乾燥おからの添加がケーキの食味と物性に及ぼす影響

井上吉世*・安藤真美**・北尾 悟**

(*神戸女子短期大学, **大阪樟蔭女子大学大学院人間科学研究科)

Effect of addition of dry okara on the taste and properties of cake

Sachiyo Inoue*, Mami Ando**, Satoshi Kitao**

*Kobe Women's Junior College, 4-7-2, Minatojimanaka-machi, Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo, 650-0046

**Division of Human Dietetics Graduate School of Human Science Osaka Shoin Women's University, 4-2-26, Hishiyanishi, Higashi-Osaka, 577-8550

*〒650-0046 神戸市中央区港島中町 4-7-2

**〒577-8550 東大阪市菱屋西 4-2-26

Okara contains several kinds of functional substances, but most of it is treated as industrial waste. We investigated the effect of adding dry okara on the taste and properties of cake.

An increasing amount of dry okara resulted in cakes with a decreasing specific loaf volume and cohesiveness. The decreasing cohesiveness corresponded to the result of a sensory evaluation. Changes in the adhesiveness and hardness were not detected by rheological measurements.

No significant difference in the total sensory evaluation scores was detected between the ordinary cake and cake with added dry okara.

1. 緒 言

おからは原料大豆を水で浸漬、加水、磨砕した「呉」を加熱した後、豆乳を絞りとった残りである。豆腐、油揚げ等の製造工程で大量に生じる。おからの産出量は年間約60～65万トンにも達している¹⁾。食材としておからが食される量はごくわずかで、家畜の飼料または肥料として用いられ、大部分は食品産業廃棄物として処理されている。しかし、おからには、大豆の皮や胚芽部分などの繊維質²⁾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、高コレステロール血症や肥満を予防する働きがあるとされている。大豆タンパク質、イソフラボンなども残存し、栄養面でも機能性食品としても優れている^{3,4)}。近年、おからを出さない豆腐製造法が注目され研究・開発されている^{5,6)}が食環境問題からもおからの有効利用が求められる⁷⁾。国民健康・栄養調査の結果⁸⁾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^{9,10,11)}がなされている。おからの有効利用を目的として、前報において¹²⁾小麦粉の一部を乾燥おからで代替したケーキを調製し、官能評価の結果から、小麦粉の20%までを乾燥おからで代替することが嗜好的に可能であると示唆された。小麦粉の10%を乾燥おからで代替したケーキは嗜好的に最も評価が良かった。本報では乾燥おからをケーキに添加し、添加量の違いがケーキの物性と食味に与える影響について物理的特性と官能特性から検討した。

2. 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%に調整して、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、小麦粉は薄力粉(日清製粉, フラワー印)、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

表2 材料の配合割合

材料	乾燥おから添加比率 (g)			
	0 %	5.0 %	10.0 %	15.0 %
薄力粉	120	120	120	120
乾燥おから	0	6	12	18
水	0	18	36	54
バター	80	80	80	80
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
全材料合計	406.5	430.5	454.5	478.5

乾燥おから添加比率：薄力粉に対する乾燥おからの比率

(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80g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120g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個を泡立てたものに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、コンビネーションレンジ(ハーマン DR514E)170℃下で40分焼いた。

②おから添加ケーキ

ボールにバター80g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5%、10%、15%の乾燥おからを添加したものとして、乾燥おから6g、12g、18g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に加えてこねないように混ぜた。卵白2個を泡立てたものに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、コンビネーションレンジ(ハーマン DR514E)170℃下で40分焼いた。

(3) ケーキの比容積

焙焼後、室温で2～3時間放冷し、ケーキの体積を菜種法¹³⁾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) 色調の測定

焙焼後、室温で2～3時間放冷後、ラップフィルムで覆い、一晚室温で保存した。各々のケーキの中心部から試料片を8個ずつ切り出して測定に供した。測色色差計(日本電色工業Z-300A)を用い、反射法によりHunter表色系のL, a, b値を求めた。

(5) テクスチャーの測定

焙焼後、室温に2～3時間放置後、ラップフィルムで覆った後、ビニール袋に入れ、一晚室温で保存した。ケーキの中心部分から縦横25mm、高さ20mmに切り取り測定試料とした。レオメーター((株)山電製, RE-33005)のテクスチャー解析法により、硬さ、凝集性、付着性の測定を行った。測定条件は直径16mmの円筒形プランジャーを用い、加重は2kgf、歪み率は50%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¹⁴⁾。

