

大豆素材添加食パンの製パン性，物性および食味特性

大羽和子，中野淳子

(名古屋女子大学家政学部)

平成7年4月25日受理

Making Quality, Crumbing Properties and Sensory Attributes
of Bread Containing Soybean Flour

Kazuko ÔBA and Atsuko NAKANO

Faculty of Domestic Science, Nagoya Women's University, Mizuho-ku, Nagoya 467

Bread was made by a straight-dough baking process from wheat flour partially substituted with cooked soybean flour (AS-K). The addition of soybean flour for making white bread reduced the bread quality in such respects as loaf volume. The adverse effects were overcome by optimizing the water content of the dough and the length of the 2nd fermentation period. The crumbing properties such as the hardness and cohesiveness of bread containing 5% soybean flour were similar to those of white bread (control), although the hardness of bread crumbs containing 10% soybean flour was higher than that of the control bread.

The sensory evaluation resulted in the bread containing 5% soybean flour being more liked than the white bread. The development of staleness during storage in a refrigerator of bread containing 5 or 10% soybean flour was suppressed slightly in comparison with the white bread, when staleness was evaluated by the hardness, cohesiveness and rupture strength of the bread.

(Received April 25, 1995)

Keywords: wheat flour 小麦粉, soybean flour 大豆粉, bread 食パン, sensory attribute 食味特性, texture テクスチャー, bread making quality 製パン性.

1. 緒 言

人々の健康への関心が年々高まり、健康食品の消費が増大している昨今であるが、単身世帯の増加や主婦の就業率の増大に伴い、食の簡便化が求められている。成人病予防の観点から、緑黄食野菜や食物繊維の摂取が推奨され、手軽にこれらを摂取する方法として、ドリンク剤などが考案され、種々の新製品が店頭に並んでいる。われわれは、朝食の主食に注目し、食パンに緑黄色野菜粉末を添加し、これらを強化した食パンの物性および食味特性を明らかにした^{1)~4)}。本研究では、食パンのアミノ酸組成の改善と食物繊維含量を増大させることを目的として、大豆添加食パンを製造し、その製パン特性を明らかにした。また、小麦粉、澱粉や油脂の種類を変えた食パンの物性や食味特性に関する研究^{2)~4)}は多いが、大豆素材を添加した食パンの特性

に関する研究は見当たらない。そこで、大豆添加食パンのテクスチャー、破断強度、食味特性および食パンの老化に及ぼす大豆粉末添加の影響を解析した。その結果、食パンの機能性が向上される上に、大豆添加食パンが無添加食パンより好まれることや、食パンの貯蔵に伴うパンの老化が幾分抑制されるなどの利点が見いだされたので報告する。

2. 実験方法

(1) 試 料

小麦粉は日清製粉(株)製の強力粉(商品名:カメリヤ、水分13.9%・蛋白質11.8%・灰分0.37%)を冷蔵保存し製粉2カ月以内に、ドライイーストは日本製粉(株)製(商品名:ふっくらパンドライイースト、イースト98.5%・乳化剤1.5%以下・ビタミンC微量)

を、無塩マーガリンは雪印(株)製(商品名:手づくりケーキマーガリン、水分16%)を用いた。

大豆素材は、旭松食品(株)製造の新大豆素材〔商品名:大豆の華(AS-K)、丸大豆を蒸煮、成形して乾燥した製品の粉末(100メッシュ)と粒(SU-16、16メッシュ)〕を用いた。

