

## おからケーキの血糖値上昇抑制効果と官能特性†

船津保浩<sup>§</sup>, 西村由紀子, 石下真人, 上馬場和夫\*,  
西尾由紀夫\*\*, 寺島晃也\*\*\*, 真船直樹

酪農学園大学酪農学部食品科学科

\* 富山国際伝統医学センター

\*\* (有)豊フーズ

\*\*\* 富山県食品研究所

### Hypoglycemic Effect of *Tofu* Refuse-Enriched Cake on Blood Glucose Level in Healthy Subjects and its Sensory Attributes

Yasuhiro Funatsu<sup>§</sup>, Yukiko Nishimura, Makoto Ishioroshi, Kazuo Uebaba\*,  
Yukio Nishio\*\*, Teruya Terashima\*\*\* and Naoki Mafune

Department of Food Science and Technology, Faculty of Dairy Science,  
Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

\* Toyama Prefectural International Health Complex, Tomosugi, Toyama 939-8224, Japan

\*\* Yutaka Foods Inc., Yamamuro, Toyama 930-8006, Japan

\*\*\* Toyama Prefectural Food Research Institute, Yoshioka, Toyama 939-8153, Japan

In order to utilize efficiently discharged *tofu* refuse (*Okara*), a *tofu* refuse-enriched cake (TREC) was prepared by addition of *tofu* refuse, sugar, egg, margarine, edible vegetable oil, salt, baking powder and vanilla essence, and its approximate compositions, hypoglycemic effect *in vivo* and sensory attributes were compared with those of wheat-based cake as a control. According to approximate composition analysis, dietary fiber was higher in TREC than in the control, in which the content of insoluble dietary fiber was extremely high. Single-dose oral administration of TREC significantly lowered blood glucose 30 min after loading of 50 g of sugars in healthy subjects ( $p < 0.05$ ). Glycemic index was 39.1% lower in TREC than in the control. The results of sensory evaluation revealed that texture, easiness of swallowing and overall taste of TREC were more agreeable than those of the control ( $p < 0.05$ ). There was no significant difference of external appearance or smell between TREC and the control ( $p > 0.05$ ). The acceptability of TREC was also significantly higher than that of the control ( $p < 0.001$ ). These results suggest that TREC may not only prevent increases in postprandial glucose level but also have good palatability.

(Received Nov. 28, 2007 ; Accepted Jun. 4, 2008)

**Keywords** : *tofu*-refuse, dietary fiber, moderating postprandial blood glucose level, cake, palatability

**キーワード** : 大豆おから, 食物繊維, 食後血糖値上昇抑制, ケーキ, 嗜好性

近年, 大豆加工品ブームの影響により, 豆乳や豆腐の生産量は増大しているが, 製造工程で副産物として排出される「大豆おから」も増大し, その量は年間 70 万トンを超えている<sup>1)</sup>. また, 「大豆おから」は, ごく一部が食用, 家畜の餌, 苗床および化粧品などに利用されているにすぎず, 多くは廃棄され, 経済的負担や環境汚染も懸念されている<sup>1)</sup>. 一方, 「大豆おから」には, 原料である大豆が含有す

るタンパク質の他, ビタミンやミネラルのような成分や, 大豆イソフラボンなどの機能成分も残存していると報じられている<sup>2)3)</sup>. とくに, 100 g あたりの食物繊維量は豊富であること<sup>4)</sup>から, 最近「大豆おから」を利用したクッキーやパンなどの食品が市販されている.

これまでに食物繊維の生理作用としては, 消化吸収能の低下作用, 腹部膨満感, 腸の蠕動運動促進作用, 血清コレステロール低下作用および食後血糖上昇抑制作用などが報じられている<sup>5)</sup>. しかし, 「大豆おから」の食物繊維中に多く含まれる不溶性食物繊維, また, その中でもとくに含有量の多いセルロース<sup>6)</sup>の血糖上昇抑制作用に対する効果

