

# 鉄添加うるち米粉ケーキの 物理的特性と嗜好評価

磯貝 知美・飯塚 舞・小川 睦美

The Palatability and the Physical Characteristic of the Cake  
Made from Powder of Rice with Iron

Tomomi ISOGAI, Mai IIDUKA and Mutsumi OGAWA

In order to increase rice consumption we used the powder of nonglutinous rice and experimentally prepared (baked or steamed) 9 kinds of both orange flavor and green tea flavor cakes including cakes that had iron added. We then considered the influence the iron had on the physical and sensory properties of these cakes.

In sensory tests the orange flavored cakes were liked a little better than the green tea flavored ones, and baked ones were preferred to steamed ones. Also, the orange cakes with iron added were unanimously voted to be palatable.

The cake with added iron when cooked expanded slightly more than the cake without iron and had more elasticity and greater rupture energy.

From the result that the addition of iron did not affect the palatability, we believe this orange cake with iron is a marketable product.

*Key words:* nonglutinous rice powder (うるち米粉), sponge cake (スポンジケーキ), iron (鉄), sensory test (官能検査), rupture energy (破断強度)

米は古来よりわが国の主食であり、最も自給率の高い穀物である。しかし、昭和50(1975)年から平成12(2000)年頃までの25年間、米類の摂取量は徐々に減少してきた。例えば、食品群別摂取量の年次推移(表1)をみると、昭和50年には米の摂取量が1人あたり1日248.3gであったのに対し、2000年には160.4gにまで減少しているし、エネルギーの食品群別摂取構成比(図1)では、穀類エネルギー比が1975年の49.2%から2000年の41.4%に減少しており、中でも米類のエネルギー比は39.2%から29.0%とその減少は著しい。若年層では、炊飯器を持たないなどのメディア報道もあり、この米離れを食い止める方策が様々なされてきた結果、平成14(2002)

年の国民栄養調査結果<sup>1)</sup>では摂取量が1人1日あたり353.6g、米及びその加工品からのエネルギーが30.7%と持ち直している。

一般に、米類の摂取量が減少し、穀類の摂取エネルギー比率が減少すると、油脂や動物性食品の摂取エネルギー比率が増加傾向を示し、生活習慣病の一因にもなりかねない。米を摂取するメリットは、このような生活習慣病予防の観点からも重要である。また、米の摂取量を増やすこと、すなわち消費拡大の必要性は、このほかに自給作物の確保という意味からも重要である。

米の消費を拡大するための方法としては、①米そのものの摂取量を増やす方法、②小麦製品を米粉に

表1 食品群別摂取量の年次推移 (平成14年 国民栄養調査結果)

1人1日当たり(g)

	昭和50年 1975	55年 1980	60年 1985	平成2年 1990	7年 1995	9年 1997	10年 1998	11年 1999	12年 2000	13年 2001	14年 2002
穀類	248.3	225.8	216.1	197.9	167.9	165.4	164.8	162.4	160.4	356.3	353.6
米・米加工品	90.2	91.8	91.3	84.8	93.7	92.2	90.9	89.8	94.3	99.6	98.0
小麦・小麦製品	60.9	63.4	63.2	65.3	68.9	69.4	71.5	67.7	64.7	63.0	62.5
いも類	14.6	12.0	11.2	10.6	9.9	9.7	9.5	9.5	9.3	7.2	7.2
砂糖類	70.0	65.4	66.6	68.5	70.0	70.9	72.5	70.4	70.2	57.2	58.9
豆類	48.2	51.0	73.9	77.2	94.0	91.6	87.9	94.2	95.9	93.6	88.9
緑黄色野菜	198.5	200.4	187.8	173.1	196.2	183.5	186.7	196.1	194.2	185.9	180.8
その他の野菜	193.5	155.2	140.6	124.8	133.0	130.8	115.5	119.4	117.4	132.0	124.3
果実類	4.9	5.1	5.6	6.1	5.3	5.2	6.0	5.5	5.5	13.5	14.6
海藻類	94.0	92.5	90.0	95.3	96.9	98.2	95.9	94.3	92.0	94.0	88.2
魚介類	64.2	67.9	71.7	71.2	82.3	80.3	775.0	78.4	78.2	76.3	77.5
肉類	41.5	37.7	40.3	42.3	42.1	40.8	40.5	40.4	39.7	36.8	36.5
卵類	103.5	115.2	116.7	130.1	144.4	134.8	135.0	37.0	127.6	170.0	168.5
乳類	15.8	16.9	17.7	17.6	17.3	17.0	16.0	16.5	16.4	11.3	10.9
油脂類	29.0	25.0	22.8	20.3	26.8	24.2	24.3	23.1	22.2	26.7	26.5
調味嗜好飲料	119.7	109.4	113.4	137.4	190.2	189.4	193.1	185.9	182.3	509.3	531.6
調味料										83.5	87.5