(2) 食パンの製法^{1,2}

前報¹にしたがって、小麦粉300gに砂糖15g、食塩6g、マーガリン15g、ドライイースト4.5g、水195gを添加し、25℃の室内で直ごね法で生地を作った。すなわち、ミキサー(大正電気、レディースミキサー:手づくりのパン・ケーキ・餅・うどんこね機、フックの形:パン用羽根、回転数:450 rpm)に小麦粉、砂糖、食塩、マーガリンを一緒に入れ、ふたをして20分間混ねつした。粉の5%および10%大豆素材を添加する場合は、小麦粉285gおよび270g、水185mlおよび175mlと他の添加物を加えた(粉の65%の水分量)。容器ごと生地を冷蔵庫(4℃)に入れ、生地が20℃に下がるまで冷却した(約10分間)後、粉の5%および10%の大豆素材と同重量(15mlおよび30ml)の水(水分含量:66.6%および68.3%)およびドライイーストを混入し、さらに15分間混ねつした。無添加食パンの場合はドライイーストのみを混入し、同様に15分間混ねつした。混ねつ終了時点で大豆素材は生地の中に均一に分散して存在した。混ねつ後の生地の温度は30℃前後であった。この生地を密閉容器内で30℃の恒温器に30分間放置(一次発酵)し、生地を3等分して丸め、ぬれ布巾をかけて、25℃で20分間(ベンチタイム)放置した。成形後、ステンレスの型(18.5×8.5×9.5cm)に入れ、下に水をはった35℃の恒温器内で60分間(二次発酵)を行った。それを、オープン(東邦ガス社製、ガス高速レンジ、コンベックRCR-1B)で焙焼(180℃、20分間)した。焙焼する際、パンの乾燥を防止するため、プリン型に水を入れオープン中に置いた。焙焼終了時もこの水は残っていた。また、オープン内の温度を均一にするのは困難なため、10分後にパン容器の位置を左右、前後に移動させ、3個のパンが均等な大きさに焙焼できるよう配慮した。

(3) 食パンの物性測定

食パンの重量、体積、重量減少率を前報¹にしたがって求めた。

焙焼直後には、食パンが切りにくく、スポンジがつぶれてしまい正しい物性値が得られないので、食パン

の体積を測定後、直ちにポリエチレンフィルムで密閉し、さらにビニール袋に入れて封じ、冷凍(-40℃)し、一夜保存した。また、食パンの老化を測定する際には、二重に密閉した食パンを1日および4日間冷蔵(+4℃)した。超音波サンプルカッター(山電USC-3305型)を用い、半解凍の食パンの均一な内相部から20×20×20mmの試料片を8片とり、水でぬらした濾紙をしいたプラスチック製の密閉容器で十分(1時間以上)解凍後、クリープメーター(山電、RE-3305)でテクスチャ(硬さ・凝集性)測定を行った。測定条件は、プランジャー:30mmφ円筒型、圧縮率:60%、スピード:1mm/sとした³。破断応力を測定する場合は、半解凍した食パンの均一な内相から、たて・横・高さが20×40×19mmの切片を4片とり、密閉容器内で十分解凍後、クリープメーターで測定した。測定条件は、プランジャー:クサビ型、圧縮率:99%、スピード:1mm/s、みかけの接触面積:1×20mm²とした。8個の試料の測定値の平均値±標準偏差を求めた。

(4) 官能検査

一夜冷凍保存した食パンを半解凍時に20等分し、完全に解凍後室温にもどして試料とした。食パンの色、味、香り、硬さ、弾力、歯もろさ、総合評価について5段階評点法(嫌い(-2)、やや嫌い(-1)、普通(0)、やや好き(+1)、好き(+2))と順位法で嗜好評価を行った。官能検査の試料が多くなるとパネルの疲労が多くなり、信頼性の高い結果が得にくないので、1回に行う試料数は最大で4種類とした。すなわち、1回の官能検査に用いた試料は無添加食パン、AS-K(粉)5%、10%添加食パン、AS-K(粒)5%の4試料あるいは無添加食パン、AS-K(粉)5%、AS-K(粒)5%、10%の4試料とした。パネルは、食物学系の女子学生(19~22歳)14~16名とした。評点法で行った官能検査は二元配置分散分析で解析し、順位法の場合はクレーマー検定で解析した。

