

— 報 文 —

おからのケーキへの利用

井 上 吉 世

Application of Okara to Cake

Sachiyo INOUE

要 旨

おからはさまざまな機能性を有する。しかし、その大部分は産業廃棄物となっている。ケーキにおからを利用することを試みた。小麦粉の10%、20%および30%を乾燥おからで代替したケーキを調製し、それらの膨化状態、破断強度および官能評価による嗜好性を調べた。乾燥おからの代替含量が増すにつれ膨化は小さくなり、破断強度の値も小さくなった。官能検査の評価は小麦粉の30%を乾燥おからで代替したケーキは0%、10%、20%を乾燥おからで代替したケーキより明かに評価が低かった。これらの結果から20%までの代替が出来ることが示唆された。

キーワード：おから okara 膨化 expansion 破断強度 breaking strength
官能評価 sensory evaluation

緒言

おからは大豆を磨砕し加熱した後、豆乳を絞り取った残りである。したがって、おからには、大豆の皮や胚芽部分などの繊維質¹⁾がほとんど移行している。食物繊維は、便通を良くし有害物質の腸内滞留を防ぐほか、高コレステロールや肥満を予防する働きがあるとされている。また大豆タンパク質、イソフラボンなども残存し、栄養面でも機能食品としても優れている²⁾。しかし、生では日持ちがしないため家畜の飼料など、大部分が有効利用されずに食品産業廃棄物として処理されている、食環境問題からもその有効利用が求められる。国民健康・栄養調査の結果³⁾によると食物繊維やカルシウムは食事摂取基準を下回っており積極的に摂取することが望ましい。おからの再利用についてはクッキーやケーキなどの菓子に代替素材として使われるなど様々な研究^{4, 5)}がなされている。本研究では、おからの有効利用を試み、小麦粉の一部を乾燥おからで置き換えたケーキを試作し、ケーキの外観と食味について物理的特性と官能特性から検討した。

試料および実験方法

1. 試料

おからは乾燥おから（ビーンフラワー＃300，株式会社みすずコーポレーション，長野）を用いた，乾燥おからの組成を表1に示した。調製時に3倍量の水を加え水分を75%に調製して，生おからとして使用した。バターは雪印バター，鶏卵は市販新鮮卵，牛乳は北海道3.8牛乳，小麦粉は日清フラワー薄力粉，日清製粉（株），ベーキングパウダーはローヤルベーキングパウダー，鈴商（株）を用いた。

表1 乾燥おからの成分

成分	割合
水分	4.4
タンパク質	20.5
脂質	13.9
糖質	1.9
食物繊維	56.0
灰分	3.3

日本食品分析センター分析値

2. ケーキの配合と調製方法

実験に用いたケーキの配合割合を表2に示した。

① 対照ケーキ

ボールにバター90gを入れクリーム状になるまで練り，砂糖80gを加えて更に練った。卵黄2個，牛乳25mlを加えて混ぜ，小麦粉150gとベーキングパウダー1.5gを合わせてふるっておいたものに加えこねないように混ぜた。卵白2個を泡立てたものを加えてさっくり混ぜ，パウンド型（10×22×8）に流し入れ，落ち着けて，オーブングリルレンジ（東芝

表2 材料の配合割合 (g)

材料	小麦粉をおからに代替した割合			
	0%	10%	20%	30%
小麦粉	150	135	120	105
乾燥おから	0	15	30	45
水	0	45	90	135
バター	90	90	90	90
砂糖	80	80	80	80
全卵	100	100	100	100
牛乳	25	25	25	25
B. P. パウダー	1.5	1.5	1.5	1.5

BHO-321) 170℃下で40分焼いた。

② おからで代替したケーキ

ボールにバター90gを入れクリーム状になるまで練り，砂糖80gを加えて更に練った。卵黄2個，牛乳25mlを加えて混ぜ，次に小麦粉の10%，20%，30%を乾燥おからで代替したものとして，乾燥おから15g，30g，45gにそれぞれ3倍量の水を加えて均一に攪拌して生おからの状態にしたものに加え，更に均一に攪拌した後，小麦粉とベーキングパウダー1.5gを合わせてふるっておいたものを加えてこねないように混ぜた。卵白2個を泡立てたものを加えてさっくり混ぜ，パウンド型（10×22×8）に流し入れ，落ち着けて170℃のオーブンで40分焼いた。

