

# 加熱処理大豆粉を添加したパンの品質評価

館 和 彦

家政学部健康栄養学科

(2009年9月9日受理)

## Quality Evaluation of Bread Containing Heated Soybean Flour

Department of Health and Nutrition, Faculty of Home Economics,  
Gifu Women's University, 80 Taromaru, Gifu, Japan (〒501-2592)

TACHI Kazuhiko

(Received September 9, 2009)

### I. 緒言

大豆は蛋白質、脂質を多く含み栄養価の高い食品である。わが国では古くから、味噌、しょうゆ、豆腐、納豆などの加工食品に利用されてきた。さらに近年では、大豆粉を用いた加工食品が検討され、栄養および品質上において評価を得ている。大豆粉豆腐の力学的性質や嗜好性に対する大豆粉濃度の影響を調べた報告<sup>1)</sup>や、脱脂大豆粉を用いた豆乳から作製したヨーグルトでは大豆臭が減少したとの報告がある<sup>2)</sup>。生大豆には大豆臭があるため、発生原因であるリポキシゲナーゼを欠失させた大豆<sup>3)4)</sup>の開発も進んでいる。

大豆粉のパンへの利用については、小麦粉に対して1～3%の添加において漂白作用、色つきの改良、加水量の増加、老化防止などの効果があるが<sup>5)</sup>、添加量を増やすとパンの品質は低下することが報告されている<sup>6)</sup>。

一方、きな粉などの加熱処理した大豆粉は、大豆臭が低減していることから様々な食品に利用されている。しかし、加熱処理によって水分含量が5%前後に低下しており、パンにおいては、きな粉を多く添加するとグルテン

形成やパンの品質に影響を及ぼすことが考えられる。

そこで、著者は特殊な加熱処理によって、水分含量が生大豆粉とほぼ同じ程度に保持された大豆粉に着目した。この特殊加熱処理大豆粉は様々な加工食品への利用が考えられるが、今回は食パンにおける実用性を検討した。

本報告では、加熱処理大豆粉を5～20%と多く添加して作製した食パンの物性および嗜好性を調べたところ、有用な結果が得られたので報告する。

### II. 実験方法

#### 1. 試料

小麦粉は西尾製粉(株)製の強力粉(商品名:紫ローズ)を用いた。大豆粉は愛知県産大豆フクユタカを製粉しそのまま密閉袋で冷蔵保存した生大豆粉と、生大豆粉を特殊加熱処理した加熱処理大豆粉を用いた。これらの小麦粉、大豆粉の組成を表1に示した。

#### 2. パンの調製法

パンの基本的な材料配合割合は、強力粉250g、ドライイースト(日清フーズ、スーパー

カメラ) 2.4g, 上白糖15g, 食塩3.8g, 脱脂粉乳 5g, ショートニング7.5g, 水162.5g とした。製パン方法は、自動ホームベーカリー (エムケー精工(株)製, HB-100) を用い、食パン標準コース (ねり・ねかし・発酵・焼成の合計時間が4時間, 直捏法) にて山形食パンを作製した。この基本材料配合で焼成されるパンを小麦粉パンとした。また、小麦粉の一部を大豆粉および加熱処理大豆粉で5%, 10%, 15%, 20%で置換したパンを同様に作製し、それぞれ生大豆粉パンおよび加熱処理大豆粉パンとした。焼成後、パンは25℃で1時間放冷し、試料に供した。

### 3. パンの体積・比容積

パンの体積は、焼成放冷後のパンを切断せずにそのまま菜種置換法<sup>7)</sup>で測定した。比容積は体積を重量で除して算出した。

### 4. パンの水分測定

パン中心部分の細片試料5gを赤外線水分計 (株) ケット科学研究所 FD-610) を用い、水分を測定した。

### 5. 物性の測定

テクスチャー測定用試料としてパンの中心部から縦・横・高さが20×20×20mmを切り出し、クリープメーター (山電(株)製, RE-3305) を用いてテクスチャー測定 (硬さ・凝集性) を行った。測定条件はプランジャー: 直径30mmの円筒型, 圧縮率: 50%, スピード: 1

mm/sとした。測定は5個のパンについて試料片を8個取り出し、合計40個の試料を用いて行った。

### 6. 色調の測定

色調の測定は、測色色差計 (日本電色工業(株)製, ZE-6000) を用い、パンの中心部から切り出した試料片について測定した。解析はハンターの表色法で行った。ハンターの表色法はL値 (明度), a値 (赤色度), b値 (黄色度) で表色される。さらにW (白色度) については次の式により算出した。

$$W(\text{白色度}) = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + (a^2 + b^2)}$$