3. 結果および考察

(1) 大豆素材添加食パンの製造条件の設定

大豆粉末を小麦粉に混ぜ、その他の添加物とともに最初から混ねつ(20分間)し、生地冷却後、ドライイーストを加えてさらに15分間混ねつした場合(A)。食パンの体積は、添加する大豆粉末が0から10%と多くなるにつれて731mlから643mlまで減少した。しかし、小麦粉とその他の添加物と一緒に20分間混

大豆素材添加食パンの製パン性、物性および食味特性

ねつした生地に、大豆粉末と水（大豆粉末の65%）とドライイーストを添加しさらに15分間混ねつする（B）と、食パンの体積の減少を少なくすることができた（Table 1）。したがって、大豆粉末添加方法は後者（B）に設定した。A法では大豆粉末添加による小麦グルテンの形成の抑制が考えられるが、B法では最初の20分間の混ねつで無添加食パンと同様にグルテンが形成されるため、大豆粉末添加による食パンの体積の減少が抑制されたと考えられる。

混ねつ時の水分含量を無添加食パンの場合、通常用いられる小麦粉の65.0%と設定したが、Table 2に示すように、大豆粉末の添加量が増加するにつれて、この水分含量では食パンの体積が小さくなつた。そこで、添加する水分量を変えて、食パンの体積を測定した結果

、大豆粉末を5%添加する場合は添加する水分量を粉の66.6%に、10%添加する場合は68.3%に増加した時が食パンの体積が最も大きくなり、無添加食パンの体積とほぼ等しい体積となつた。添加する水分量をそれ以上増やしてもパンの体積は小さくなつた。したがつて、粉の5%、10%の大豆粉末を添加した食パンを作る際は、混ねつ20分後の大豆粉末添加時に方法の項で記述したように水分の補充を行つた。パンの体積に与える生地水分量の影響については、小麦全粒粉添加パンの場合にも同様な結果が報告されている¹¹。

無添加食パンを製造する場合は二次発酵を35℃で45分間行つと十分大きいパンができたが、大豆粉末添加食パンの場合、大豆粉末添加量が増すと、45分ではパンの体積が小さくなつた（Table 3）。特に粒状

Table 1. Effect of adding of soybean powder on the loaf volume and weightloss

Bread	Soybean powder (%)	Soybean addition time (min)	Loaf volume (ml)	Specific loaf volume	Weight loss (%)
Control	0	—	731±25	4.9±0.2	15.5
AS-K (powder)	5	0	665±9	4.5±0.4	15.0
		20	717±32	4.7±0.2	15.0
	10	0	643±14	4.2±0.1	15.0
		20	702±40	4.5±0.3	14.7

Each value represents the mean±S.D. of 3 samples. AS-K (powder) was a dried soybean product processed from steamed soybean by Asahimatsu Co. Ltd. The water content during dough-making was 65% of the flour content. A second fermentation was done for 45 min.

Table 2. Effect of water content during dough-making on the loaf volume

Bread	Soybean powder (%)	Water content	Loaf volume (ml)	Specific loaf volume
Control	0	65.0	731±25	4.9±0.2
AS-K (powder)	5	65.0	717±32	4.7±0.2
		66.6	729±41	4.8±0.3
		68.3	695±14	4.5±0.1
		72.0	655±45	3.8±0.1
	10	65.0	702±40	4.5±0.3
		68.3	724±17	4.7±0.1
		72.0	572±13	3.6±0.1

The soybean powder was added to dough that had been kneaded for 20 min, and the mixture was kneaded for another 15 min (method B, see text). A second fermentation was done for 45 min.

Table 3. Effect of second-fermentation period on the loaf volume

Bread	Soybean (%)	Second fermentation (min)	Loaf volume (ml)	Specific loaf volume
Control	0	45	740±30	4.9±0.2
AS-K (powder)	5	60	766±22	5.1±0.1
		45	721±33	4.7±0.2
	10	60	772±6	5.1±0.1
		45	709±35	4.5±0.3
AS-K (granules)	5	60	721±30	4.5±0.3
		45	690±21	4.5±0.1
	10	60	776±27	5.0±0.1
		45	643±28	4.1±0.3
		60	758±27	4.8±0.2

Dough was made with the water content adjusted by method B.