3. 比容積の測定

焼後，室温で放冷し，ケーキの体積を菜種法⁶⁾により測定し，ケーキの体積を生地の重量で除して比容積を算出した。

4. 破断強度，硬さの測定

焼後，室温に放置後ケーキの中心部分から20mmの立方体に切り取り測定試料とした。レオ

メーター（株）山電製，RE-3305）により直径5mmの円筒形プランジャーで破断強度を測定した。加重は2kgf，測定速度は1mm/sec，圧縮率99%の条件で測定した。検定は一元配置分散分析後，Tukeyの方法による多重比較を行った⁷⁾。

5. 官能検査

おからの配合割合の異なる4種のケーキについて図1に示す項目で官能評価をおこなった。すなわち，硬さ，しっとり感，におい，食感，総合の5項目について5段階尺度で評価した。評価の付け方は1点：非常に好ましくない，2点：やや好ましくない，3点：普通，4点：やや好ましい，5点：非常に好ましいとした。パネルは本学学生25名で行った。各試料間の評価はスティール・ドゥワス（Steel-Dwass）の方法による多重比較を行った⁸⁾。

結果および考察

1. ケーキの膨化について

小麦粉の一部をおからで代替したケーキの膨化状態を焙焼後の比容積で図2に示した。また，ケーキの縦断面の写真を図3に示した。おからの代替率が0%，10%，20%，30%と増すに伴い比容積は2.4，2.2，1.8，1.6となり膨化が小さくなり，上部中心部の膨らみは丸味のある状態から30%では平坦な状態となった。対照ケーキに比べて，気孔の状態は，おからの配合割合が高くなるほど気孔が扁平な状態となった。ケーキのスポンジ組織形成には鶏卵や小麦粉のタンパク質とともにデンプンの糊化状態が影響する⁹⁾。また，不溶性食物繊維が加わることによって生じる食品組織の不均一性については，乾燥おからを湯で戻して生おからの状態に近づければ，かなり低下したと報告している⁴⁾。おから

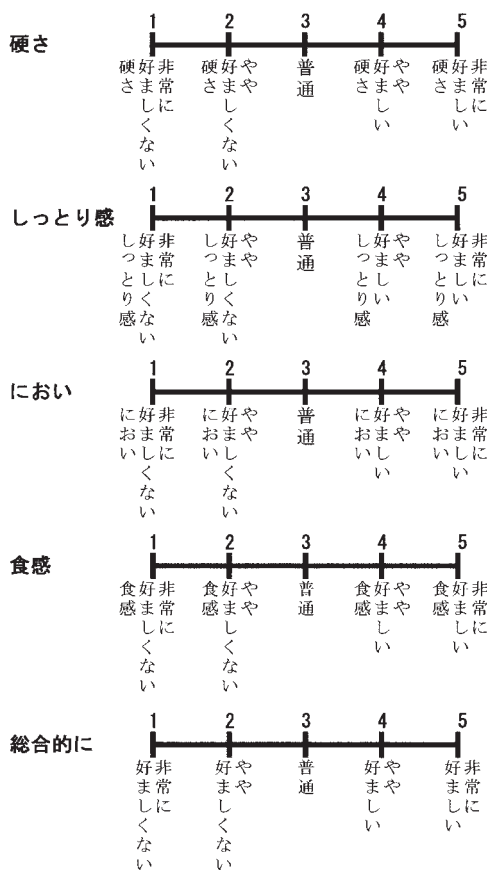


図1 官能検査用紙

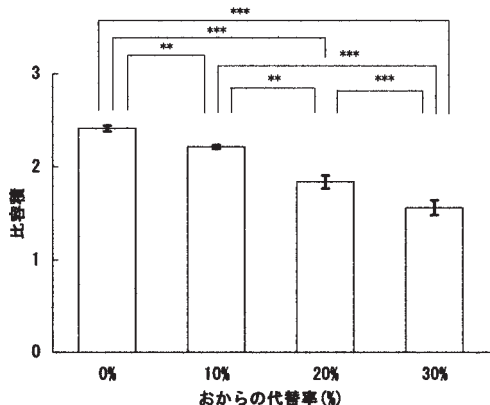


図2 おからの代替率の違いによる比容積の変化
Data are expressed as the mean ±SD, n=5,
*** : p<0.001. ** : p<0.01