(6) 官能評価

おからの添加割合の異なる4種のケーキについて5段

図1 乾燥おからの添加量の違いによる比容積の変化

図2 乾燥おからの添加量が異なるケーキの断面図

(a)おから無添加, (b)おから5%添加, (c)おから10%添加, (d)おから15%添加

表3 乾燥おからの添加量がケーキの色調に与える影響

乾燥おから添加比率 (%)	L 値	a 値	b 値
0	74.32±1.52	3.09±0.50	41.41±1.59
5	75.08±1.80	0.67±0.87	41.01±1.65
10	76.24±1.07	0.59±0.39	40.92±1.17
15	76.07±1.42	0.13±0.49	38.47±0.56

n = 8

n=10

図3 乾燥おからの添加量の違いによるケーキの硬さ荷重の変化

***: $p < 0.001$ n=10

図4 乾燥おからの添加量の違いによるケーキの凝集性の変化

階評価の評点法を用いて識別試験と嗜好試験を行った。すなわち、識別試験では、軟らかさ（軟らかいー硬い）、しっとり感（強いー弱い）、風味（強いー弱い）、きめ（密ー粗）の4項目について対照ケーキを基準0点として+2点から-2点で表した。嗜好試験では軟らかさ、しっとり感、風味、総合の4項目について5段階評価の評点法を用いた。評価の付け方は対照ケーキを基準0点として、+2点：非常に好ましい、+1点：やや好ましい、-1点：やや好ましくない、-2：非常に好ましくないとした。パネルは調理関係の教職員25名（30～58歳の女性、平均年齢38歳）で行った。各試料間の評価はスティール・ドゥワス（Steel-Dwss）の方法による多重比較を行った¹⁵⁾。

3. 結果および考察

(1) おからの添加がケーキの外観に与える影響

おから添加ケーキの膨化状態を焙焼後の比容積で図1に、ケーキの縦断面の写真を図2に示した。おから添加率が0%, 5%, 10%, 15%と増すに伴い比容積は1.75, 1.65, 1.48, 1.36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15%ではやや平坦な状態となった。対照ケーキに比べて、内相の状態は、おから添加割合が15%になるときめが細かく詰まった状態となった。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¹⁶⁾。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、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しがたい。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か分散状態がよくなる⁹⁾。おからケーキの調製では、添加するおからを十分に生地中に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。比容積がおからの添加で減少したのは、おからに含まれる不溶性食物繊維と生地中の水分含量増加が卵白の気泡を消失し膨化を抑制したためと推定される。

おから添加ケーキの内相の色調を表3に示した。対照ケーキに比べて明度の値は若干大きく、おから添加率が増加するほど色相のa値の赤味度、b値の黄味度がともに減少し色が明るく、薄くなる色合いであった。おからはグルコースをほとんど含まない³⁾のでメイラード反応に関与しなかったものと推察した。

(2) おからの添加量がテクスチャーに及ぼす影響

①硬さ

おから添加ケーキの硬さ荷重値を対照ケーキと比較し、図3に示した。おからの添加により硬さ荷重値は低下する傾向がみられたが、対照ケーキと有意な差は認められなかった。このことは、小麦粉の量が一定であること、小麦粉はケーキの構造を形成する基礎材料であり¹⁷⁾、おからの添加量を15%まで増加しても値の変化は小さく差が認められなかったものと推察した。

②凝集性

凝集性の結果を図4に示した。10%, 15%とおから添加量が増加すると凝集性の値は有意に低下した。凝集性は、焼成ケーキ組織の内部結合力、加圧に対する保形性の強弱を表す値ともみられる。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、その結果、もろい状態となり凝集性の低下になったものと推察した。

③付着性

乾燥おからの添加がケーキの食味と物性に及ぼす影響

n=10

図5 乾燥おからの添加量の違いによるケーキの付着性の変化

表4 乾燥おから添加ケーキの官能検査結果

(識別試験)

乾燥おからの添加量%	軟らかさ	しっとり感	風味	きめ
識別対照 0	0	0	0	0
5	0.55 ± 0.93 ***	0.64 ± 0.67 ***	0.09 ± 1.04	0.27 ± 1.01 ***
10	0.55 ± 1.13 **	0.64 ± 1.03 **	-0.64 ± 0.92 *	0.55 ± 1.13 **
15	1.73 ± 0.47 *	1.73 ± 0.47 *	-0.82 ± 1.25	1.73 ± 0.47 *

n = 25, *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001

(嗜好試験)

乾燥おからの添加量%	軟らかさ	しっとり感	風味	総合
嗜好対照 0	0	0	0	0
5	0.91 ± 0.94 *	0.64 ± 1.03	0.45 ± 0.93	0.55 ± 0.82
10	0.27 ± 1.01	0.27 ± 0.90	-0.09 ± 0.83	-0.09 ± 0.94
15	0.36 ± 1.57	0.18 ± 1.47	-0.36 ± 1.21	0.09 ± 1.51

n = 25, *: p < 0.05

付着性の結果を図5に示した。おから添加量が増加すると付着性は増加傾向にあった。生地中の水分含量を五訂日本食品標準成分表から算出すると対照ケーキは32.4%，5%おから添加ケーキは34.8%，10%おから添加ケーキは36.9%，15%おから添加ケーキは38.8%であることから水分含量の影響と考えられた。