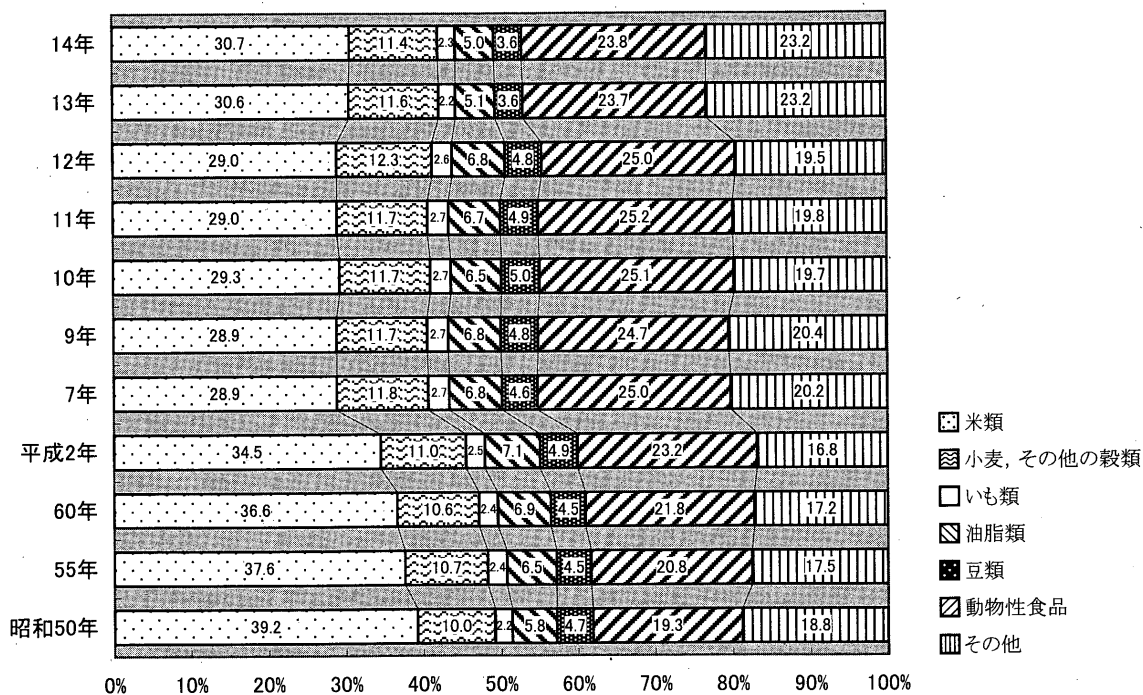


図1 エネルギーの食品群別摂取構成比

代替して製品化する方法がある。①では、例えばコンビニエンスストアなどで販売されているにぎり飯や弁当の開発、レトルトカレーや丼の具などの「ご飯にかけるだけ」の具材の開発、冷凍ご飯など、炊飯の手間なく簡単に摂取できる飯の開発などを検討することである。これは、ファストフード産業や、コンビニエンスストアなどの台頭により、明らかに成功を収めているといえよう。一方②は、パンやパスタなどの小麦製品に使用されている小麦粉を、米

粉に代替させた製品の開発を検討することである。主食の形も様々に変化している現在、これも有効な方法であり、米粉を用いたパンが市販されたりしている。当研究室でもこれまでにいくつかの製品において、小麦を米粉に代替させる②の方法を検討してきた2)~4)。

消費拡大の観点からすれば、主食となりうる小麦粉製品、たとえばパンやパスタを題材として選択することが妥当であると考えられたが、流行に敏感な

女子高生、女子大生の購買意欲をかきたてるものを作りたい、健康志向やダイエット願望も満たしうるものをつくりたいと考え、カステラ、スポンジケーキをとりあげることにした。スポンジケーキは作製のための操作手順が簡便であり、米粉の使用量を増減させることが可能であり、また、添加材料を検討することで様々な製品を作り出すことが可能である。

