

加工形態の異なるおから含有食品の 血糖値上昇抑制効果と嗜好性 特にケーキとドーナツとの違いについて

Key Words: おから ■ 血糖値 ■ グライセミックインデックス

船津 保浩*1 西村 由紀子*1 白砂 いずみ*1 西尾 由紀夫*2
上馬場 和夫*3 石下 真人*1 真船 直樹*1

はじめに

豆乳や豆腐の製造工程で副産物として排出される「大豆おから」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^{1,2)}。とくに、100gあたりの食物繊維量は豊富であること³⁾や消費者の健康志向も高まっていることから、最近では「大豆おから」を利用したクッキー、パンおよびドーナツなどの様々な食品が市販されている。

これまでに著者ら⁴⁾は「大豆おから」を利用したおからドーナツを製造し、嗜好性や血糖値上昇抑制効果について通常のプレーンドーナツ（対照ドーナツ）と比較した。その結果、「おからドーナツ」は「対照ドーナツ」よりも嗜好性が高く、対照ドーナツと同じような嗜好性を示す食品であり、一般成分より算出されたエネルギー値や血糖曲線から得られたグライセミックインデックス (GI)⁵⁾ はともに「対照ドーナツ」より「おからドーナツ」の方が低いと報じた。

しかし、食品は原材料や加工形態によりGIに違いが認められること⁶⁾から、おから含有食品でも加工形態の違いによりGIが異なる可能性がある。本稿では大豆おからを含有するケーキとドーナツについて血糖値上昇抑制効果と嗜好性について比較検討した結果をご紹介します。

1. おから含有食品の製造方法

1-1. おからケーキの製造⁷⁾

北海道産の市販「大豆おから」を購入した。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-N88JIK型）で細切し、さらし布巾を用いて脱水した。加熱脱水後の「大豆おから」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

*1 FUNATSU Yasuhiro, NISHIMURA Yukiko, SHIRASUNA Izumi, ISHIOROSHI Makoto, MAFUNE Naoki
(酪農学園大学酪農学部食品科学科)

*2 NISHIO Yukio (有限会社豊フーズ)

*3 UEBABA Kazuo (富山大学和漢医薬学総合研究所未病解析応用研究部門)

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」の色は「対照ケーキ」のそれに比べ, 表面全体はともに黄色味がやや強かった (写真1 (a), (b))。

1-2. おからドーナツの製造

前報⁴⁾でも述べたように市販小麦粉1kgに, 湿重量500gの大豆おから (富山産) を混入し, 冷却装置付き高速粉砕器 (マスオカ (株) 製) で調製したおからペーストに小麦粉, 砂糖, 食塩, 脱脂粉乳, イースト菌, 水およびバターを加えてよく混合してドウ (生地) を調製した。ドウを38℃で60分間一次発酵させ, 成型後, 38℃で40分間二次発酵を行った。二次発酵後のドウを180℃で15分間油調し, 「おからドーナツ」とした (写真1 (c))。なお, おからペーストを使用しないプレーンドーナツを「対照ドーナツ」とした (写真1 (d))。ケーキの場合と同様にドーナツでもおからを含有した製品の方が表面全体は黄色味がやや強かった。

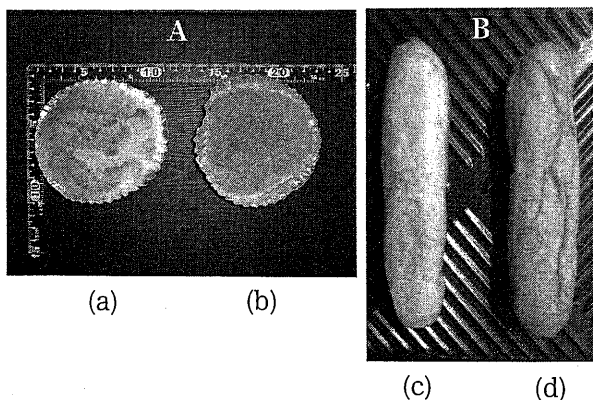


写真1 製造されたケーキ(A)およびドーナツ(B)の全体図
(a): おからケーキ, (b): 対照ケーキ,
(c): おからドーナツ, (d): 対照ドーナツ

2. おから含有食品の一般成分

各種ケーキおよびドーナツの一般成分を比較した結果を表1に示す。まず, ケーキの場合であるが「おからケーキ」の100g中のタンパク質量と脂質量は「対照ケーキ」のそれらと比較してほぼ同じであった。しかし, 「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倍多かった。これは使用した「おから」の100gあたりの食物繊維量が小麦粉のそれよりも多いことが原因と考えられる。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%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%の減少が認められた。