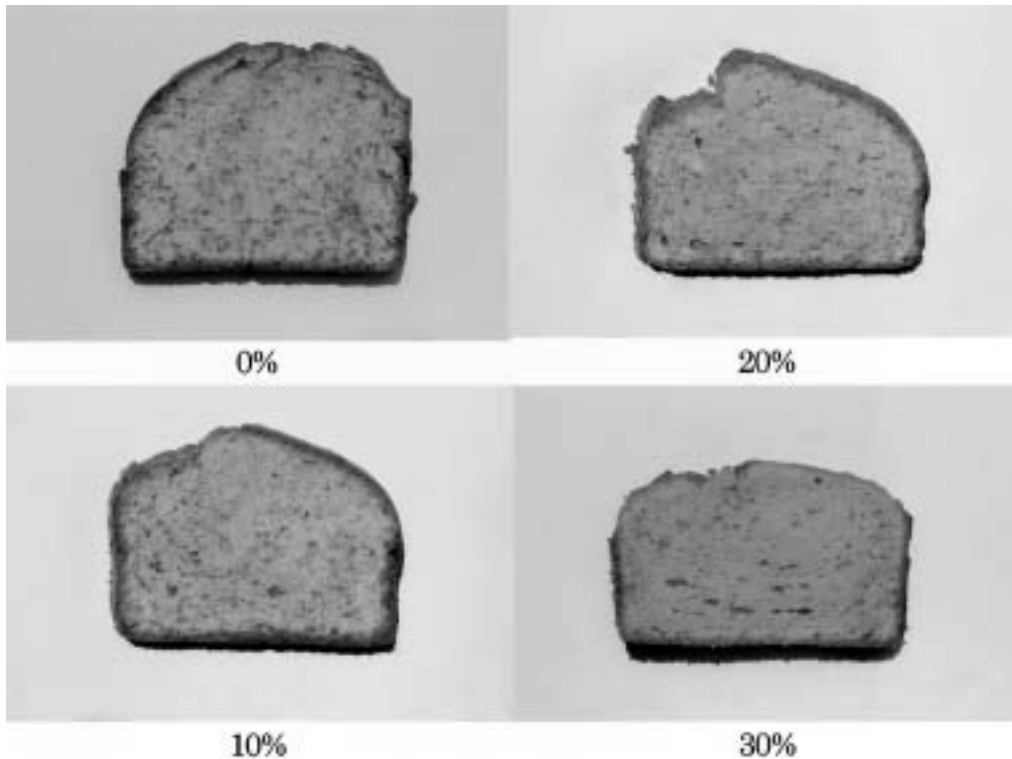


図3 おからの代替率の異なるケーキの断面

が小麦粉やデンプンと質的に異なる点は、水を加えて加熱するとタンパク粒やデンプン粒は粒子内の分子間に吸水を生じて粒子が崩壊し、さらに混合すれば分散し食品組織は均一な状態になるが、おからに含まれる不溶性食物繊維は、水を加えて加熱しても膨潤するが、分子の集合状態はほとんど変化せずに分散しないため食品組織の均一化は不可能である。しかし、添加したおからを調理操作によって十分に混合し、おからの不溶性食物繊維の周辺をタンパク質やデンプンが取り囲む状態に換えれば、不溶性食物繊維は幾分散状態がよくなる⁴⁾。おからケーキの調製では、添加するおからを十分に生地分散させるように混捏し、おから添加のタイミングは小麦粉添加の直前とした。おからの代替率が30%に増すと小麦粉減量と生地中の水分含量増加の影響が見られ、膨化が小さくなったと思われる。多孔質状の組織（スポンジ状）の食品において容積の増加と、それを構成する気孔の分布状態は品質の上で重要な特性¹⁰⁾である。おからの代替率30%では不均一な気孔とともに膨化が妨げられ不十分な状態が見られた。