### 7. 官能評価

官能検査は小麦粉パンと5%, 20%置換の生大豆粉パンおよび加熱処理大豆粉パンの中心部から切り出した試料片 (縦・横・高さが40×40×10mm) を官能試験に供した。パネラーは岐阜女子大学4年次の女子大生20名とした。調査項目は色, 香り, 硬さ, 弾力, 総合評価の5項目とし、順位法によって嗜好の評価を行い、クレマーの検定表<sup>8)</sup>により検定を行った。

## III. 結果および考察

### 1. パンの形状

パンの体積, 比容積, 水分測定の結果を表2に示した。小麦粉パンの体積が最も大きく、生大豆粉と加熱処理大豆粉で置換したパンは、置換量が増加するにつれて、パン体積が

表1 小麦粉および大豆粉の組成

		(%)				
		水分	炭水化物	たんぱく質	脂質	灰分
小麦粉	(外国産混合)	12.9	73.1	11.8	1.8	0.4
生大豆粉	(愛知県産)	11.8	28.9	33.8	20.3	5.2
加熱処理大豆粉	(愛知県産)	12.1	29.6	32.6	20.7	5.0

減少した。生大豆粉パンでは、小麦粉パンと比較して5%置換で約10%、20%置換では約30%の体積が減少した。一方、加熱処理大豆粉パンの減少率は、5%置換で約8%、20%置換では約15%であり、置換量を増やしてもパン体積の減少は小さく、生大豆粉パンと加熱処理大豆粉パンでは体積の減少率に大きな差がみられた。大豆粉にはグルテン成分が含まれないため、小麦粉を生大豆粉、加熱処理大豆粉で置換したパンはグルテンが減少し、パン体積は小さくなると思われる。今回は、最初より小麦粉と大豆粉を混合して混捏を行ったため大豆粉に含まれる脂質がグルテン形成を阻害したことも考えられ、小麦粉だけで混捏、グルテン形成をした後、大豆粉を添加する方法についても検討する必要があると思われる。

また、生大豆粉は加熱処理をしないため酵素がそのまま残存しており、パンの品質に影響を及ぼしたと考えられる。生大豆粉中の $\alpha$ -アマラーゼは、生地を弱め、べたつかせるとの報告がある<sup>9)</sup>。また生大豆粉中にはプロテアーゼ阻害因子も含まれるので<sup>10)11)</sup>、生地の伸展性を高めるとされるプロテアーゼの働き<sup>12)13)</sup>が弱まり、パン体積が小さくなったと

推測した。

焼成後のパンの水分値は、小麦粉パンで36.3%であった。加熱処理大豆粉パンでは置換量を増やしても水分値に変化はなかったが、生大豆粉パンでは水分値が減少した。グルテンは保水性が高いことより、生大豆粉パンにおける水分値の減少は、グルテン形成が少ないためであると推測した。今回の実験では、小麦粉、生大豆粉、加熱処理大豆粉の水分値には大きな差がないためパンの加水量は同条件で行った。しかし、生大豆粉パンの作製においては小麦粉パンよりも、加水量を増やした方がパンの体積が大きくなるとの報告<sup>14)15)</sup>もあり、加水量の調整についても検討する必要があると思われる。

## 2. 物性の測定

作製したパンのクラム部分の硬さと凝集性を表3に示した。小麦粉パン(比容積4.3)の硬さと凝集性の値は、 $2.37 \times 10^3 \text{Pa}$ と0.86であった。生大豆粉パンは置換量が増加するにつれて非常に硬くなる傾向がみられ、5%置換で $3.77 \times 10^3 \text{Pa}$ 、20%置換で $10.77 \times 10^3 \text{Pa}$ であった。一方、加熱処理大豆粉パンでは5%置換で $3.60 \times 10^3 \text{Pa}$ 、20%置換でも $4.83 \times 10^3$

表2 パンの体積・比容積・水分測定結果

パン	大豆粉置換割合 (%)	体積 (ml)	比容積	水分 (%)
小麦粉	0	1658±30	4.3±0.2	36.3
生大豆粉	5	1493±31*	3.8±0.3*	37.2
	10	1310±38*	3.4±0.1*	36.3
	15	1180±45*	3.1±0.2*	35.6
	20	1171±41*	3.0±0.1*	36.2
加熱処理大豆粉	5	1520±33*	3.9±0.2	36.7
	10	1410±28*	3.6±0.1*	36.6
	15	1430±47*	3.7±0.3*	36.1
	20	1380±35*	3.6±0.2*	36.6

値は5個のパンの平均値±標準偏差を示す

\* :  $p < 0.05$  (大豆置換割合0%の小麦粉パンに対するt検定)