一方, ドーナツの場合であるが, 「おからドーナツ」のタンパク質量はケーキの場合と同様に「対照ドーナツ」のそれに比べて大きな差はみられないが, 脂質量には違いがみられ前者は後者に比べ25%の減少が認められた。また, 「おからドーナツ」の食物繊維総量は, ケーキの場合と類似して「対照ドーナツ」のそれより3倍以上増加し, 「おからドーナツ」の糖質量は「対照ドーナツ」のそれより13.2%少なかった。さらに, 「おからドーナツ」のエネルギー値は「対照ドーナツ」のそれより21.7%低かった。ケーキとドーナツを比較すると, タンパク質量には

表1 各種ケーキおよびドーナツの一般成分の比較

	ケーキ		ドーナツ	
	おから	対照	おから	対照
エネルギー* (kcal/100g)	321	400	403	515
水分 (g/100g)	39.3	25.7	30.6	20.7
灰分 (g/100g)	0.7	0.4	0.7	0.6
タンパク質 (g/100g)	5.8	6.1	7.3	7.3
脂質 (g/100g)	20.3	21.7	30.8	41.5
糖質 (g/100g)	28.8	45.1	24.3	28.0
食物繊維総量 (g/100g)	5.1	1.0	6.4	1.9

*: エネルギー換算係数: タンパク質 4kcal/g, 脂質 9kcal/g, 炭水化物 4kcal/g.

違いがみられず、おからを含有する試料方が対照に比べ、水分や糖質が少なく、食物繊維総量が多い点で同じであったが、脂質量は後者が前者に比べ多い点で異なった。これは製造方法による違いと考えられる。また、ケーキとドーナツでおからを含む試料と対照とで減少したエネルギー値をみると糖尿病の食品交換表のほぼ1単位に相当する⁸⁾点でも類似していた。

3. おからドーナツの血糖値上昇抑制効果

3-1. 50g 糖質摂取試験

ケーキとドーナツの場合でおからを含有する方が対照に比べ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、それぞれのケーキとドーナツ 50g 糖質相当分湿重量を、健常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。その結果を図1 (A) と (B) に示す。まず、ケーキの場合 (A)、空腹時血糖の差については $82.5 \pm 0.5\text{mg/dl}$ であり、両群実

験に及ぼす有意な違いはみられなかった ($p > 0.05$)。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 $114 \pm 19\text{mg/dl}$ であるのに対し、「おからケーキ」のそれは $93 \pm 11\text{mg/dl}$ 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。

一方、ドーナツの場合 (B)、空腹時血糖をみると、「おからドーナツ」と「対照ドーナツ」との間に有意差はみられなかったため、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15分の血糖値を比較すると、「対照ドーナツ」の値は 108.6mg/dl であるのに対し、「おからドーナツ」のそれは 86.8mg/dl であることから、「対照ドーナツ」よりも有意 ($p < 0.01$) に血糖上昇を抑制していた。また、食後30分でも同様に、「対照ドーナツ」の値は 124.5mg/dl 、「おからドーナツ」の値は 103.3mg/dl であ