2. おからの代替率の多少と物性について

小麦粉の一部をおからで代替したケーキと対照ケーキの内相の硬さの違いを調べるため破断強度解析により、圧縮率99%の条件で測定したところ、波形のカーブは対照ケーキとおからの代替割合が異なるケーキ間では圧縮率50%地点から違いが見られたので、圧縮率50%、80%お

よび90%で再解析を行った。結果を図4に示した。破断点以降圧縮率50%地点の測定(図4-A)において、荷重値は代替率10%, 20%および30%のケーキは似通った値であった。圧縮率80%では対照ケーキの荷重値はおからでの代替率10%では1%の危険率で、代替率20%, 30%では0.1%の危険率で有意差が認められ、代替したケーキの荷重値は10%, 30%, 20%と低くなった。代替率30%が少し硬く測定されたのはスポンジ生地内部の気孔が少なく膨化が不十分であることによるものと思われる。(図4-B)。圧縮率90%, すなわち、口のなかで最後にケーキを噛む時の状態と考えられる荷重値は、対照ケーキはおからで代替したケーキより有意に高い値であった。おからの代替率が増すほど低い値となったが代替率10%と30%では0.1%の危険率で有意差が認められたが、10%と20%では有意差は認められなかった。(図4-C)。

3. おからの代替率の違いと食味について

小麦粉の一部をおからで代替したケーキの嗜好性をみるため官能評価を行い結果は図5に示した。図5に4種類ケーキの各評価項目の評点平均値を示した。硬さ、しっとり感、におい、食感および総合評価のすべての項目において代替率0%, 10%および20%は30%おからで代替したケーキより0.1%の危険率で有意差が認め

られ、好まれた。代替率0%, 10%および20%を比較すると硬さ、食感および総合評価で10%が最も好まれ次に0%, 20%の順であった。しっとり感においては10%が最も好まれ、20%, 0%は同程度の好ましきであった。においに関しては0%が最も好まれ次に10%, 20%の順であった。食感、歯ざわりに関連する力学特性の硬さは、おからでの代替率が10%, 20%, 30%と増加するにつれ低い値であったが、代替率10%のケーキが最も好まれた。

ケーキの嗜好性に関しては、軟らかさとしっとり感は重要な要因となる。乾燥おからをケーキの小麦粉に代替したところ、おからでの代替率が10%, 20%, 30%と増すほど軟らかくなることは物性値としての硬さの荷重値で示された。しっとり感も代替率が増すほど強くなったが

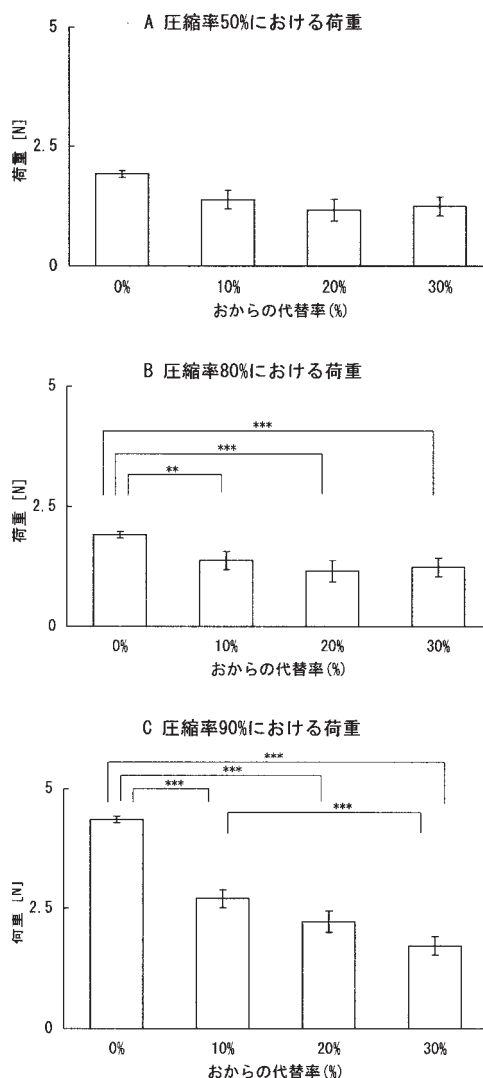


図4 おからの代替率の違いによる硬さの変化
Data are expressed as the mean \pm SD, n=5, *** : p<0.001. ** : p<0.01