〒069-8501 江別市文京台緑町 582 番地

\* 〒939-8224 富山市友杉 151 番地

\*\* 〒930-8006 富山市山室 130-10

\*\*\* 〒939-8153 富山市吉岡 360 番地

§ 連絡先 (Corresponding author), funatsu@rakuno.ac.jp

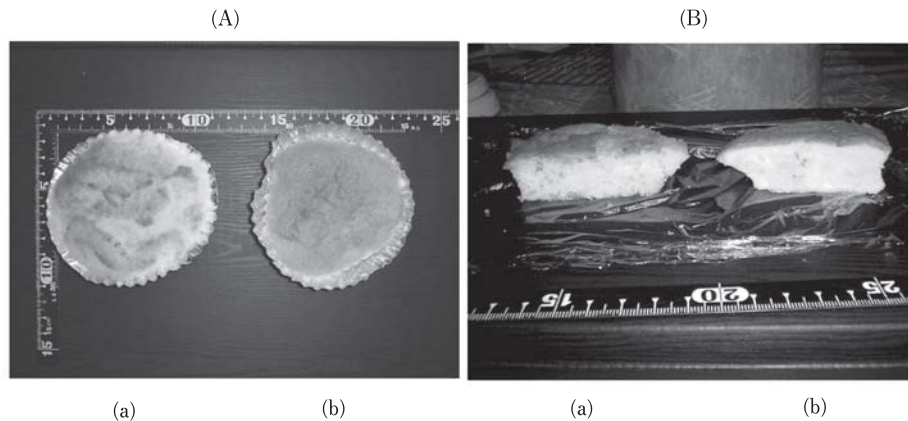


Photo 1 Final products after preparation

(A) : Overall of cakes, (B) : Longitudinal section of cakes.

(a) : Tofu refuse-enriched cake, (b) : Wheat-based cake.

は、かなり低いと考えられていた<sup>7)~9)</sup>。上馬場ら<sup>3)</sup>は、深層水入りおからパンを製造し、その機能性を精白食パンのそれと比較したところ、前者は後者に比べ、食後の血糖値の上昇が遅くグライセミック・インデックス (GI) も精白パンより約 10% 低く、インスリン分泌量に至っては、20% も少ないことを明らかにした。しかし、嗜好性をみると深層水仕込みおからパンと通常の精白パンとを比較すると、生パンでは全ての項目で、焼きパンでは色と食感において、精白パンの方を好む人が多い傾向であった<sup>3)</sup>。

本研究では、産業廃棄物である「大豆おから」を利用した「おからケーキ」を試作後、一般成分、食後血糖値抑制効果および官能的特性を調査し、小麦を用いた従来のケーキとのそれらの性状を比較検討することで、糖尿病の予防につながる食品素材の開発を目的とした。

## 実験方法

### 1. おからケーキの調製

北海道産使用市販の「大豆おから」を大豆臭やきめの粗さを軽減するため、原料に対して約 1.5 倍量 (湿重量) の水を加え、80~90℃ で加熱後、ミキサー (仲佐 (株), JM-N88 JIK 型) で細切し、さらし布巾を用いて脱水した。以下、加熱脱水後の「大豆おから」を「おから」と呼ぶ。次に、「おから」30g、鶏卵 30g、上白糖 (日本甜菜製糖 (株)) 20.5g、無塩マーガリン (雪印 (株)) 15g、食用油 (日清 (株)) 4g、食塩 (ニュークッキングソルト, (財) 塩事業センター) 0.05g、ベーキングパウダー (愛国産業 (株)) 0.5g およびバニラオイル (共立食品 (株)) 1 滴を加えて混合し、直径 5cm のカップケーキ型に入れて 170℃ で 45 分焼成し、「おからケーキ」を調製した。一方、小麦粉 (フラワー薄力小麦粉, 日清製粉 (株)) 30g を用いて上記と同様の方法で調製したカップケーキを「対照ケーキ」とした。製造後の「おからケーキ」と「対照ケーキ」との色を比較すると、前者が後者に比べ、表面全体と縦断面ではともに黄色味がやや強

かった (Photo 1)。

### 2. 一般成分分析

「おからケーキ」および「対照ケーキ」の水分、灰分、脂質、タンパク質および食物繊維についての成分分析を、以下のとおり行った。すなわち、水分: 常圧 105℃ 乾燥法<sup>10)</sup>、灰分: 550℃ 直接灰化法<sup>11)</sup>、脂質: ソックスレー抽出法<sup>12)</sup>、タンパク質: 改良ケルダール法<sup>13)</sup>、食物繊維: プロスキー変法<sup>14)</sup> で行い、糖質は差し引き法<sup>15)</sup> で算出した。また、窒素-タンパク質換算係数は 6.25 を用い、エネルギー換算係数はタンパク質: 4 kcal/g、脂質: 9 kcal/g および糖質: 4 kcal/g とした。