試作の段階で、米粉を用いたスポンジケーキでは、米臭が際立ち、嗜好性を低めてしまうことが明らかとなり、米臭さを消すためにオレンジピールおよびオレンジキュラソーまたは青汁粉末（抹茶風味）を添加した。さらに、特定の栄養素を強化することで食品としての付加価値をつけることを目的に、強化成分として、特に若年女性に不足しがちな栄養素である鉄を選び、鉄添加うるち米粉ケーキを試作した。

今回、これらの風味成分及び鉄剤が米粉ケーキの食味や物性に与える影響を検討したので報告する。

## 試料・実験方法

### 1. 材 料

米粉は新潟米のうるち米粉（たかい食品株式会社）を用いた。ケーキの基本材料である鶏卵（神奈川県中央養鶏農業協同組合、Lサイズ）、上白糖（日新製糖株式会社、カップ印）、牛乳（雪印乳業株式会社、成分無調整、無脂乳固形分8.3%以上、乳脂肪分3.5%以上）、無塩バター（明治乳業株式会社）は世田谷区内のスーパーで購入したものをを用いた。香味材料としては、オレンジピール（中国産、輸入元：正栄食品工業株式会社）、オレンジキュラソー（サントリー株式会社、アルコール分4.0%）、および青汁粉末（株式会社東洋新薬）を用いた。また、添加材料として用いた鉄剤は、サンアクティブFe-P80（白色から淡黄色の粉末、ピロリン酸第二鉄 $80.0 \pm 4.0 \text{ mg/g}$ 含有）を太陽化学株式会社より提供いただいた。

### 2. ケーキの調製方法

表2にスポンジケーキの材料及び分量を示した。基本的なスポンジケーキの調製法は以下の通りである5)。

まず、卵をボウルに割り、上白糖、牛乳を一度に

表2 スポンジケーキの材料と分量

材 料	オレンジケーキ			青汁ケーキ	
	60	60	60	60	60
うるち米粉 (g)	60	60	60	60	60
卵 (個)	3	3	3	3	3
砂糖 (g)	80	80	80	80	80
牛乳 (g)	10	10	10	10	10
バター (g)	10	10	10	10	10
オレンジピール (g)	0	*	*	0	0
オレンジキュラソー (g)	10	10	10	0	0
青汁粉末 (g)	0	0	0	9	9
鉄 (g)	0	1	2	0	1

\*官能検査用ケーキのみ15g添加

加え、3段階切り替えのハンドミキサー（松下電器産業株式会社）の3（高速）で13分間攪拌して泡立てた。その後、1（低速）に切り替え1分間攪拌した。合計で14分間攪拌したが、これは、このハンドミキサーを使用した場合、14分間攪拌した時に最も泡の比重が軽くなることを確認した結果である。

泡立てた卵に、うるち米粉をふるいながら加え、軽く混ぜた。次にオレンジピールまたは青汁の粉末を加え、生地を練らないように注意しながらしっかりと混ぜ合わせた。鉄剤を添加する場合は鉄剤をふるい入れ、さらに混ぜ合わせた。最後に溶かしバターを加え均一に混ぜた。オレンジキュラソーはバターと一緒に加えた。生地を底面 $9 \times 19 \text{ cm}$ 、高さ6cmの直方体のケーキ型に流し込み、軽くたたいて空気を抜いた。尚、オレンジピールは官能試験用のものみに加えた。

これらの生地をそれぞれ、 $170^\circ \text{C}$ のオーブン（株式会社いすゞ製作所、熱風循環式定温恒温器そよかぜ）で25分間焼く場合と、蒸し器で15分間強火で蒸す場合との2通りの加熱方法で調製した。ただし、オレンジケーキ鉄剤2g添加の生地については、オーブンで焼いたもの1種類のみとした。

以下、オレンジ風味のケーキでは、焼いた鉄剤無添加ケーキをオ・1、焼いた鉄剤1g添加ケーキをオ・2、蒸した鉄剤無添加ケーキをオ・3、蒸した鉄剤1g添加ケーキをオ・4、抹茶風味の青汁粉末ケーキでは、焼いた鉄剤無添加ケーキをア・1、焼いた