Table 4. Physical properties of bread containing soybean powder or granules

Bread	Soybean (%)	Texture*		
		Hardness ($\times 10^3$ Pa)	Cohesiveness	Rupture strength** ($\times 10^3$ Pa)
Control	0	2.74±0.65	0.74±0.32	7.96±1.38
AS-K (powder)	5	2.60±0.61	0.75±0.25	8.13±1.81
	10	3.62±2.03	0.71±0.12	7.64±1.72
AS-K (granules)	5	2.80±0.96	0.72±0.20	7.87±0.49
	10	3.18±0.69	0.71±0.22	7.14±1.50

Each value represents the mean±S.D. of 8 samples. * and ** Compressibilities are 60 % and 99 %, respectively.

で添加した場合に体積の減少が顕著であったので、二回発酵時間を60分に延長することによってパンの体積を増大させた。

前報¹で述べた方法をさらに改善し、実験方法の項に記した製パン条件を設定し、無添加食パンの比容積(約5)とほぼ等しい大豆素材添加食パンを製造することが可能になった。

(2) 大豆素材添加食パンの物理的特性

大豆粉末添加食パンのクラム部分のかたさと凝集性および破断応力をTable 4に示した。無添加食パン(比容積5)のかたさと凝集性の値は、 2.74×10^3 Paと0.74であった。大豆粉末や粒を小麦粉の5%添加してもこれらの値はほとんど変化しなかったが、10%添加するとややかたくなった。パンの破断応力は無添加食パンで 7.96×10^3 Paであったが、大豆粉末を

10%添加した食パンでは4%程小さくなり、粒状で添加するとさらに小さく(10%減)なる傾向にあった。食パンの凝集性は無添加食パンが0.74であり、大豆素材添加食パンの値も大差なかったが、大豆素材10%添加食パンでは0.71とやや小さくなる傾向にあった。

大豆素材を添加した食パンはクラム部分のテクスチャー(かたさ・凝集性)測定値から、クラムはややかたくなるものの、破断応力が小さくなつたので、噛み切る力はむしろ小さくてよいことが示唆された。加熱凝固した大豆タンパク質の共存が食パンのクラムのかたさを増大させ、小麦グルテンの網目形成を抑制したために破断応力が小さくなつたと考えられる。

(3) 大豆素材添加食パンの嗜好特性

女子大生をパネルとして、5段階評点法で嗜好評価

大豆素材添加食パンの製パン性、物性および食味特性

を行った結果を Fig. 1 に示した。大豆素材を粉末にして小麦粉の 5 % および 10 % を添加した食パンを無添加食パンと比較すると、色、味、香り、歯もろさおよび総合評価で無添加食パンより好まれない傾向にあったが、有意差が認められたのは、香りと総合評価の項目であった。しかし、大豆粉末添加食パンの嗜好評価は、すべての評価項目において普通（0 点）以上でやや好き（+1 点）の評点になっていた。一方、大豆素材を粒状で添加した食パンの場合、5 % 添加食パンは、かたさ、弾力、歯もろさ、総合評価で無添加食パンより評点が高い傾向にあった。10 % 添加した食パンの場合には歯もろさ、総合評価で 5 % 添加食パンや無添加食パンよりもやや低い評点であったが、普通（0 点）以上に好まれる結果であった。食パンに大豆素材を 10 % 添加した場合、大豆素材の形態が嗜好に影響するかを