20%までの代替率が好まれた。このことは、図3の断面の写真からも20%まではしっとり感のあるスポンジ状組織を保持した良好なケーキであったことと合致した。おから特有のにおいについてはマスキングするものの添加などの工夫が考えられる。

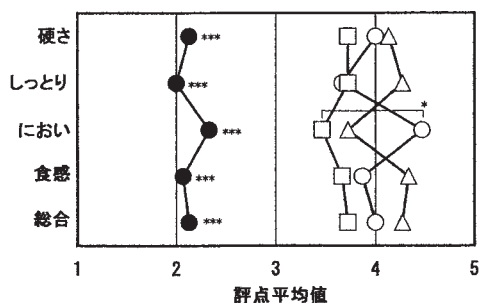


図5 代替率の異なるケーキの官能評価 n=25, ***: p<0.001 vs 0%, 10%, 20% *: p<0.05
○—0%, △—10%, □—20%, ●—30%

要約

付加価値の高い機能性食品素材であるとされているおからの有効利用を目的としてケーキの小麦粉の一部を乾燥おからで代替したケーキを調製し、以下のような知見が得られた。

- (1) おからでの代替率が多くなるにつれてケーキの膨化状態は小さくなり、代替率30%では外観上部の膨らみは平坦な状態となり、内層の気孔は扁平であった。
- (2) レオメーターによる破断強度の測定より、ケーキの硬さはおからでの代替率が多くなるにつれて柔らかくなった。
- (3) おいしさに関わる官能評価をおこなったところ、おからで10%代替したケーキが最も評価が良かった。30%代替したケーキの嗜好は低い評価を得た。おから特有のにおいは好まれなかった。

本研究を実施するにあたり、ケーキ試料調製に尽力いただいたゼミ学生、またレオメータ測定に御協力いただいた白築妙子助手に深く感謝の意を表します。

文献

- 1) 文部科学省科学技術学術審議会資源調査分科会報告「五訂増補日本食品標準成分表」, 女子栄養大学出版社, 62-63 (2007)
- 2) 福田 満, 杉原好枝, 伊藤みどり, 堀内理恵, 浅尾弘明, オカラがラットの血中および肝臓脂質濃度に及ぼす影響, 日食工誌, 53, 195-199 (2006)
- 3) 厚生労働省平成16年国民健康栄養調査報告健康・栄養情報研究会編, 第一出版, 東京, 247, 266-268
- 4) 福田 満, オカラの有効利用について—微粒子化した粉末オカラを添加した食物繊維含有食品の製造, 調理食品と技術, 7, 150-156 (2001)
- 5) 松尾真砂子, 加熱・ペースト化したおからテンペのパンケーキやコロケ素材としての利用, 家政誌, 58, 41-47 (2007)
- 6) 松元文子, 吉松藤子, 四訂調理実験, 柴田書店, 東京, 136 (1989)
- 7) 永田 靖, 吉田道弘, 統計的多重比較法の基礎, サイエントリスト社, 東京, 35-40 (1997)
- 8) 永田 靖, 吉田道弘, 統計的多重比較法の基礎, サイエントリスト社, 東京, 67-70 (1997)
- 9) 楠瀬千春, スポンジケーキ・パンの気孔構造の形成へ及ぼす気泡と澱粉粒の相互作用, 日調科誌, 37, 135-142 (2004)

- 10) 合谷祥一, 有内尚子, 川染節江, 山野善正, 画像解析による膨化食品のすだちの計測, 日食工誌, 39, 749-754 (1992)