鉄剤1g添加ケーキをア・2, 蒸した鉄剤無添加ケーキをア・3, 蒸した鉄剤1g添加ケーキをア・4とした。また, オレンジ風味で焼いた鉄剤2g添加ケーキはオ・5と表記した。

### 3. 官能検査

#### 1) 順位法による官能検査

鉄材添加により付加価値をつけたスポンジケーキについて, いずれの風味が好まれるか, 評価を行った。

本学生生活科学科の助手及び学生36名を対象に, 順位法による官能検査を行った。実施日は平成14年8月23日(金), 26日(月), 27日(火)の3日間であった。比較した試料は, 鉄材を添加したオ・2, オ・4, ア・2, ア・4のケーキである。

試料は各種類とも, 加熱後室温にて30分放置し, 放熱後, ラップを掛け市販のフリージング用ポリエチレン製の袋(旭化成工業株式会社, ジップロック, 以下保存にはすべてこの製品を使用)に入れ冷凍庫に保存した。保存期間は最大で5日間とした。検査の際は, 図2の様に切り分けた状態で解凍させたものを用いた。尚, ケーキの両端は切り落とした。

4種類のケーキにA, B, C, Dの記号をつけ, 白い紙皿にのせて供した。

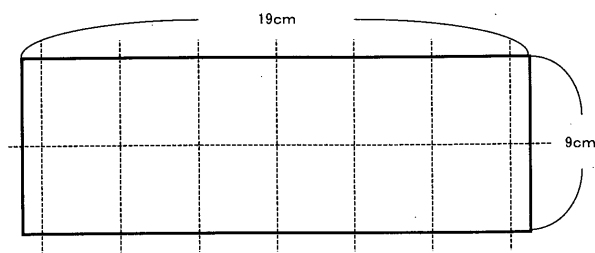


図2 官能検査用ケーキの裁断図

#### 2) 3点比較法による官能検査

オレンジ風味のケーキに添加した鉄剤量について評価を行った。これは, ケーキ1切れで1日の鉄所要量を満たすことが可能か否かを検討する目的である。

本学生生活科学科の助手及び学生36名を対象に, 3点比較法による官能検査を行った。実施日は平成14

年9月5日(木), 6日(金)の2日間であった。比較した試料は, 鉄剤添加のオ・2とオ・5ケーキである。

供試試料は上記3.1)と同様に準備した。ただし, 鉄剤の添加量が多いケーキでは, 表面の焼き色が明らかに異なるため, ケーキの外側(上部, 下部, 側面)をすべて切り落とし, スポンジ内部のみを使用することとした。

白い紙皿にA, B, Cの記号をつけ, オ・2ケーキとオ・5ケーキを載せて供した。組み合わせは6通りであった。

#### 3) 嗜好意欲評価尺度による官能検査

本学生生活科学科の助手及び学生36名を対象に, オ・5ケーキに対する嗜好意欲評価尺度による官能検査を行った。実施日は平成14年9月5日(木), 6日(金)の2日間であった。

試料は, 3.1)と同様に準備した。12等分したケーキはアルミカップにのせ, 3.2)の官能検査を実施した直後に, 引き続き供した。

### 4. 物性測定

オレンジ風味のスポンジケーキ5種(焼いた鉄剤無添加ケーキ; オ・1, 焼いた鉄剤1g添加ケーキ; オ・2, 蒸した鉄剤無添加ケーキ; オ・3, 蒸した鉄剤1g添加ケーキ; オ・4, 焼いた鉄剤2g添加ケーキ; オ・5)について, 物性測定を行った。各ケーキとも8本ずつ用意し, 以下の項目について測定を行った。1試料につき2回の測定を行い, 平均値を1試料の測定値とした。

加熱後のケーキは型から出し, 室温にて30分放冷の後, ケーキ全体の重量を測定した。次いで実験に供した。

#### 1) ケーキの膨化率

ケーキの膨化率は, 加熱前の生地と加熱後のスポンジの高さを測定することにより算出した。放冷後のケーキを, 図3のように長い辺で2等分し, その一方の中心部に竹串をさして高さを測定した。