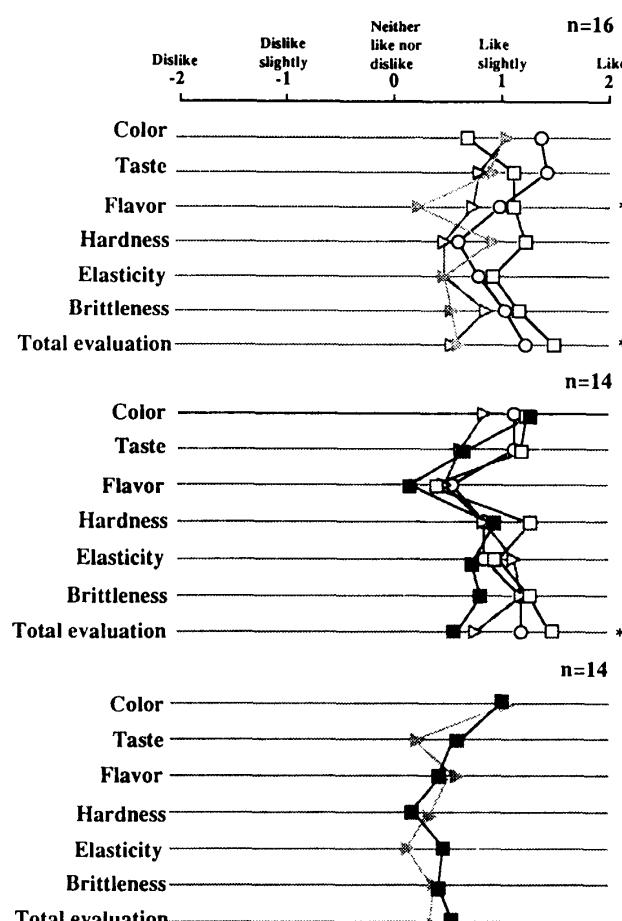


Fig. 1. Sensory evaluation of the likeability containing soybean powder or granules (○, bread made from 100% wheat flour. △ and □, bread containing 5 and 10% AS-K powder, respectively. ■ and ●, bread containing 5 and 10% AS-K granules, respectively. * $p < 0.05$).

調べたが、粉末状で添加しても粒状で添加しても嗜好性に差はなくすべての評価項目で普通（0点）からやや好き（+1点）の間の評価であった（Fig. 1）。

また、Table 5 に示すように官能検査を順位法で行っても、大豆素材を粒状で 5 % 添加した食パンが最も好まれた ($p < 0.05$)。大豆素材 10 % 添加食パンの嗜好順位は粉末でも粒状でも差異は認められなかった。

以上の結果から、嗜好面からみて大豆素材添加食パンは、無添加食パンに比べて劣らず、小麦粉の 5 % くらいの添加ならば、むしろより好ましい特性が備わっていることが明らかになった。大豆素材 5 %, 10 % 添加すると、食パン 100 g に 0.77 g, 1.41 g の食物繊維および 1.15 g, 2.31 g の大豆タンパク質が含有されるので、食パンの食物繊維およびタンパク質の量および質の向上ができることになる。

(4) 大豆添加食パンの老化

食パンの老化に関する研究は、製パン条件、各種添加物の影響について行われているが^{1-8, 11}、大豆素材添加食パンの老化の研究は見当たらない。大豆素材添加食パンの貯蔵に伴うテクスチャーの変化を Fig. 2 に示した。無添加食パンを冷凍（-40°C）貯蔵すると、4 日後でも食パンのクラムのかたさと凝集性はほとんど変化しなかった。そこで、冷凍貯蔵 1 日後の食パンを対照として、冷蔵（+4°C）1 日、4 日後の食パンの老化の程度をクラムのかたさ、凝集性と破断応力の変化から検討した。その結果、食パンを冷蔵すると、1

Table 5. Sensory evaluation of the likeability of bread containing soybean powder or granules

Bread	Soybean (%)	Total score		
		A (n=16)	B (n=14)	C (n=14)
Control	0	33	30	
AS-K (powder)	5	50	41	
	10	48	22	
AS-K (granules)	5	29*	24*	
	10	45*	20	

Values of n are the numbers of panelists for tests A, B and C. In each test, the likeability of up to 4 kinds of bread (control, containing 5 or 10% soybean powder, or containing 5 or 10% soybean granules) was determined by the total scores. * $p < 0.05$.