Paであり、小麦粉パンと比べると硬さは増加したが、生大豆粉パン程の硬さの増加ではなかった。

小麦粉パンの凝集性は0.86であった。生大豆粉パンは5%置換で0.77、20%置換で0.68であったのに対し、加熱処理大豆粉パンは、それぞれ0.83、0.80と高い値を示した。生大豆粉パンはグルテン形成が少ないためグルテンの網目構造は粗く、膨らみも悪かったので、パン生地は硬く、もろい状態で凝集性の値は小さくなったと推測した。

### 3. 色調の測定

パン内部の色調結果を表4に示した。生大豆粉パンにおいては置換量が増すにつれて、L値(明度)は小麦粉パンよりも小さくなり、a値(赤色度)は大きくなった。また、b値(黄色度)は10%置換までは小さく15%以上では大きくなった。W値(白色度)は5%の置換で小麦粉パンより大きくなり、それ以上の置換では小さくなった。このW値(白色度)の増加は、生大豆粉中に含まれるリポキシゲナーゼ活性による漂白作用<sup>16)</sup>であると考えられる。

表3 パンの硬さ・凝集性測定結果

パン	大豆粉置換割合 (%)	硬さ (×10 <sup>3</sup> Pa)	凝集性
小麦粉	0	2.37±0.19	0.86±0.02
生大豆粉	5	3.77±0.64*	0.77±0.03*
	10	6.67±0.28*	0.72±0.02*
	15	10.34±1.38*	0.70±0.01*
	20	10.77±0.69*	0.68±0.03*
加熱処理大豆粉	5	2.60±0.38	0.83±0.02
	10	3.68±0.36*	0.79±0.03*
	15	4.93±0.55*	0.80±0.04*
	20	4.83±0.35*	0.80±0.02*

値は試料40片の平均±標準偏差を示す

\* : p < 0.05 (大豆置換割合0%の小麦粉パンに対する t 検定)

表4 パンの色調測定結果

パン	大豆粉置換割合 (%)	L (明度)	a (赤色度)	b (黄色度)	W (白色度)
小麦粉	0	81.8±0.8	-0.3±0.2	21.6±0.6	71.8±0.9
生大豆粉	5	79.8±0.3*	0.4±0.1*	19.2±0.6*	72.1±0.6
	10	77.9±0.4*	0.5±0.1*	20.6±0.2*	69.8±0.4*
	15	77.4±0.5*	0.6±0.2*	23.6±0.3*	67.3±0.6*
	20	77.5±0.8*	1.0±0.1*	24.8±0.7*	66.5±1.0*
加熱処理大豆粉	5	81.1±0.9	0.2±0.1*	22.2±0.4	70.8±0.9
	10	78.3±0.4*	0.1±0.1*	25.6±0.2*	66.4±0.4*
	15	78.0±0.4*	0.2±0.1*	26.6±0.8*	65.5±0.9*
	20	77.6±0.6*	0.4±0.2*	28.6±0.7*	63.7±0.9*

\* : p < 0.05 (大豆置換割合0%の小麦粉パンに対する t 検定)

加熱処理大豆粉パンにおいては、置換量が増すにつれてL値は小麦粉パンよりも小さくなり、a値はほとんど変化せず、b値は大きくなった。W値は小麦粉パンよりも小さく、加熱処理大豆粉には漂白作用はみられなかった。加熱処理大豆粉パンな生大豆粉パンと比べてL値とb値が大きいことから、色調は明るく黄色味の強いパン生地であることがわかった。

#### 4. 官能評価

女子大生をパネラーとして、順位法で嗜好評価を行った結果を表5に示した。小麦粉パンと5%、20%置換の生大豆粉パンおよび加熱処理大豆粉パンの5種類の結果について、クレーマーの検定表より嗜好の有意差を判定した。小麦粉パンは「色」、「香り」、「総合評価」について1%の危険率で有意に好まれた。生大豆粉パンでは5%置換において、色を除く各項目において好まれない傾向にあり、20%置換では「色」、「香り」、「硬さ」、「総合評価」について5%の危険率で有意に好まれない結果であった。生大豆粉5%置換パンが「色」について有意に好まれたのは、リポキシゲナーゼによる漂白作用と考えられ、色調測定における結果と一致した。加熱処理大豆粉パンでは、5%置換において「香り」、「硬さ」、「総合評価」が1%の危険率で有意に、

好まれたが、20%置換においては「色」について有意に好まれなかった。色調測定において加熱処理大豆粉パンはb値（黄味度）が大きかったことが、好まれない「色」として評価されたと考えられる。以上の結果から、加熱処理大豆粉を5%置換したパンでは、小麦粉パンと比べても、同程度の総合評価で好まれ、大豆臭は感じられず、硬さではむしろ小麦粉パンよりも好まれる傾向にあった。よって、加熱処理大豆粉パンでは、加熱による脱臭効果が有効であり、5%置換の場合のテクスチャー改良の可能性が示された。