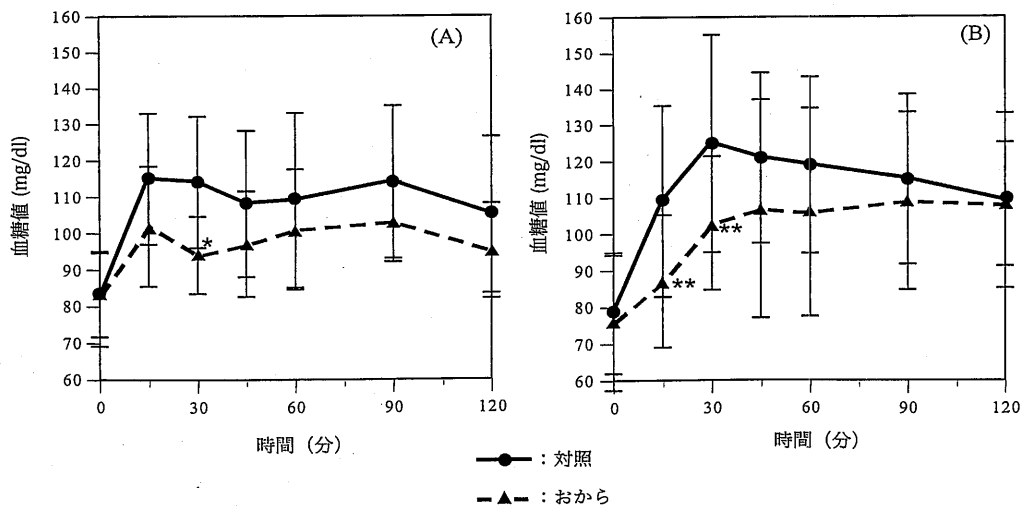


図1 各種ケーキおよびドーナツの50g糖質相当摂取時の血糖曲線

(A) : ケーキ, 年齢: 18 - 30 歳, 性別人数: 男性 5 人 女性 10 人
平均 BMI: 男性 20.6, 女性 20.5.

(B) : ドーナツ, 年齢: 19 - 23 歳, 性別人数: 男性 3 人 女性 9 人
平均 BMI: 男性 20.6, 女性 22.1.

表示: 平均土標準偏差. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ (Student's t-test)

ることから、後者は前者に比べて有意 ($p < 0.01$) に血糖上昇の抑制がみられた。また、その他の食後計測値でも有意差は認められなかったものの、「対照ドーナツ」より血糖値の上昇を抑制する傾向がみられた。ケーキとドーナツを比較すると、いずれも食後初期 (30 分後) におからを含有する試料が対照に比べ有意に血糖上昇を抑制する点で共通していた。しかし、ドーナツの方がケーキに比べ食後後期の変化についてはケーキとドーナツではおからを含有する試料と対照の差が小さくなる点でやや異なっていた。

3-2. GI

3-1 の実験と同じボランティアに、50g 経口耐糖能試験 (Oral Glucose Tolerant Test, 以下, OGTT と略す) を行い、2 時間の平均血糖曲線を面積で表したのから、上記 3-1 の実験により算出された 50g 糖質相当のケーキおよびドーナツの平均血糖曲線をそれぞれ面積で割り、Glycemic Index (以下, GI と略す) を算出した。なお、50gGOTT 実験には (株) 味の素ファルマ社製の「トレラン 50」を使用した。まず、ケーキの場合 (図 2 (A)) であるが、「おからケーキ」と「対照ケーキ」の GI はそれぞれ 42 ± 6.7 と 69 ± 10.0 であり、前者の GI は後者のそれより 39.1% 低い値となった。「おからケーキ」は「対照ケーキ」より血糖値を上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 であることが分かった。一方、ドーナツの場合 (図 2 (B)), 「おからドーナツ」の GI は 87 ± 8.3 , 「対照ドーナツ」の GI は 118 ± 6.5 であり、前者の GI は後者のそれより有意 ($p < 0.01$) に低い値であった。したがって、「おからドーナツ」は「対照ドーナツ」よりも血糖値を上げにくい食品であるが、前者はコーンフレーク (ケログ社, カナダ), 後者はフルーティービクスベリー (サニタリウム社, ニュージーランド) と同等であり, GI としては両者とも比

