解　説

おからドーナツの嗜好性と血糖値上昇抑制効果

Key Words： おから ■ 食物繊維 ■ 血糖値 ■ グライセミック・インデックス

舩津　保浩 [*1]　白砂いずみ [*1]　西尾　由紀夫 [*2]　上馬塲　和夫 [*3]　石下　真人 [*1]　眞船　直樹 [*1]

はじめに

平成18年度総務省の「家計調査」でみると，豆腐の1世帯当たり平均の年間購入数量は，72丁，購入支出金額は6千4百円強となっており，豆腐は食材の豊富多様化の中で，依然多くの支持を得ている食品の一つである[1)]。しかし，豆腐の製造工程で豆乳を分離する際に副産物として排出される「大豆おから」（以下，おからと略す）の量は年間70万トンを越え，廃棄による経済負担や環境汚染も懸念されている[2)]。一方，おからには原料である大豆が含有するタンパク質の他に，ビタミンや無機質のような成分や大豆イソフラボン等の機能性成分も残存していることが報告されている[3)]。なかでも100gあたりの食物繊維量は豊富であること[4)]から，最近では健康食品として「おからクッキーやおからパン」等の大豆おから含有食品も市販されるようになってきた。

一般に食物繊維の生理作用として，不溶性食物繊維には，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等の機能性が，一方，水溶性食物繊維には血清コレステロール低下作用や食後血糖上昇抑制作用のような機能性が認められている[5)]。しかし，おからにはセルロース等の不溶性食物繊維が多く含まれるため，血糖値上昇抑制に対する効果はかなり低いと考えられてきた[6-8)]。これまでにおからの有効活用を目的とした幾つかの研究例[9,10)]がある。西尾[9)]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。また，西村ら[10)]は不溶性食物繊維を多く含むおからケーキを試作し，そのケーキの随時血糖上昇抑制効果について検討したところ，おからを含まないケーキに比べ，食後の血糖上昇が有意に抑制されることを見出した。

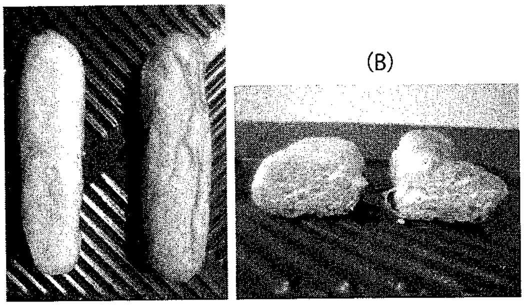
本稿では，おから含有食品の中で「おからドーナツ」について嗜好性や食後の血糖値上昇抑制効果についてご紹介する。

[*1] *FUNATSU Yasuhiro, SHIRASUNA Izumi, ISHIOROSHI Makoto, MAFUNE Naoki*（酪農学園大学酪農学部食品科学科）
[*2] *NISHO Yukio*（有限会社豊フーズ）[*3] *UEBABA Kazuo*（富山国際伝統医学センター）

1. おからドーナツ製造方法

定法に従い，市販小麦粉 1kg に，湿重量 500g の富山産大豆使用おからを混入し，冷却装置付き高速粉砕器（マスオカ（株）製）で撹拌し，おからペーストを調製した。この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（a））。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（b））。

(A) (B)



(a) (b) (a) (b)

写真 1　製造された「おからドーナツ」および「対照ドーナツ」

(A) : 全体図　(B) : 断面図
(a) : おからドーナツ　(b) : 対照ドーナツ

2. おからドーナツの嗜好性

健常人ボランティア 50 名（年齢：19 − 23 歳，性別人数：男性 16 人，女性 34 人）をパネルとし，嗜好性（外観，香り，食感，飲み込みやすさ，全体味および総合評価）の 6 項目について，「対照ドーナツ」と比較して「おからドーナツ」が非常に好ましくない（− 3）− 非常に好ましい

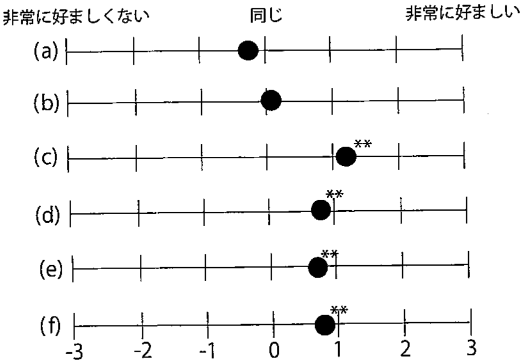


図 1　おからドーナツの嗜好性に関する官能評価

年齢：19 − 23 歳，性別：男性 16 人 女性 34 人
(a) : 外観，(b) : 香り，(c) : 食感，(d) : 飲み込みやすさ，(e) : 全体味，(f) : 総合評価　** : $p < 0.01$ (t - test).