### 3. 血糖上昇抑制効果

#### (1) 同量摂取試験

健康人ボランティア 9 名 (年齢, 21-30 歳; 性別人数: 男性, 4 名; 女性, 5 名; BMI: 男性, 20.2±2.4, 女性, 20.2±2.1) に対して、早朝空腹時血糖を測定後、水 200g と「おからケーキ」および「対照ケーキ」をそれぞれ 1 個 (100g) 飲食してもらい、食後 15 分, 30 分, 45 分, 60 分, 90 分および 120 分の血糖値を測定した。それぞれの実験は上馬場らの報告<sup>3)</sup> に準じ、ウォッシュアウトのために 1 週間の期間をあけた。また、血糖測定にはメディエサーフリーダー (株) テルモ社) を使用し、自己測定とした。なお、測定中、ボランティアには座位を主とし、用足しや教室移動を除いては安静にするよう説明した。

#### (2) 50g 糖質摂取試験

健康人ボランティア 15 名 (年齢, 18-30 歳; 性別人数: 男性, 5 人; 女性, 10 人, BMI: 男性, 20.6±2.2; 女性, 20.5±2.6) に対し、早朝空腹時の血糖値を測定後、上記 3 の結果より算出した「おからケーキ」50g 糖質相当分 (湿重量 174g) と水 200g を 5 分間で交互に摂取し、食後 15 分, 30 分, 45 分, 60 分, 90 分および 120 分の血糖値を測定した。次に、上馬場らの報告<sup>3)</sup> に準じ、ウォッシュアウトのために 1 週間の期間をあけた後、同様の方法で「対照ケーキ」

**Table 1** Approximate compositions of *tofu* refuse-enriched cake and wheat-based cake

		<i>tofu</i> refuse-enriched cake	Control
Energy* <sup>1</sup>	(kcal/100 g)	321	400
Water	(g/100 g)	39.3	25.7
Ash	(g/100 g)	0.7	0.4
Protein* <sup>2</sup>	(g/100 g)	5.8	6.1
Lipid	(g/100 g)	20.3	21.7
Sugars	(g/100 g)	28.8	45.1
Dietary fiber	(g/100 g)	5.1	1.0
Soluble fiber	(g/100 g)	0.1	0.1
Insoluble fiber	(g/100 g)	5.0	0.9

\*<sup>1</sup> Energy conversion coefficient : Protein : 4 kcal/g, Lipid : 9 kcal/g, Carbohydrate : 4 kcal/g.

\*<sup>2</sup> Nitrogen-protein conversion coefficient : 6.25.

50 g 糖質相当分 (重量 110.9 g に相当) 摂取後の血糖値も測定した。

### (3) Glycemic Index (GI)

上記 3-(2) と同じボランティアに、50 g 経口耐糖能試験 (OGTT) を行い、2 時間の平均血糖曲線を面積で表したもののから、Jenkins *et al.*<sup>16)17)</sup> の方法に従い、「おからケーキ」と「対照ケーキ」の GI を算出した。なお、50 g OGTT 試験にはトレーラン 50 ((株)味の素ファルマ社) を使用した。

### 4. 官能評価

大豆および小麦アレルギーではない健康人ボランティア 12 名 (年齢、18-55 歳; 性別人数: 男性, 2 名; 女性, 10 名) をパネルとした。評価項目は、外観, 香り, 全体味, 食感, 飲み込みやすさおよび受容性の 6 項目で、評価方法は、一対比較法<sup>18)</sup> を用いた。すなわち、「対照ケーキ」と比べて、「おからケーキ」が非常に好ましくない (-3) - 非常に好ましい (+3) の 7 段階で評価を行った。また、大豆臭の有無については、大豆臭がする (-2) - 大豆臭がしない (0) の 3 段階評価、甘さについては、「対照ケーキ」の方が強い (-2) - 「おからケーキの方が強い」(+2) の 5 段階評価を行った。

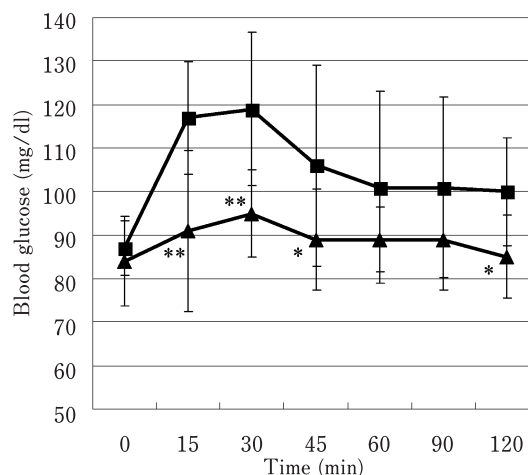
### 5. 統計解析

官能評価および血糖値上昇抑制効果の測定値は、平均±標準偏差 (mean±SD) で示した。官能評価におけるパネルが記入したデータおよび血糖値上昇抑制効果の測定値は Student's *t*-test で解析した。いずれも有意差は  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$  および  $p < 0.001$  を統計学的に有意であると判定した。