(3) 官能評価

おから添加量の違いによるケーキの食味特性の官能評価を評点法で行い結果は表4に示した。評価は対照を評点0として、各々の評点平均値を示した。識別試験では、軟らかさの項目で15%添加ケーキと対照ケーキとの間では0.1%の危険率で15%添加ケーキが軟らかいと識別され、15%添加ケーキと5%添加ケーキ間では1%の危険率で15%添加ケーキが軟らかいと識別された。また15%添加ケーキと10%添加ケーキ間では5%の危険率で15%添加ケーキが軟らかいと識別された。テクスチャー測定で硬さ荷重値に有意な差がなかったにも関わらず、軟らかさが識別されたことについては、おから添加量が多くなるにつれて物性値としての凝集性が小さくなり、食べたときポロっとしたもろさの感覚が口の中で軟らかいと感じられたものと推察する。しっとり感については、おから添加量が多くなるほど強くなることが識別され、物

性値としての付着性とほぼ一致していた。風味は、おから添加量が多くなると弱いと識別された。15%おから添加ケーキと対照ケーキとの間では5%の危険率で15%添加ケーキは風味が弱いと識別され、バターの風味より大豆臭が強く感じられたためと思われる。きめはおから添加量が多くなるにつれ密であることが識別された。

嗜好試験では、軟らかさの項目で5%おから添加ケーキと対照ケーキ間で5%の危険率で5%添加ケーキがやや好ましい軟らかさであったが、他の項目では対照ケーキとおから添加ケーキ間で嗜好的に有意差は認められず同程度の好ましさを示した。

表1の乾燥おからの成分値と五訂増補日本食品標準成分表²⁾を参考にケーキの食物繊維総量を算出したところ、15%おから添加ケーキの食物繊維総量は対照ケーキの4.4倍多かった。15%おから添加ケーキ1/10切れ当たりの食物繊維総量は1.3g，カルシウムは21.5mgであった。

4. 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乾燥おからを添加したケーキを調製し、乾燥おからの添加量の違いがケーキの物性

と食味に与える影響について物理的特性と官能特性から検討し、以下のような知見が得られた。

(1) おからの添加量が多くなるにつれてケーキの膨化状態は小さくなり、添加量15%では外観上部の膨らみはやや平坦な状態となり、内相はスポンジ状が密であった。色調は明るく、薄くなる傾向であった。

(2) テクスチャーの測定から、ケーキの硬さは対照ケーキとおから添加ケーキ間では有意差がなかったが、おから添加量が多くなるにつれて凝集性の値は有意に低くなり、付着性は高くなる傾向がみられた。

(3) おいしさに関わる官能評価をおこなったところ、15%おから添加ケーキは嗜好の面では対照ケーキと同程度の好ましきであった。

文 献

- 1) 鎌田栄基：乾燥オカラを取り巻く状況，食品工業，**46**，6，53-58 (2003)
- 2) 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)
- 3) 金子憲太郎：おからなどの未利用資源の有効利用，食品と科学，**11**，89-92 (1994)
- 4) 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，食科工，**53**，195-199 (2006)
- 5) 添田孝彦，石井智穂，山崎勝利，村瀬和良：豆腐物性に及ぼすトランスグルタミナーゼの影響，食科工，**42**，254-261 (1995)
- 6) 岑友里恵，吉原志保，村上香織，東 敬子，那須さやか，田中友恵，福永公寿，佐伯 隆，澤野悦雄：固定化トランスグルタミナーゼを用いたおから乳含有豆乳からの豆腐の調製，食科工，**53**，39-47 (2006)
- 7) 岸田忠昭：食環境とリサイクル，「食環境と健康」，第1版，辻啓介編著，第一出版，東京，53-61 (2000)
- 8) 健康・栄養情報研究会編：平成16年国民健康栄養調査報告，第一出版，東京，**247**，266-268 (2004)
- 9) 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)
- 10) 松尾眞砂子：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)
- 11) 堀内理恵，杉原好枝，福田 満：乾燥オカラ添加が製パン性に及ぼす影響，日本食生活学会誌，**14**，328-338 (2004)
- 12) 井上吉世：おからのケーキへの利用，神戸女子短期大学「論攷」，**53**，1-7 (2008)
- 13) 松元文子，吉松藤子：四訂調理実験，柴田書店，東京，p. 136 (1989)
- 14) 永田 靖，吉田道弘：統計的多重比較法の基礎，サイエンティスト社，東京，35-40 (1997)
- 15) 永田 靖，吉田道弘：統計的多重比較法の基礎，サイエンティスト社，東京，67-70 (1997)
- 16) 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)
- 17) 下村道子，和田淑子：調理学実験書，光生館，東京，24-25 (2000)