（＋ 3）の 7 段階で一対比較法[11]による官能評価を行い，有意差検定（t-test）を実施した。なお，本研究では大豆が嫌いなパネルや大豆アレルギーのパネルは含まれていない。その結果，外観および香りには有意差（$p > 0.05$）はみられなかったが，食感，飲み込みやすさ，全体味および総合評価において「おからドーナツ」は「対照ドーナツ」より有意（$p < 0.01$）に好まれるという結果であった（図 1）。

このように不溶性食物繊維を多く含むおからをペースト状態で生地調製時に添加することで従来のプレーンドーナツよりもざらつき感も認められず，食感，飲み込みやすさおよび全体味が良く，ドーナツのテクスチャー改良にも効果が認められた。また，図示していないが，「対照ドーナツ」に比べ「おからドーナツ」は大豆臭については有意差（$p > 0.05$）が認められなかった。一方，甘味は有意（$p < 0.01$）に弱かった。これは後述するが，糖質含有量（g/100g）が「対照ドーナツ」より「おからドーナツ」が低値であることに起因すると思われる。したがって，総合評価で「対照ドーナツ」に比べ「おからドーナツ」が好まれた理由は，食感，飲み込みやすさおよび全体味以外にも大豆臭がなく，甘味も強すぎない点が評価されたものと思われる。

3. おからドーナツの一般成分

定法により「おからドーナツ」および「対照ドーナツ」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行い，その結果を表1に示す。「おからドーナツ」のタンパク質量は「対照ドーナツ」のそれに比べて大きな差はみられなかった。しかし，「おからドーナツ」の食物繊維総量は，「対照ドーナツ」のそれ（4.5g/100g）より3倍以上の含有量が認められた。一方，「おからドーナツ」の糖質量は「対照ドーナツ」のそれより3.7g/100gより少なく，脂質量も10.7g/100g（25％の減少）が認められた。さらに，前者のエネルギー値は後者のそれに比べて，112kcal/100g，すなわち21.7％低かった。

4. おからドーナツの血糖値上昇抑制効果

4-1. 50g糖質摂取試験

健常人なボランティア12名（年齢：19～23歳，性別人数：男性3人，女性9人，BMI：男性20.6，女性22.08）で早朝空腹時血糖を測定後，表1の結果より算出した「おからドーナツ」50g糖質相当分（湿重量206g）と水200gを5分間で交互に摂取し，食後15，30，45，60，

表1 「おからドーナツ」および「対照ドーナツ」の一般成分

項目	おからドーナツ	対照ドーナツ
エネルギー＊ (kcal/100g)	403	515
水分 (g/100g)	30.6	20.7
灰分 (g/100g)	0.7	0.6
タンパク質 (g/100g)	7.3	7.3
粗脂質 (g/100g)	30.8	41.5
糖質 (g/100g)	24.3	28.0
食物繊維総量 (g/100g)	6.4	1.9

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

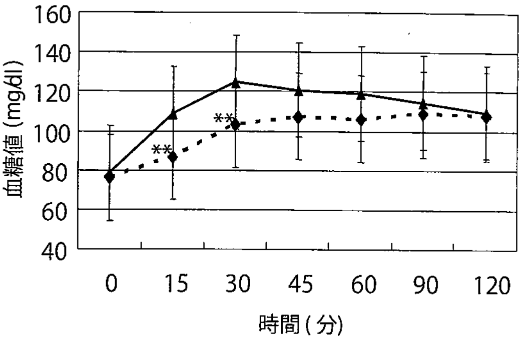


図2 50g糖質相当摂取時の血糖曲線
年齢：19－23歳，性別人数：男性3人 女性9人
BMI: 男性20.6，女性22.08.
表示：平均±標準偏差，**: $p < 0.01$ (t - test).
▲：対照ドーナツ，　◆：おからドーナツ

90および120分の血糖値を測定した。この際の各血糖値の経時変化を以下，血糖曲線と呼ぶ。次に，1週間ウオッシュアウト後，同様の方法で「対照ドーナツ」50g糖質相当分（湿重量179g）摂取後の血糖値も測定し，経時的に有意差検定（t -test）を行った。なお，血糖測定には（株）テルモ社製「メディエセーフリーダー」を使用し，自己測定とした。また，測定中，ボランティアには座位を主とし，生活に必要な歩行程度の運動を除いては安静にするよう説明した。「おからドーナツ」および「対照ドーナツ」各50g糖質相当分重量をボランティアが摂取した後の2時間の平均血糖曲線を図2に示す。