### 実験結果および考察

#### 1. 「おからケーキ」と「対照ケーキ」の一般成分の違い

「おからケーキ」と「対照ケーキ」の成分値を Table 1 に示す。「おからケーキ」の 100 g 中のタンパク質量と脂質量は「対照ケーキ」と大きな差はみられなかった。しかし、



**Fig. 1** Effect of *tofu* refuse-enriched cake and wheat-based cake on blood glucose after loading of one piece (100 g) in healthy subjects

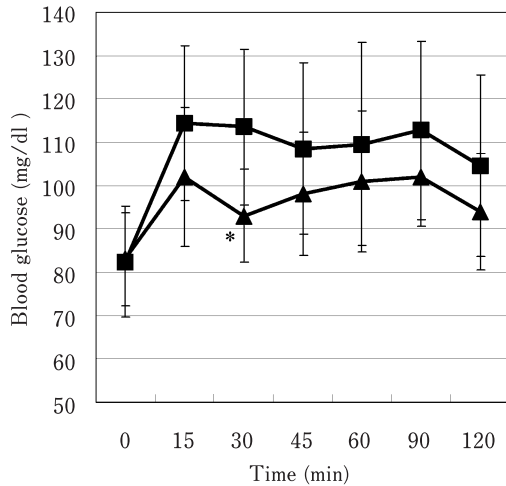
Each point represents mean±SD from 9 subjects. ■, control (wheat-based cake); ▲, *tofu* refuse-enriched cake; \*,  $p < 0.05$  vs control group; \*\*,  $p < 0.01$  vs control group. Age of subjects : 21-30; Ratio of subjects : male, 4; female, 5; BMI of subjects : male, 20.2±2.4; female, 20.2±2.1.

「おからケーキ」の食物繊維量は「対照ケーキ」のそれより、5.1 倍 (5.1 g/100 g) の含有量が認められ、なかでも不溶性食物繊維量は、5.6 倍 (5.0 g/100 g) の含有量が認められた。また、「おからケーキ」の食物繊維の大部分は、不溶性食物繊維であった。これは使用した「おから」の 100 g あたりの不溶性食物繊維量が小麦粉のそれよりも多いことに起因している。一方、「おからケーキ」の糖質量は「対照ケーキ」のそれより 36.1% (16.3 g/100 g) の減少がみられた。また、エネルギー値についても「おからケーキ」は「対照ケーキ」に比べて 19.7% (79 kcal/100 g) の減少が認められた。減少したエネルギー値は糖尿病の食品交換表<sup>19)</sup> のほぼ 1 単位に相当する。なお、「おからケーキ」の水分量が「対照ケーキ」のそれより、やや多い理由は「おから」調製時に残存している水分が影響していると考えられる。

#### 2. 「おからケーキ」と「対照ケーキ」の血糖値上昇抑制効果の違い

##### (1) 同量摂取試験

まず、糖尿病予防のための日常的な食事を考慮し、「おからケーキ」と「対照ケーキ」をそれぞれ 1 食分 (1 個, 100 g) 摂取した場合の血糖曲線を調査した。すなわち、健康人に各ケーキをそれぞれ 1 食分摂取してもらい、食後 2 時間の平均血糖を測定し、その結果を Fig. 1 に示す。両群の空腹時血糖については 85.5±1.5 mg/dl であり、両者に有意な違いはみられなかったため ( $p > 0.05$ )、両群は同じであると判断された。食後 15 分の血糖値は「対照ケーキ」が 117±22 mg/dl であるのに対し、「おからケーキ」のそれは