ケーキはこの後, 2等分した双方をきちんとラップで包み, ポリエチレン製の袋に入れ,  $-20^{\circ}\text{C}$ の冷

凍庫にて保存した。測定に供するまでの保存期間は最大で5日間とした。

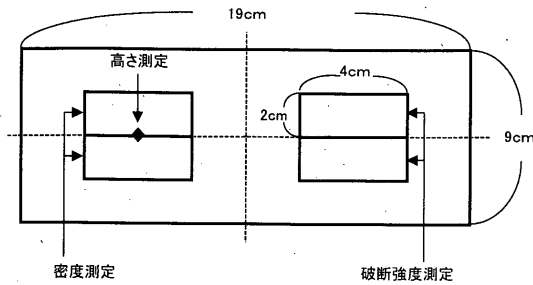


図3 物性測定用ケーキの裁断図

## 2) ケーキの密度

体積は菜種法により測定を行った。しかし、ケーキ全体の体積を測定することが困難であったため、ケーキの一部を用いて算出することとした。

冷凍保存されたケーキを冷凍庫から取り出し、パン切り包丁を用いて、その中心部から底面20×40mm、高さ20mmの直方体を2個切り出した(図3)。これをラップに包み、室温に30分放置し解凍した後、重量及び菜種法による体積を測定して密度を算出した。体積を底面×高さの数式で求めなかったのは、人の手ではすべてを正確な大きさに切り揃えることが難しいと判断したためである。

## 3) ケーキの破断強度

冷凍保存したケーキを4.2)と同様に切断、解凍した後、クリープメータ(株式会社山電, RHEONER IIシリーズ)で破断強度を測定した。測定条件は、ロードセル2kgf, 格納ピッチ0.08sec, 測定歪率

99.00%, 測定速度1.000mm/sec, プランジャーはNo.49(くさび形)を用いた。

## 5. 統計処理

順位法による官能検査の検定は, Kramerの検定表を用いて行った。また, 3点比較法による官能検査の検定には, 3点識別試験検定表を用いて行った。

ケーキの重量, 膨化率, 密度, 破断強度の統計解析にはStat-View5.0を用いた。各群の差の検定には, 一元配置の分散分析と多重比較を用いて行った。

## 結果及び考察

### 1. 食味への影響

#### 1) 順位法

順位法による官能検査の結果を表3に示した。評価はKramerの検定表を用いて行った(6), 7)。

4種のケーキの得点を比べ、各項目で有意に評価の高かったケーキを挙げてみると、外観のよさではオ・2, きめの細かさではオ・4, 香りのよさではオ・2, 卵臭の少なさではア・2とア・4, 弾力の強さではオ・4とア・4, ぱさつきの少なさと舌ざわりのよさでオ・4, 甘味の強さでオ・2が, 有意水準5%を得た。見た目ではオレンジ風味の焼いたケーキが好まれ, 米臭や卵臭を消すには抹茶風味の焼いた青汁粉末ケーキが有効であり, 食感ではオレンジ風味の蒸したケーキが好まれるという結果となった。表面にこげ色がつき, その風味が好まれた焼いたケーキと, しっとり仕上がる蒸したケーキの特性が表れた結果と考えられた。

表3 順位法による各ケーキの評価

		n=36			
		オ・2	オ・4	ア・2	ア・4
食べる前の評価	外観の良さ	65 ●●	77	106 ▲▲	112 ▲▲▲
	きめの細かさ	96	52 ●●	131 ▲▲▲	81
	香りの良さ	62 ●●	104	79	115 ▲▲▲
	米臭の少なさ	86	97	85	92
	卵臭の少なさ	117 ▲▲▲	101	70 ●	72 ●
食べてみての評価	弾力の強さ	109	68 ●●	115 ▲▲▲	68 ●●●
	ぱさつきの少なさ	105	53 ●●	119 ▲▲▲	83
	舌ざわりの良さ	88	63 ●●	113 ▲▲▲	96
	甘味の強さ	72 ●	76	91	121 ▲▲▲
	苦味の弱さ	91	75	99	95
総合的な評価		83	87	88	102