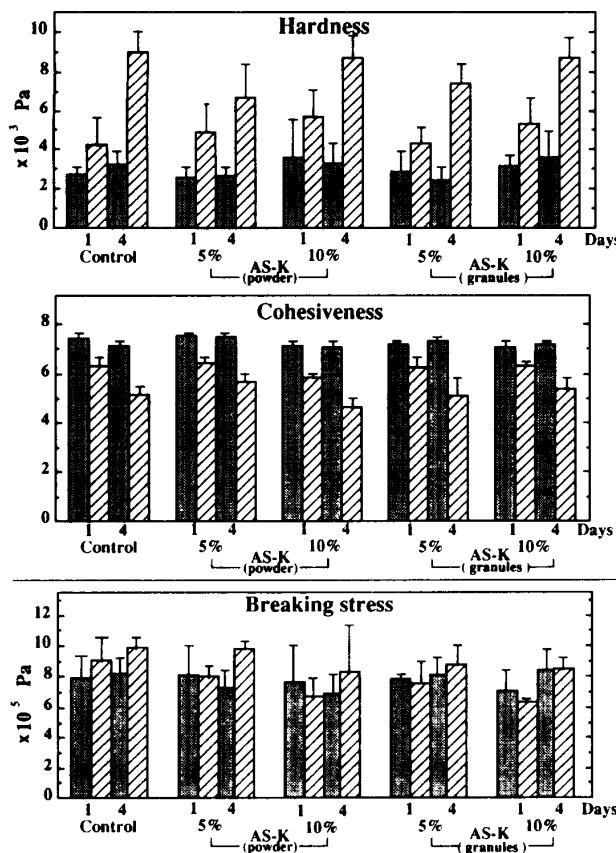


Fig. 2. Effect of soybean powder on staleness development in white bread crumbs

■ and ▨, bread stored in a freezer (-40°C) and refrigerator (+4°C), respectively.

日後にクラムのかたさは対照 (2.7×10^3 Pa) の 1.6 倍, 4 日後には 3.6 倍に硬化したので, 冷蔵でパンの老化が顕著に起こることが示された。大豆素材添加食パンのうち, 粉末で 5%, 10% 添加した食パンのクラムのかたさは各々 2.6×10^3 Pa, 3.6×10^3 Pa で冷蔵 1 日後, どちらも 1.6 倍に硬化した。冷蔵 4 日後には, 2.6 倍, 2.4 倍に増加したが無添加食パンの硬化度に比べれば若干少なかった。また, 大豆素材を粒状で添加した食パンの場合, 5%, 10% 添加食パンのクラムのかたさは対照 (2.9×10^3 Pa, 3.2×10^3 Pa) に比べ冷蔵 1 日後, 1.5 倍, 1.7 倍に増加した。4 日後には 2.6 倍, 3.0 倍に増加し, クラムの硬化が観察されたが, 無添加食パンの硬化に比べると硬化度は低いと言える。硬化の度合いは大豆素材を粉末で添加した食パンが粒状で添加した食パンより低かった。また, 食パンの凝集性の低下の点からも大豆素材添加食パンで, 冷蔵に伴う凝集性の低下が無添加食パンより小さく, 大豆粉末添加食パンの方が大豆粒添加食パンの