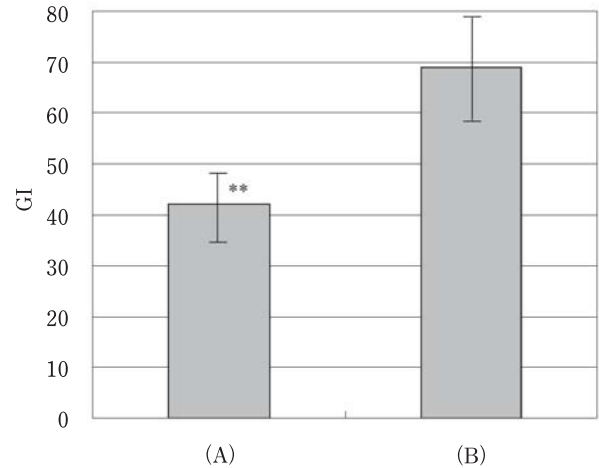
**Fig. 2** Effect of *tofu* refuse-enriched cake and wheat-based cake on blood glucose after loading of 50 g of sugars in healthy subjects

Each point represents mean  $\pm$  SD from 15 subjects. ■, control; ▲, *tofu* refuse-enriched cake; \*,  $p < 0.05$  vs control group. Age of subjects: 18-30; Ratio of subjects: male, 5; female, 10; BMI of subjects: male,  $20.6 \pm 2.2$ ; female,  $20.5 \pm 2.6$ .

91  $\pm$  23 mg/dl であり, さらに食後 30 分の血糖値は「対照ケーキ」が 119  $\pm$  29 mg/dl であるのに対し, 「おからケーキ」のそれは 95  $\pm$  18 mg/dl と, 両者にかなり有意 ( $p < 0.01$ ) な違いがみられた。また, 食後 45 分後の血糖値では, 「対照ケーキ」が 106  $\pm$  43 mg/dl であるのに対し, 「おからケーキ」のそれは 89  $\pm$  19 mg/dl であり, 食後 120 分後の血糖値でも, 「対照ケーキ」が 100  $\pm$  23 mg/dl であるのに対し, 「おからケーキ」のそれは 85  $\pm$  13 mg/dl であることから, 後者の血糖上昇が前者のそれに比べて有意 ( $p < 0.05$ ) に小さいことがわかった。なお, その他の食後 (60 および 90 分) の計測値も有意差がみとめられなかったものの, 前者の血糖値よりも後者のそれが低い傾向がみられた。したがって「おからケーキ」は「対照ケーキ」に比べて食後 120 分間の血糖値の上昇が小さい傾向がみられることから, 糖質含有率の低い低カロリー食品であり, 糖尿病予防食として実用面からみて利用可能であると考えられた。

#### (2) 50 g 糖質摂取試験

「おからケーキ」が「対照ケーキ」に比べて食後の血糖値を上げにくい食品であるかを検討するため, それぞれのケーキ 50 g 糖質相当湿重量を, ボランティアが摂取し, 食後 2 時間までの平均血糖を測定した。その結果を Fig. 2 に示す。まず, 空腹時血糖の差については  $82.5 \pm 0.5$  mg/dl であり, 両群実験に及ぼす有意な違いはみられなかったため ( $p > 0.05$ ), 両群の空腹時の血糖値は同じであると判断された。しかし, 食後 30 分の血糖値を比較すると, 「対照ケーキ」の血糖値は  $114 \pm 19$  mg/dl であるのに対し, 「お



**Fig. 3** Comparison of GI in *tofu* refuse-enriched cake (A) and wheat-based cake (B)

See Fig. 2 for age, number and BMI of subjects. Results are expressed as mean  $\pm$  SD ( $n = 15$ ). \*\* $p < 0.01$  vs control group.

からケーキ」のそれは 93  $\pm$  11 mg/dl であり, 「対照ケーキ」よりかなり有意 ( $p < 0.01$ ) に血糖値の上昇を抑制していることが分かった。また, 「おからケーキ」の他の食後 (15, 45, 60, 90 および 120 分) の計測値も, 有意差は認められないものの, 「対照ケーキ」より血糖値の上昇を抑制する傾向がみられた。

Fig. 2 の結果より GI を算出したところ, 「おからケーキ」と「対照ケーキ」の GI はそれぞれ 42 と 69 であり, 前者の GI は後者のそれより 39.1% 低いことが明らかとなった (Fig. 3)。この結果から「おからケーキ」は「対照ケーキ」より血糖値をあげにくい食品であり, 前者は全粒粉スパゲッティに相当する GI であり, 後者は精白食パンやライ麦ビスケットに相当する GI である<sup>16)</sup>。