有意に好まれた; ● p<0.05, ●● p<0.01  
有意に好まれない; ▲ p<0.05, ▲▲ p<0.01

総合評価ではいずれも有意差はなかったものの、オレンジ風味の焼いたケーキが好まれた。

## 2) 3点比較法

正解者数を表4に示した。

表4 3点比較法における正解者数

グループ	正解者数(人)
1	2
2	1
3	3
4	1
5	2
6	2
合計	11

n=36

オレンジ風味の焼いたケーキで鉄剤を添加した2種、すなわちオ・2、オ・5のケーキの3点識別試験検定表においては、パネル数36の時、有意水準5%では18人以上が正解しなければ2種類の試料に差があるとは認められない<sup>7)</sup>。今回は正解数が11人であったため、オ・2とオ・5の間には有意差は見られなかった。今回用いた鉄剤は1g中にピロリン酸第二鉄を80mg程度含んでいるが、この程度の鉄量は、オレンジリキュール及びオレンジピールの風味で十分消去することが可能であり、オ・2とオ・5のケーキは同等のものであると言えた。

## 3) 嗜好意欲評価尺度

オレンジ風味で、鉄剤2g添加の焼いたケーキに対する、嗜好意欲評価尺度の結果を図4に表した。

この方法では、「最も好きな食品に入る」、「いつもこれを食べたい」、「機会があればいつも食べたい」、「好きだから時々食べたい」、「時には好きだと思うこともある」、「たまたま手に入れば食べてみる」、「他に何もなときは食べる」の評価を得られれば、食用に適すると判断される。今回の評価では、「たまたま手に入れば食べてみる」の14人、「好きだから時々食べたい」の13人をはじめ、36人全員から食用に適する基準に達する回答が得られた。これにより、オ・5のケーキは製品として十分に成り立つものであると言えた。

## 2. 重量及び密度への影響

重量及び密度への影響の結果を表5に示した。

まず、オ・1～オ・4のケーキの重量を比較したところ、全体的に焼いたケーキより蒸したケーキの方が重く、有意差が見られ、加熱方法による差が表れたものと考えられた。オープンで焼く場合、生地は鉄板からの伝導伝熱、庫内の暖かい空気通过对流伝熱、庫壁からの放射伝熱によってほぼ均一に加熱されるが、高温で加熱されるため水分が蒸発し脱水される。一方、蒸すという操作は、水蒸気が食品にふれた時の潜熱を利用して加熱するため、生地に含まれる水分は蒸発しにくい。よって、焼いたケーキに比べ蒸したケーキの方が重くなったのだと考えられる。

次に、密度を比較したところ、重量と同様、水分

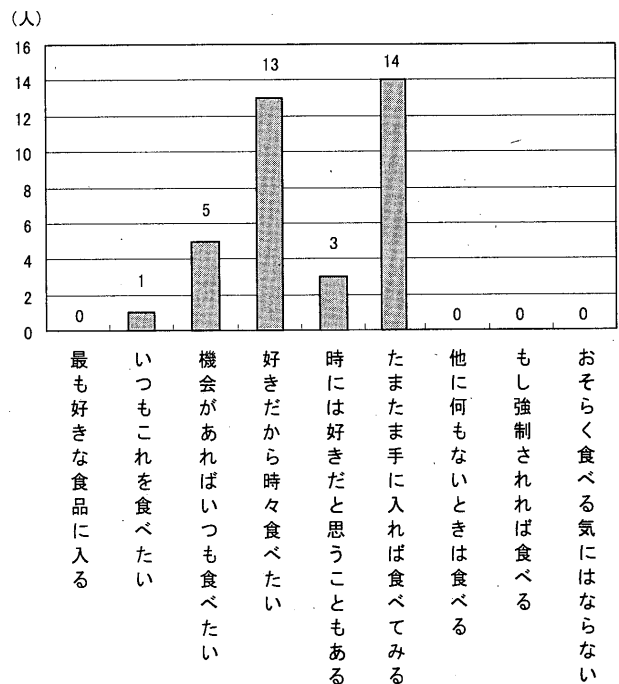


図4 嗜好意欲評価尺度

表5 ケーキの重量及び密度

種類	重量(g)	密度(g/cm <sup>3</sup> )
オ・1	273.0 ± 3.4	0.361 ± 0.056
オ・2	279.6 ± 4.8	0.332 ± 0.009
オ・3	319.5 ± 7.7 ▲ ■	0.408 ± 0.010 ▲ ■
オ・4	320.0 ± 5.0 ▲ ■	0.394 ± 0.015 ▲ ■
オ・5	281.2 ± 3.1 ▲	0.325 ± 0.022

(MEAN ± SD)

オ・1 vs オ・2, 3, 4, 5; ▲p<0.05

オ・2 vs オ・3, 4, 5; ■p<0.05

を多く含む分、蒸したケーキの方が全体的に密度が高く、焼いたケーキと蒸したケーキとの間に多くの有意差が見られた。これは、加熱方法が密度にも大きく影響を与えていることを意味していると考えられる。