空腹時血糖の差についてみると，両群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ることが分かった。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。

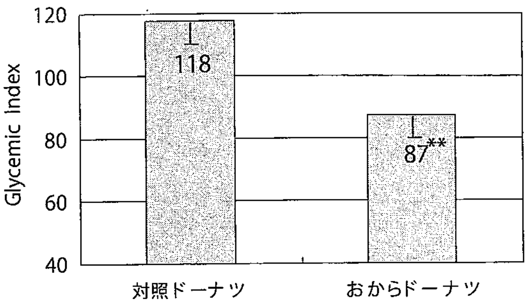


図3 「対照ドーナツ」と「おからドーナツ」のGIの比較
年齢，性別人数及びBMIについては図1を参照
表示：平均±標準偏差，**: $p < 0.01$ (t - test)

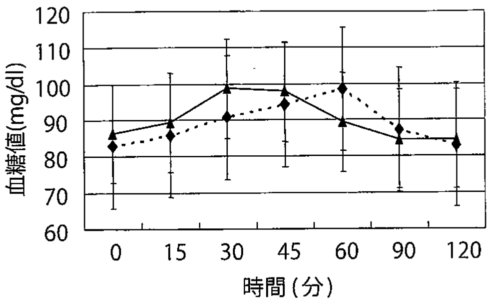


図4.「対照ドーナツ」と「おからドーナツ」同重量摂取時の血糖曲線
年齢：19－23歳，性別人数：男性3人 女性9人
BMI: 男性20.6，女性22.08.
表示：平均±標準偏差，**: $p < 0.01$ (t - test).
▲：対照ドーナツ， ◆：おからドーナツ

また，その他の食後計測値では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。

4-2. Glycemic Index (GI)

上記4-1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ものから，上記4-1の実験により算出された50g糖質相当の「対照ドーナツ」および「おからドーナツ」の平均血糖曲線をそれぞれ面積で割り，Glycemic Index[12]（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「トレーラン50」を使用した。「おからドーナツ」のGIは87，「対照ドーナツ」のGIは118であり，前者のGIは後者のそれより有意（$p < 0.01$）に低いことが明らかとなった（図3）。「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ものの，前者はビーフン，後者はコーンフレークと同等であり，GIとしては両者とも高いレベルの食品であるといえる。

4-3. 同量摂取試験

「おからドーナツ」のGIと「対照ドーナツ」それでは差がみられたが，実際に食する際のドーナツの量（1個，50g）で両者の血糖値の差を比較するため，「おからドーナツ」と「対照ドーナツ」をそれぞれ1個摂取した時の食後2時間の平均血糖曲線を図4に示す。空腹時血糖の差について有意差（$p > 0.05$）はみられなかったため，両群は同じであると判断された。しかし，各段階での食後計測値に有意な差は認められなかったが，「対照ドーナツ」のピークは食後30分であったのに対して，「おからドーナツ」のそれは食後60分と血糖値の上昇速度は緩やかである傾向がみられた。

西村ら[10]は，おからケーキの同重量摂取試験において，食後15分の血糖値は「対照ケーキ」の値は117mg/dlであるのに対し，「おからケーキ」のそれは91mg/dl，また食後30分の血糖値でも同様に「対照ケーキ」119mg/dlであるが，「おからケーキ」95mg/dlと，摂取初期にかなり有意（$p < 0.01$）に血糖の上昇を抑制されると報告している。さらに，食後120分後でも，「対照ケーキ」が100mg/dlであるのに対し，「おからケーキ」85mg/dlであることから，摂取後期でも血糖の上昇を有意（$p < 0.05$）に抑制していた。しかし，本稿で紹介した各種ドーナツの摂取試験では，1個50gと摂取量が少なかったために血糖値に差が出なかったと考えられる。

おわりに

冒頭でも述べたように本稿では食物繊維，なかでも，水溶性食物繊維と比較し，血糖値上昇抑制効果が低いと考えられたセルロース等の不溶性食物繊維を多く含む「おから」を食品素材として，嗜好性や血糖上昇抑制効果について紹介した。「おからドーナツ」は「対照ドーナツ」よりも嗜好性が高く，通常のプレーンドーナツと比較しても食べやすい食品であった。また，一般成分より算出されたエネルギー値では「対照ドーナツ」より「おからドーナツ」の方が低かった。なお，減少したエネルギー値は糖尿病の食品交換表[13]のほぼ1.4単位に相当する。