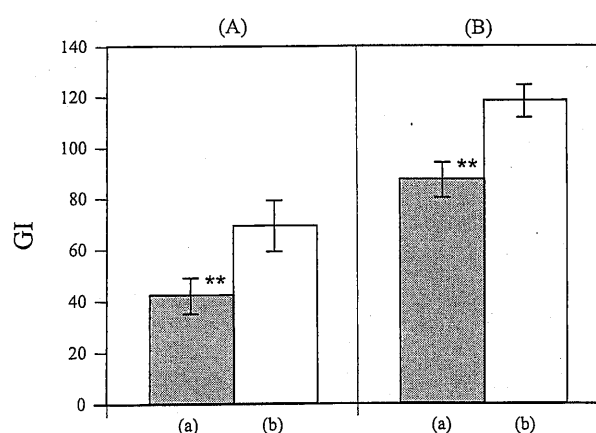


図 2 各種ケーキおよびドーナツの GI の比較

年齢、性別人数及び BMI については図 1 を参照
(A) : ケーキ, (B) : ドーナツ. (a) : おから, (b) : 対照
表示: 平均 ± 標準偏差, **: $p < 0.01$ (Student's t - test).

較的高いレベルの食品である⁶⁾。ケーキとドーナツで比較した場合、いずれもおからを含有した試料の方が対照に比べて GI は低いが、加工形態による GI 差も大きいと考えられる。

3-3. 同量摂取試験

糖尿病予防のための日常的な食事を考慮し、ケーキとドーナツを 1 食分 (ケーキ: 1 個, 100g; ドーナツ: 1 個, 50g) 摂取した場合の血糖曲線を調査した。すなわち、健常人に各ケーキとドーナツをそれぞれ 1 食分摂取してもらい、食後 2 時間の平均血糖を測定した。まず、ケーキの場合 (図 3 (A)) であるが、両群の空腹時血糖については 85.5 ± 1.5 mg/dl であり、両者に有意差がみられなかった ($p > 0.05$)、両群は同じであると判断された。食後 15 分の血糖値をみると「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 91 ± 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 ± 29 mg/dl であるのに対し、「おからケーキ」のそれは 95 ± 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 ± 43 mg/dl であるのに対し、「おからケーキ」のそれは 89 ± 19 mg/dl であり、

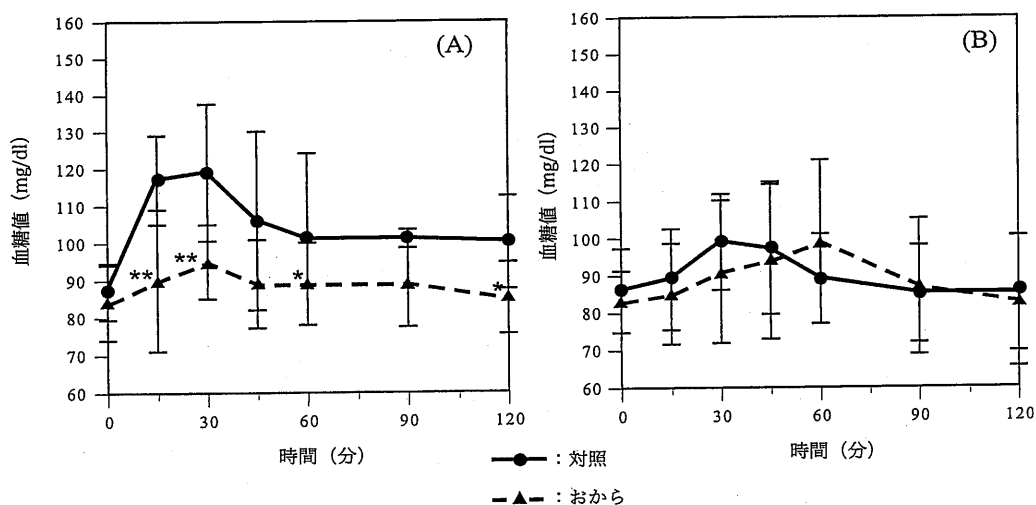


図3 各種ケーキおよびドーナツの同重量摂取時の血糖曲線

(A) : ケーキ, (B) : ドーナツ. 年齢, 性別人数および平均BMIについては図1を参照
表示: 平均±標準偏差. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ (Student's t-test)

食後120分後の血糖値でも、「対照ケーキ」が $100 \pm 23 \text{mg/dl}$ であるのに対し、「おからケーキ」のそれは $85 \pm 13 \text{mg/dl}$ であり、後者の血糖上昇が前者のそれに比べて有意 ($p < 0.05$) に小さかった。その他の食後(60および90分)の計測値も有意差はみとめられないが、前者の血糖値よりも後者のそれが低い傾向がみられた。