#### IV. 要約

加熱処理大豆粉を小麦粉に添加したパンの体積、物性、色調、嗜好性に及ぼす影響を検討し、以下の結果を得た。

- (1) 小麦粉を加熱処理大豆粉と生大豆粉で置換したパンの体積は減少したが、加熱処理大豆粉パンは生大豆粉パンと比べ、置換量が増しても減少率は小さかった。加熱処理大豆粉を5%置換したパンでは8%の減少率であった。
- (2) 小麦粉を生大豆粉で置換したパンは硬く、凝集性は小さくなったが、加熱処理大豆粉パンは生大豆粉パンと比べ、硬さの増加は少なく、凝集性も高い値で変化が小さかった。
- (3) 小麦粉を加熱処理大豆粉と生大豆粉で置

表5 パンの官能検査結果

	小麦粉	生大豆粉 (5%置換)	加熱処理大豆粉 (5%置換)	生大豆粉 (20%置換)	加熱処理大豆粉 (20%置換)
色	37*	38*	52	92**	81**
香り	41*	69	41*	91**	58
硬さ	54	67	40*	94**	45
弾力	60	70	43	72	55
総合評価	35*	66	41*	94**	64

\* :  $p < 0.01$  有意に好まれる

\*\* :  $p < 0.01$  有意に好まれない

換したパンの色調は、L 値（明度）と W 値（白色度）が小さく、a 値（赤色度）と b 値（黄色度）は大きくなった。加熱処理大豆粉パンは生大豆粉パンと比べ、L 値と b 値が大きかったことより、明るく黄色味の強い色調であった。

(4) 加熱処理大豆粉を 5% 置換したパンは、「香り」「硬さ」「総合評価」において有意に好まれたことより、大豆臭は感じられず、小麦粉パンと比べても同程度に好まれることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 吉村美紀, 内藤成弘, 長野隆男, 西成勝好: 大豆粉豆腐の力学物性とネットワーク構造に及ぼす大豆粉濃度の影響, 日本食品科学工学会誌, 54(4), 2007年, pp 143-151
- 2) 吉本朋子, 佐藤一精: 脱脂大豆粉から調製した豆乳とヨーグルト食品の特性, 日本食品科学工学会誌, 48(12), 2001年, pp906-912
- 3) 羽鹿牧太, 喜多村啓介, 異儀田和典, 中澤芳則: ダイズ品種中のリポキシゲナーゼ-1, -2, -3 アイソザイムの遺伝的關係, 育種学雑誌, 42, 1992年, 787-792
- 4) 喜多村啓介, 石本政男, 菊池彰夫, 海妻矩彦: リポキシゲナーゼ欠失ダイズ新品種「ゆめゆたか」の育成, 育種学雑誌, 42, 1992年, 905-913
- 5) W. J. Hoover., J. Am., Use of soy proteins in bakery products: Oil Chem. Soc, 52 (1975), 267A
- 6) 山内文男: 食品タンパク質の科学—タンパク質食品の製造と利用編—, (株)食品資材研究会, 1984年, pp18
- 7) 大羽和子, 川端晶子: 調理科学実験, 学建書院, 2003年, pp12-13
- 8) 大羽和子, 川端晶子: 調理科学実験, 学建書院, 2003年, pp98-99
- 9) 渡辺篤二, 柴崎一雄: 大豆タンパク質, 建帛社, 1974年, pp246
- 10) 渡辺篤二, 柴崎一雄: 大豆タンパク質, 建帛社, 1974年, pp247
- 11) 谷村和八郎, 中村博治, 鴨居郁三, 小原哲二郎: 日本産大豆のトリプシンインヒビターおよび $\alpha$ -キモトリプシンインヒビターについて, 日本食品工業学会誌, 25(6), 1978年, pp323-326
- 12) 佐藤友太郎, 岡田経子, 渡辺修: 製パンにおけるプロテアーゼの利用に関する研究(第1報), 日本食品工業学会誌, 9(8), 1962年, pp326-331
- 13) 藤山諭吉: 製パン理論と実際, 第18版, パン技術, 2006年, pp50-54
- 14) 大羽和子, 中野淳子: 大豆素材添加食パンの製パン性, 物性および食味特性, 日本家政学会誌, 47(1), 1996年, pp21-27
- 15) 渡辺篤二, 柴崎一雄: 大豆タンパク質, 建帛社, 1974年, pp248
- 16) 山内文男: 食品タンパク質の科学—化学性質と食品特性—, (株)食品資材研究会, 1984年, pp93