大豆11S グロブリンの強固な球状構造に変化を与えるものとして、その製パン性の発現を捉えたが、これらの変化が単に球状構造の内部疎水結合の緩解にのみ関与したものか、或はこれらの添加物によって11S グロブリンに Aggregation, 反対に Degradation などの変化が起っていないかどうかを確かめる必要がある。このため、卵黄, 大豆レシチン, S.D.S., モノグリセライドの各0.5% 添加ドウから M/15- 磷酸緩衝液 (pH 7.6) で抽出した可溶性区分について、S.D.S. -PAGE (Polyacrylamide Gel Electrophoresis) によって、それぞれの泳動ゲルを無添加ドウから得たものと比較した。これらの結果を Fig. 2 に示す。

これらの結果、いずれの抽出区分についても11S グロブリン構成バンド以外の新しいバンドの出現は認められず、レシチン, S.D.S., モノグリセライドなどの表面活

Gel No. Kind of Dough*

1	Soy 11S Globulin+no-ingredient	
2	" + egg lecithin	0.50%
3	" + soy lecithin	0.50
4	" + S.D.S.	0.50
5	" + mono-glyceride	0.50

*Through-out the respective dough, soy 11S globulin was grinded with or without ingredient, then added for dough preparation

Fig. 2 Changes of S.D.S.-P.A.G.E. affected by Adding of Surfactant in Soy 11S Globulin

性物質の添加によって、11S グロブリン構成タン白質間で新たな会重合成は分解などが起っていないことは明らかである。このことから、表面活性物質の添加による大豆11S グロブリンの製パン性の変化は、それ自身の内部変化に基くものであることを強く示唆するものと申しで良いであろう。

4. 米粉, 大豆11S グロブリンパンの焼成

小麦グルテンと共存して、そのままでは顕著な製パン阻害しか示さない大豆11S グロブリンが、極く少量の卵黄或は大豆レシチンの添加によって、一転して優れた製パン性発現に転ずることを知ったが、これらの結果に基づいて、米パン焼成の基本組成で小麦グルテンを大豆11S グロブリンに置換してパンを焼成した。これらの結果を Table 3 および Fig. 3 に示す。

Table 3 Changes of Baking Properties in Rice Breads altered Constituting Ratio of Wheat Gluten and Soyills Globulin containing 0.10% Egg Lecithin

Soy 11S globulin (%)	Wheat gluten (%)	Conditioning		Baked*		S.V. value
		grind (min)	freeze (°C, day)	volum (mL)	weight (g)	
10	10	30	—	327	141.4	2.3
15	5	30	—	349	133.5	2.6
20	—	30	—	341	131.4	2.6

* Baked goods were composed commonly with non-glutinous rice flour 80%, proteinaceous substance 20%, added water 80% and egg lecithin 0.10%

Fig. 3 Profiles of Baked Goods decreased Wheat Gluten to replace with Soy 11S Globlin containing 0.1% Egg Lecithin

小麦グルテンを5%、無添加に減らし、その代りに大豆11Sグロブリンを15%、20%添加し、卵黄レシチンを0.1%加えて焼成したパンでは小麦グルテンの有無に拘らず、焼成容量、S.V. 値ともに却て優れた結果を示し、内部スポンジ形成も満足すべきものであった。米粉と大豆11Sグロブリンを主要構成要素として立派にパンが焼けたのである。知る限りにおいて、他に類例を見ない結果と申して差支えない。

総括ならびに要約

以上を総括して要約すると

(1)米粉を主体としたパンの焼成に際して、小麦グルテンと共存して顕著な製パン阻害を示す大豆11Sグロブリンが、少量の卵黄粉末の添加によって一挙に優れた製パン性の発現に転ずることから、卵黄中にあって、既に大豆粉あるいは大豆タン白質の製パン性の向上に効果が認められているレシチンについて、大豆11Sグロブリンの製パン性に及ぼす影響を験した。

(2)卵黄ならびに大豆レシチンの何れかを11Sグロブリンの0.05、0.10、0.50、1.00%になるように添加し、予め加塩擂潰した後ドウ形成、発酵の過程を経て焼成すると、レシチンの種類および添加量によって多少の変動は見られるが、いずれも優れた米パンが焼成できた。

(3)このような、レシチンの添加による大豆11Sグロブリンの製パン機能の発現は、レシチンの非極性脂肪酸側鎖を11Sグロブリンの内部疎水部分に、また、親水性のPhosphatidyl Cholin 残基をグロブリン表面に配位し、強固な内部疎水性を緩解することによって起るものと推定した。

(4)レシチンによる11Sグロブリンの製パン性発現が強固な内部疎水結合の緩解によるものであれば、当然、S.D.S. 或はモノグリセリドなどの表面活性物質によ

ても同様の効果が期待できるものとして、S.D.S.、モノグリセリドについても少量を11Sグロブリンに添加してパンを焼成した結果、添加量或は効果に多少の差はみられても、予期した如く11Sグロブリンに優れた製パン性を付与することができた。

(5)これらの添加物による11Sグロブリンの変化を検する目的で、混捏ドウを磷酸緩液(pH 7.6)と振盪し、抽出区分をS.D.S.-PAGEで検した結果、11Sグロブリンの構成タン白質以外のバンドの出現は認められず、これらの添加によって11Sグロブリンに会重合、解裂などが起っていないことが確かめられた。

(6)これらの結果に基き、米パン基本組成から小麦グルテン量を減らし、代りに大豆11Sグロブリンで置換してパンを焼成した結果、米粉と大豆11Sグロブリンのみを基本組成とするパンが焼成できた。

本研究の概要は昭和59年度日本農芸化学会大会において報告した。研究を行うに当って帝国学園研究奨励金の交付を受けた。物心両面にわたって援助を賜った協和醸酵工業(株)、快く実験試料を供与いただいた不二製油(株)、実験に協力頂いた越賀春名、白田洋子、高田千鶴子の皆さんに厚く謝意を表する。

引用文献

- 1) 山本 淳・西岡ゆかり：本誌，10，48 (1984)
- 2) L. ADLER and Y. POMERANZ：J. Sci. Food Agr., 10，449 (1959)
- 3) S. MIZRAHI et al.：CEREAL CHEM. 44，193 (1967)
- 4) 長谷川喜代三他：農化誌，53，375 (1979)
- 5) V. H. THANK and K. SHIBASAKI：J. AGR. FOOD CHEM., 26，692 (1978)
- 6) 山本 淳：本誌，8，76 (1982)