一方、ドーナツの場合(図3(B))、空腹時血糖の差についてケーキの場合と同様に有意差がみられないため、両群は同じであると判断された。しかし、ケーキの場合と異なり、食後計測値に有意な差は認められないことや「おからドーナツ」のピークは食後60分であったのに対して、「対照ドーナツ」のそれは食後30分と血糖値の上昇速度は緩やかであることが特徴であった。したがってケーキとドーナツを比べると、前者の方が後者に比べ、おから含有試料が対照に比べて食後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も後者よりも効果的であると考えられる。

4. おから含有食品の嗜好性

図1と2の結果よりおからを含有するケーキおよびドーナツは食後初期の血糖上昇が低く、また、GIも低い食品であることが示されたが、実際に食する場合、それぞれの対照との嗜好性の違いを確認する必要がある。そこで、大豆および小麦アレルギーではない健常ボランティア(ケーキ:12名;年齢, 18-55歳;性別人数:男性, 2名;女性, 10名, ドーナツ:50名, 年齢:19-23歳, 性別人数:男性16人, 女性34人)をそれぞれパネルとし、嗜好性(外観, 香り, 食感, 飲み込みやすさ, 全体味および受容性)の6項目について、対照と比較しておから含有試料が非常に好ましくない(-3) - 非常に好ましい(+3)の7段階で一対比較法による官能評価を行った。結果を図4に示す。ケーキの場合(○), 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、

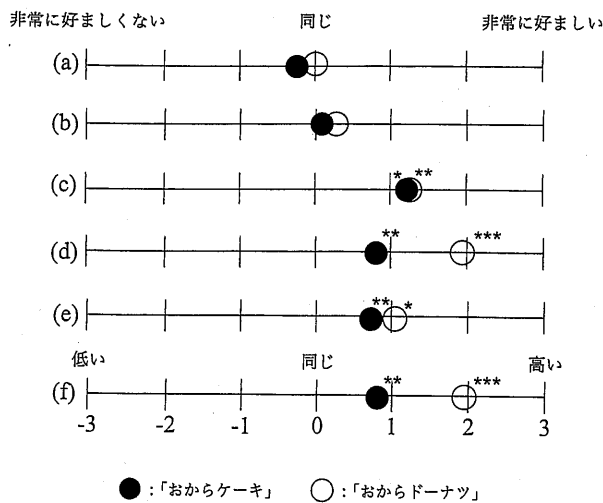


図4 「おからケーキ」と「おからドーナツ」の嗜好性に関する官能評価

(a): 外観, (b): 香り, (c): 食感, (d): 飲み込みやすさ, (e): 全体味, (f): 受容性.
 *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ (Student's t - test).

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。

一方、ドーナツの場合 (●), 外観および香りでは「おからドーナツ」と「対照ドーナツ」には有意差 ($p > 0.05$) はみられなかったが、食感、飲み込みやすさ、全体味において前者は後者より有意 ($p < 0.01$) に好まれるという結果であった。また、受容性も前者が後者に比べ

有意 ($p < 0.01$) に高かった。したがって、ケーキでもドーナツでもおから含有試料は対照に比べ嗜好性は良いことが明らかとなった。これは、日本人が大豆を含む食品を日常から食べている習慣にも関係があると思われる。なお、図示しないが大豆臭および甘味についてはいずれもおから含有試料と対照との有意 ($p > 0.05$) な違いはみられなかった。

おわりに

本稿では加工形態の異なるケーキとドーナツでおから含有試料が対照に比べてもGIが低い低カロリー食品であり、嗜好性も良いことを報じた。おからが食後血糖値の上昇を抑制する理由については明らかではないが、血糖上昇抑制に関して幾つかの報告⁹⁻¹¹⁾がある。例えば、Schenkら⁹⁾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 ± 7.2) は後者のそれ (131.5 ± 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