Schenk ら<sup>20)</sup> は代表的な朝食シリアルであるブラン・シリアルとコーンフレークを用いて GI を測定したところ, 前者の GI ( $54.5 \pm 7.2$ ) は後者のそれ ( $131.5 \pm 33.0$ ) よりも有意に低く, その原因は食後の血中へのグルコースの取り込み速度の違いではなく, 食後初期のインスリンの分泌により血中からグルコースの消失割合を増加させ, その結果, 食後の血糖値の上昇が著しく抑制されたと報じている。一方, これまでに炭水化物にタンパク質が添加された食品を摂取した場合, 炭水化物単独の食品を摂取した場合よりも食後の血糖上昇が弱められ, そのことがインスリンの分泌と関連しているという報告がある<sup>21)22)</sup>。これらの研究から Schenk らは食後初期の急速なインスリン分泌はブラン・シリアルに含まれるタンパク質と炭水化物の相互作用が原因であると推察している。本研究で実験試料として用いた低い GI の「おからケーキ」と高い GI の「対照ケーキ」の多量養素組成を Table 2 に示す。本研究の結果と

**Table 2** Macronutrient composition of the cakes with a low (*tofu refuse-enriched cake*) or a high (*wheat-based cake*) glycemic index\*1

		<i>tofu refuse-enriched cake</i>	Control
Energy	(kcal)	557	444
Serving size	(g)	173.6	110.9
Total CHO	(g)	58.9	51.1
Available CHO*2	(g)	50.0	50.0
Protein	(g)	10.1	6.8
Lipid	(g)	35.2	24.1
Dietary fiber	(g)	8.9	1.1
Soluble fiber	(g)	0.2	0.1
Insoluble fiber	(g)	8.7	1.0

\*1 50 g available carbohydrate was provided in both trials ; n=15. CHO : carbohydrate.

\*2 Available CHO=total CHO - total fiber.

Refer to the legend of Table 1 for energy conversion coefficient and nitrogen-protein conversion coefficient.

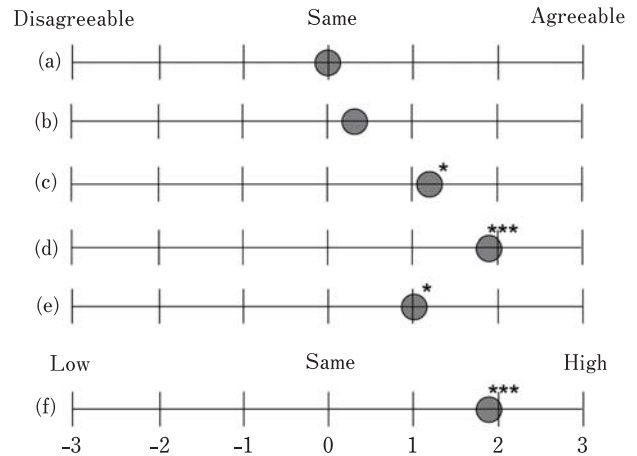
Schenk らのそれとを比較すると、「おからケーキ」の食後初期の血糖値の明瞭な上昇抑制がみられることから、Schenk らの報じたメカニズムと同様に本研究でも「おからケーキ」に含まれるタンパク質 (10.1 g) と炭水化物 (50.0 g) の相互作用によりインスリンの分泌が刺激され、食後の血糖値の上昇が緩やかになったと推定される (Table 2)。

久野ら<sup>23)</sup>は組み合わせる食品による違いも示唆していることから、本研究ではケーキ製造時の「おから」の含有量、加工形態 (粒子の大きさ等) および他の食材との組み合わせにより血糖値に違いが生じたことも可能性の一つと考えられる。いずれにせよ、「おから」が体内で血糖の上昇を抑制する理由については Schenk らの報告にあるインスリン分泌亢進機構も含め、今後、詳細な検討が必要である。

食物繊維を多く含むシリアルファイバーやホールグレインの長期摂取による糖尿病の予防効果については、幾つかの研究例<sup>24)25)</sup>がみられる。また、朝食シリアル中の不溶性食物繊維は食欲を減少させ、食後 75 分後の血糖上昇を抑制するという報告がある<sup>26)</sup>。これらのことから我々は血糖上昇抑制と「おからケーキ」中の不溶性食物繊維との関連についても今後、調査していきたいと考えている。さらに、「おからケーキ」のみではなく、「おから」含有食品の長期摂取による血糖改善効果の検討を試みることで、今後、「おから」を糖尿病の予防に活かせる種々の食品素材として開発していく必要があると思われる。

### 3. 「おからケーキ」と「対照ケーキ」の官能的な違い

Fig. 3 の結果より「おからケーキ」は糖尿病予防食の一つとして利用可能な食材であることが確かめられたが、実際に食する場合、小麦粉を用いた「対照ケーキ」との嗜好性の違いを確認する必要がある。そこで、「おからケーキ」と「対照ケーキ」との官能評価を実施し、その結果を Fig. 4