血糖上昇抑制効果についてみると,「対照ドーナツ」(111g，444kcal相当）と同糖質量の「おからドーナツ」(174g, 558kcal相当)摂取時では,「おからドーナツ」の方が食する重量は多いにもかかわらず，血糖値の上昇を食後15および30分の値において有意（$p < 0.01$）に抑制した。GI値についてみると，西村らの報告[10]でもみられるように「対照ケーキ」69,「おからケーキ」42，また，西尾の報告[9]では精白食パン81（インシュリン上昇速度 99），深層水入りおからパン88（インシュリン上昇速度 79）であり，さらに「対照ドーナツ」118,「おからドーナツ」87と，本稿でもおからドーナツはGI値が低下する結果であった。

これらの一連の報告から，不溶性食物繊維を豊富に含む「おから」はパン類に添加する食品素材として用いた場合，血糖値の上昇抑制に効果があると示唆された。

「おから」が体内で血糖の上昇を抑制するメカニズムについては今後，詳細な検討が必要であるが，本研究の結果から「おから」の不溶性食物繊維がそれを含む食物摂取後の胃内停滞時間を長くするなど，消化管の機能に何らかの影響をおよぼし，食物中の成分の消化吸収を遅らせていると考えられる。一方，久野ら[14]は，組み合わせ食品による効果の違いが認められると報じていることから，「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方法等による血糖値上昇抑制効果の違いも生じると考えられる。また，大豆は多くの機能性を有している食品[1]でもあることから，「おから」に残留している食物繊維以外のたんぱく質，脂質，無機質およびイソフラボン等の成分の影響も推測される。西尾[9]は，深層水仕込みおからパンは，精白食パンには含まれない機能性成分であるイソフラボン類を含み，それらは体内に吸収されていること，便通促進効果について深層水仕込みおからパンは精白パンよりも排便回数の有意な増加を認め，腹満感も有意に低いこと,排便時爽快感や体調も，おからパン摂取時の方が，精白パン摂取時よりよい傾向にあることを明らかにした。

今後はおからドーナツについても便通促進効果，排便時爽快感，体調およびイソフラボン類の吸収等について調査していく必要があると思われる。

以上の結果より，おからを食品素材として利用することで，嗜好性が良く，血糖値上昇抑制効果のみられるドーナツが製造可能であることから,今後は糖尿病食への応用を目的とし,ドーナツやケーキ等の副食ではなく，主食の種々のパン類へ利用や他の機能性食品と組み合わせた製造方法等の工夫を行いたいと考えている。

文　献

1) ホームページより http://www.zentoren.jp/info/09.html/

2) 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)

3) 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)

4) 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)

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) 奥　恒之，藤田温彦，細谷憲政：グルコマンナン，プルラン並びにセルロースの血糖値上昇抑制効果の比較，日本栄養・食糧学会誌，**36**，301-303 (1983)

7) 印南　敏，桐山修八編：改定新版　食物繊維，第一出版株式会社，東京 pp.190-191 (1994)

8) 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**, 46-48 (1998)

9) 西尾由紀夫：深層水仕込みおから食品シリーズの開発と機能性調査．平成 15 年度地域新産業創出公事業実績報告書，富山，pp.1-36 (2004)

10) 西村由紀子，眞船直樹，上馬場和夫，錦織孝史，寺島晃也，西尾由紀夫，舩津保浩：おから含有ケーキの血糖値抑制作用－糖尿病応用食への基礎実験－，第 14 回日本臨床化学会北海道支部総会講演要旨集

11) 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，東京，pp.351-358 (1986)

12) 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)

13) 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)

14) 久野（永田）一恵，原口和美：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)

白石カルシウムの炭酸カルシウム

炭酸カルシウムとは？

古くから食品に使用されている安全性・吸収性に優れたカルシウム源です。
用途も栄養強化はもちろんのこと、練製品の弾力増強などの品質改良、粉体の流動性向上・固結防止といった加工助剤などその目的は多彩です。

分散性・混合性に優れたものや、飲料用として沈澱を抑制したタイプ等、品揃えしております。

一般の栄養強化には、「ホワイトン」

機能を求めるならば、「コロカルソ」

飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」

詳細につきましては、弊社営業担当にお気軽にお尋ね下さい。

白石カルシウム株式会社

食品部：東京都千代田区岩本町 1-1-8　TEL 03-3863-8913
本　社：大阪市北区同心 2-10-5　TEL 06-6358-1181