表2 低いGIと高いGIを有するおから含有食品の多量要素組成

	ケーキ		ドーナツ	
	おから	対照	おから	対照
エネルギー* (kcal)	557	444	883	933
供試サイズ (g)	173.6	110.9	205.8	178.6
炭水化物総量 (g)	58.9	51.1	63.2	53.4
消化吸収される炭水化物 (g)	50.0	50.0	50.0	50.0
タンパク質 (g)	10.1	6.8	15.0	13.0
脂質 (g)	35.2	24.1	63.4	74.1
食物繊維総量 (g)	8.9	1.1	13.2	3.4

GIは図2に示すとおりである
 消化吸収される炭水化物 = 炭水化物総量 - 食物繊維総量
 エネルギー換算係数は表1に示すとおりである

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¹⁰⁻¹¹⁾。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 食品であるおから含有試料と高い GI 食品である対照の多量養素組成を表 2 に示す。本稿の結果と Schenk らのそれとを比較すると、おから含有試料ではいずれも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類似したことがおから含有試料に含まれるタンパク質（ケーキ：10.1g，ドーナツ：15.0g）と炭水化物（ケーキおよびドーナツ：50.0g）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。

久野ら¹²⁾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、本研究ではケーキおよびドーナツ製造時の「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。

これまでに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¹³⁻¹⁴⁾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もある¹⁵⁾。これらのことから血糖上昇抑制とおから含有食品中の不溶性食物繊維との関連についても今後、詳細に調査する必要があると思われる。なお、おから含有パンと精白パンとで必ずしも GI に有意な違いがみられない結果¹⁶⁾も得られていることから、「大豆おから」を血糖上昇の抑制しやすい加工形態の調査も実施したいと考えている。さらに、今後は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、低利用食品素材である「大豆おから」を糖尿病の予防に活かせる新規食品素材として開発していきたい。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

- 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**, p.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及び嗜好特性について, 九州女子大学紀要, **36**, 26-27 (2002)
- 3) 香川芳子監修: 五訂増補食品成分表, 女子栄養大学出版部 pp.62-63 (2006)
- 4) 船津保浩, 白砂いずみ, 西尾由紀夫, 上馬場和夫, 石下真人, 真船直樹: おからドーナツの嗜好性と血糖値上昇抑制効果, *New Food Industry*, **50**, 1-6 (2008)
- 5) Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin J, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV: Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr.*, **34**, 362-366 (1981)
- 6) Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller JC: International table of glycemic index and glycemic load values:2002, *Am J Clin Nutr.*, **76**, 5-56 (2002)
- 7) 船津保浩, 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: おからケーキの血糖値上昇抑制効果と官能特性, 食科工, **55**, 367-372 (2008)
- 8) 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)
- 9) 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)

- 10) van Loon, L.J.C., Saris, W.H.M., Verhagen, H. and Wagenmaker, A.J.M., Plasma insulin responses after ingestion different amino acid or protein mixtures with carbohydrate. *Am J Clin Nutr.*, **72**, 96-105 (2000)
- 11) Spiller, G.A., Jensen, C.D., Pattison, T.S., Chuncck, C.S., Whittam, J.H. and Scala, J., Effect of protein dose on seru glucose plus various proteins in type II diabetic subjects., *Am. J. Clin. Nutr.*, **46**, 474-480 (1987)
- 12) 久野 (永田) 一恵, 原口美和, 食品の組み合わせが健常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)
- 13) Schulze, M.B., Rimm, E.B.R., Manson, J.E., Willet, W.C. and Hu, F.B., Glycemic index, glycemic load, and diatar fiber intake and incidence type 2 diabetes in younger and middle-aged women., *Am. J. Clin. Nutr.*, **80**, 348-356 (2004)
- 14) Jensen, M.K., K.-Banerjee, P., Franz, M., Sampson, L., Grønbaek, M. and Rimm, E.B., Whole grains, bran, and gern in relation to homocysteine and markers of glycemic control, lipids, and inflammation., *Am. J. Clin. Nutr.*, **83**, 275-282 (2006)
- 15) 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)
- 16) 小野静香, 真船直樹, 船津保浩, 寺井 格, 小林邦彦: おから含有食品は加工形態により血糖上昇抑制効果が異なる, 第 17 回日本臨床化学会北海道支部総会講演要旨集, p.28 (2008)