**Fig. 4** Sensory attributes of *tofu refuse-enriched cake*

Sensory evaluation was carried out using paired difference test<sup>18)</sup>. The significance between the *tofu refuse-enriched cake* and control was analyzed by Student's *t* test at the level of  $p < 0.05$  (\*) and  $p < 0.001$  (\*\*\*)

(a) : External appearance, (b) : Smell, (c) : Texture, (d) : Easiness of swallowing, (e) : Overall taste, (f) : Acceptability.

に示す。外観 (a) と香り (b) においては両者に有意差 ( $p > 0.05$ ) がみられなかった。しかし、食感 (c) および全体味 (e) については「おからケーキ」が「対照ケーキ」より有意 ( $p < 0.05$ ) に好まれるという結果であった。また、飲み込みやすさ (d) については「おからケーキ」が「対照ケーキ」に比べ有意 ( $p < 0.001$ ) に好まれた。さらに、「おからケーキ」が「対照ケーキ」に比べ受容性 (f) についても有意 ( $p < 0.001$ ) に高い傾向が示された。なお、大豆臭や甘味については両者に有意差 ( $p > 0.05$ ) がみられなかった (結果は図示せず)。この原因は、大豆臭については加熱脱水した大豆おからを「おからケーキ」の原材料に用いることで、臭気が抑制されたことや使用したおからの粒子の粗さ、粘性の弱さおよび大豆の皮や胚芽に含まれる微量成分などが甘味に影響すると考えられる。

本研究を遂行するにあたり実験にご協力いただいた北海道立食品加工研究センター企画調整部相談指導科長 錦織孝史氏に謝意を表します。

## 要 約

豆乳や豆腐の副産物として排出される「おから」の有効活用を目的として、おからをケーキに利用した製品 (「おからケーキ」) の一般成分、血糖値上昇抑制効果および官能特性について従来的小麦を利用した製品 (「対照ケーキ」) のそれらと比較検討を行った。その結果を下記に示す。

(1) 「おからケーキ」と「対照ケーキ」の一般成分を調査したところ、食物繊維量、とくに不溶性食物繊維量が前者は後者よりも多い点に特徴がみられ、糖質量やエネルギー

値でも前者が後者よりも低かった。

(2) 実用面を考慮した「おからケーキ」と「対照ケーキ」の 100 g 同量摂取試験の結果、前者の食後 15 分, 30 分, 45 分および 120 分の血糖値は後者のそれらに比べて有意に低い値を示した。

(3) 「おからケーキ」と「対照ケーキ」の 50 g 糖質摂取試験を実施したところ、前者は食後 30 分の血糖値を有意に抑制した。また、両者の GI を比較したところ、前者の GI は後者のそれより 39.1% 低い値であった。

(4) 「おからケーキ」と「対照ケーキ」の官能評価を実施したところ、外観、香り、大豆臭および甘味については両者に有意差はみられなかった。しかし、食感、飲み込みやすさおよび全体味では前者が後者より有意に好ましく、受容性でも高い傾向が認められた。

以上の結果より、「おからケーキ」は、食後の血糖上昇しにくい食品であり、嗜好面でも「対照ケーキ」に比べて大きな違いがみられないことから、糖尿病予防食の一つとして利用可能であることが明らかとなった。