凝集性の低下より小さいことが観察された。

食パンの貯蔵に伴う破断応力の変化についてみると (Fig. 2), 無添加食パンでは対照が 8×10^3 Pa であったが, 冷蔵 1 日, 4 日後には各々 1.1 倍, 1.25 倍に増加した。大豆素材を添加した食パンでは, 冷蔵に伴う破断応力の増加が, 粉状で 5%, 10% 添加すると 1 日後に対照の 1.0 倍, 0.8 倍, 4 日後に 1.2 倍, 1.0 倍になり, 粒状で 5%, 10% 添加すると 1 日後に対照の 1.0 倍, 0.8 倍, 4 日後に 1.1 倍, 1.1 倍となり無添加食パンの冷蔵に伴う破断応力の増加より小さくなつた。また, 大豆素材を多く (5% より 10%) 添加した食パンの方が破断応力の増加が小さい傾向にあった。

山内ら¹¹はパンの老化速度はパン中のアミロペクチンの老化速度によってほぼ決定され, モノグリセリドでアミロペクチンの老化が抑制されることを報告している。大豆に含まれるタンパク質や脂質が食パンのデンプン (アミロペクチン) の老化を抑制するものと考えられる。また, 大豆タンパク質中に抗酸化性のあるものも見いだされている¹²ので, その点からもパンに大豆素材を添加することは健康維持に好ましいと言える。

4. 要 約

大豆素材 (大豆の華, AS-K) を添加した食パンを直ごね法で製パンした。小麦粉に大豆素材 (粉および粒状) を添加すると, 添加量が多くなるにしたがって, パン体積が減少した。ドウを作る時に水分調整をしたり, 二次発酵時間を長くすることで無添加食パンとほぼ等しい比容積 (5) の食パンが製造できた。大豆素材を小麦粉の 5% 添加した場合はクラムの物性も無添加食パンの値と変わらなかったが, 10% 添加したものはややかたくなつた。官能検査の結果, 大豆素材 (粒状) を小麦粉の 5% 添加した食パンが, 無添加食パンよりも好まれた ($p < 0.05$)。パンを冷蔵して発酵させた場合, 大豆素材添加食パンの方が, 無添加食パンより老化が抑制される傾向にあった。

大豆素材「大豆の華, AS-K」は旭松食品株より提供いただいたものを使用した。また, 本研究はエリザベスアーノルド富士財團の助成金を受けて行ったものであることを付記し, 謝意を表する。

引 用 文 献

- 中野淳子, 大羽和子: 家政誌, **46**, 321~329 (1995)

大豆素材添加食パンの製パン性、物性および食味特性

- 2) 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, 光琳, 東京, 27 ~ 262 (1992)
- 3) 田中康夫, 松本 博 (編) : 製パンの科学 II, 製パン材料の科学, 光琳, 東京, 1 ~ 152 (1993)
- 4) Gillian, E., Paulyn, E.O. and Aduni, U.A.: *J. Sci. Food Agric.*, **62**, 49 ~ 59 (1993)
- 5) Gillian, E., Paulyn, E.O. and Aduni, U.A.: *J. Sci. Food Agric.*, **62**, 61 ~ 66 (1993)
- 6) 高崎禎子, 唐沢恵子 : 調理科学, **28**, 8 ~ 13 (1995)
- 7) 新原立子, 針谷順子 : 家政誌, **42**, 983 ~ 987 (1991)
- 8) 中里トシ子, 下坂智恵, 松井能子 : 調理科学, **24**, 216 ~ 221 (1991)
- 9) 山内宏明, 兼重 寛, 藤村昌樹, 納庄康晴, 橋本慎一, 西山敏彦, 児玉邦彦, 小林 猛 : 日食工誌, **41**, 1 ~ 8 (1994)
- 10) Lapvetelaine, A., Puolanne, E. and Salovaara, H.: *J. Food. Sci.*, **59**, 1081 ~ 1085 (1994)
- 11) Krishnarao, L. and Hoseney, R. C.: *J. Food. Sci.*, **59**, 1251 ~ 1254 (1994)
- 12) Wu, S. Y. and Brewer, M. S.: *J. Food. Sci.*, **59**, 702 ~ 706 (1994)