## 文 献

- 1) 浅野俊之, 鹿島恭子, 小林正彦, 富田文一郎, 植物系廃棄物の樹脂化と資源化に関する研究, 資源環境連合部会誌, **15**, 59 (1999).
- 2) 時枝久子, 奥村幸恵, 池田綾子, 松岡麻男, 大豆おから含有ケーキの調理特性および嗜好特性について, 九州女子大学紀要, **39**, 26-31 (2002).
- 3) 上馬場和夫, 許 鳳浩, 小川弘子, 仲井培雄, 西尾由紀夫, おからを使った特製パンの機能性に関するランダム化比較試験, 東方医学, **22**, 1-9 (2006).
- 4) 社団法人全国調理師養成施設協会編, 「五訂増補版食品成分表」, (株)調理栄養教育社, pp. 54-55 (2006).
- 5) 日本病態栄養学会編集委員会編, 「認定 病態栄養専門師のための病態栄養ガイドブック」, メディカルレビュー社, p. 158 (2003).
- 6) 川村信一郎: 大豆多糖類の化学 (I), 日食工誌, **14**, 28-37 (1967).
- 7) 奥 恒之, 藤田温彦, 細谷憲政, グルコマンナン, プルランならびにセルロースの血糖上昇抑制効果の比較, 日本栄養・食料学会誌, **36**, 301-303 (1983).
- 8) 印 南敏, 桐山修八編, 「改訂新版 食物繊維」, 第一出版株式会社, pp. 190-191 (1994).
- 9) 土井邦紘, 食物繊維の糖代謝に及ぼす栄養機能, 日本臨床栄養学会誌, **20**, 45-48 (1998).
- 10) 社団法人資源協会編, 「五訂日本食品標準成分表分析マニュアルの解説」, 社団法人資源協会, p. 1 (1997).
- 11) 社団法人資源協会編, 「五訂日本食品標準成分表分析マニュアルの解説」, 社団法人資源協会, p. 42 (1997).
- 12) 社団法人資源協会編, 「五訂日本食品標準成分表分析マニュアルの解説」, 社団法人資源協会, p. 18 (1997).
- 13) 社団法人資源協会編, 「五訂日本食品標準成分表分析マニュアルの解説」, 社団法人資源協会, p. 13 (1997).
- 14) 社団法人資源協会編, 「五訂日本食品標準成分表分析マニュアルの解説」, 社団法人資源協会, pp. 31-34 (1997).
- 15) 香川芳子監修, 「五訂食品成分表」, 女子栄養大学出版社, pp. 15-19 (2001).
- 16) Jenkins, D.J., Wolever, T.M., Taylor, R.H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J., Bowling, A.C., Newman, H.C., Jenkins, A.L. and Goff, D.V., Glycemic index of foods, A physiological basis for carbohydrate exchange., *Am J Clin Nutr.*, **34**, 362-366 (1981).
- 17) Jenkins, D.J., Kendall, C.W., Augustin, L.S., Franceschi, S., Hamidi, M., Marchie, A., Jenkins, A.L. and Axelsen, M., Glycemic index : overview of implications in health and disease., *Am J Clin Nutr.*, **76**, 266S-273S (2002).
- 18) 野中敏雄, 山口静子, 一対比較法, 「調理科学実験ハンドブック品質管理」(福場博保, 宮川金二郎編), 建帛社, pp. 351-358 (1986).
- 19) 日本糖尿病学会編, 糖尿病療法のための食品交換表第 6 版, 文光堂, p. 10 (2002).
- 20) Schenk, S., Davidson, C.J., Zderic TZ., Byerley, L.O. and Coyle, E.F. Different glycemic indexes of breakfast cereals are not due to glucose entry into blood but to glucose removal by tissue., *Am. J. Clin. Nutr.*, **78**, 742-748 (2003).
- 21) van Loon, L.J.C., Saris, W.H.M., Verhagen, H. and Wagenmaker, A.J.M., Plasma insulin responses after ingestion of different amino acid or protein mixtures with carbohydrate. *Am J Clin Nutr.*, **72**, 96-105 (2000).
- 22) Spiller, G.A., Jensen, C.D., Pattison, T.S., Chunc, C.S., Whittam, J.H. and Scala, J., Effect of protein dose on serum glucose plus various proteins in type II diabetic subjects., *Am. J. Clin. Nutr.*, **46**, 474-480 (1987).
- 23) 久野 (永田) 一恵, 原口美和, 食品の組み合わせが健康な大学生の食後血糖値に及ぼす影響, 栄養学雑誌, **55**, 27-28 (1997).
- 24) Schulze, M.B., Rimm, E.B.R., Manson, J.E., Willet, W.C. and Hu, F.B., Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence type 2 diabetes in younger and middle-aged women., *Am. J. Clin. Nutr.*, **80**, 348-356 (2004).
- 25) Jensen, M.K., K.-Banerjee, P., Franz, M., Sampson, L., Grønbaek, M. and Rimm, E.B., Whole grains, bran, and germ in relation to homocysteine and markers of glycemic control, lipids, and inflammation., *Am. J. Clin. Nutr.*, **83**, 275-283 (2006).
- 26) Samra, R.A. and Anderson, G.H., Insoluble cereal fiber reduces appetite and short-term food intake and glycemic response to food consumed 75 min later by healthy men., *Am. J. Clin. Nutr.*, **86**, 972-979 (2007).

(平成 19 年 11 月 28 日受付, 平成 20 年 6 月 4 日受理)