また、焼いたものに注目し、オ・1、オ・2、オ・5のケーキの重量を比較したところ、鉄剤の添加量に応じてケーキ重量も増加した。一方、密度においては、有意差は見られないものの、添加量が増すにつれ低くなる傾向を示した。鉄剤の添加によって、ケーキの膨化率が上がるのが予想された。

### 3. 膨化率への影響

膨化率への影響の結果を表6に示した。

表6 膨化率 (%)

種類	膨化率 (%)
オ・1	77.25 ± 11.98
オ・2	77.43 ± 1.79
オ・3	75.51 ± 3.71
オ・4	75.36 ± 2.19
オ・5	85.30 ± 1.71

(MEAN ± SD)  
いずれも有意差なし

オ・1～オ・4のケーキを比較すると、有意差は見られなかったが、焼いたケーキの方が膨化率が高くなる傾向を示した。加熱方法が膨化率に影響を与えていると考えられる。そこで、ケーキの断面図(図5)を比較すると、蒸したケーキではスポンジのきめが細かく、均一であるのに対し、焼いたケー

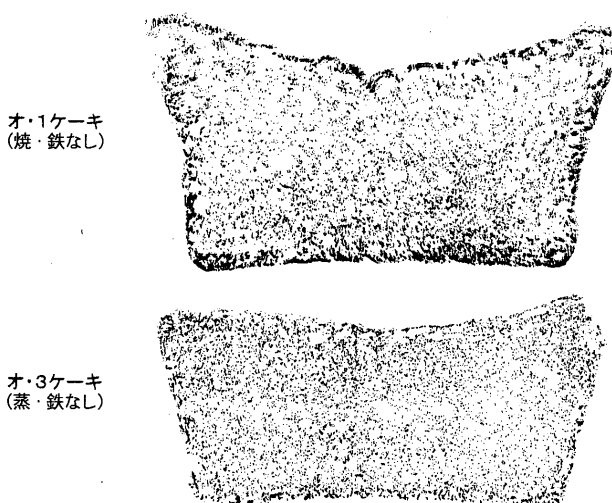


図5 ケーキ断面図

キの方はややきめが粗く、特に上層部に大きな気泡が存在していることがわかる。焼いたケーキでは上層部ほど水分が蒸発し、空気が膨張しやすかったと考えられ、これが膨化率を高くしたのではないだろうか。

また、焼いたケーキであるオ・1、オ・2、オ・5のケーキを比較すると、いずれも有意差は見られなかったが、オ・1、オ・2と比較してオ・5の膨化率が高い値を示し、鉄剤の添加量が増加するにつれ、膨化率は高くなるという結果となった。液体を加えるより粉末を加えた方が膨化率が高いことを考えると、粉末である鉄剤を増すことによって膨化率が上がったとも推測されるが、今後さらに検討する必要がある。

### 4. 破断強度への影響

破断強度への影響の結果を表7に示した。

表7 破断荷重

種類	破断荷重 (gf)
オ・1	389.43 ± 40.85
オ・2	453.57 ± 19.26 ▲
オ・3	465.43 ± 50.13 ▲
オ・4	462.29 ± 27.35 ▲
オ・5	420.71 ± 41.80 ▲

(MEAN ± SD)

オ・1 vs オ・2, 3, 4, 5; ▲p<0.05

オ・1～オ・4のケーキを比較したところ、有意差が見られたのはすべて、最も破断荷重の低いオ・1と他の3群の間であった。ところが、他のケーキ間にはいずれも有意差が見られないことから、加熱方法が破断強度に大きく影響を与えるとは考えにくかった。

では、なぜオ・1の破断荷重のみが低くなったのであろうか。鉄剤による影響を考えてみたが、同様に鉄剤無添加であるオ・3では異なる結果が得られたため、鉄剤の影響を受けて破断荷重が低値になったとは考えにくい。残念ながら現時点では要因を明確に特定することは困難であるため、このことについては、今後さらなる検討を重ねる必要がある。

しかしながら、破断曲線(図6)を見てみると、焼いたケーキ(オ・1, 2)と蒸したケーキ(オ・3, 4)との間に曲線の違いが見られる。蒸したケーキは曲

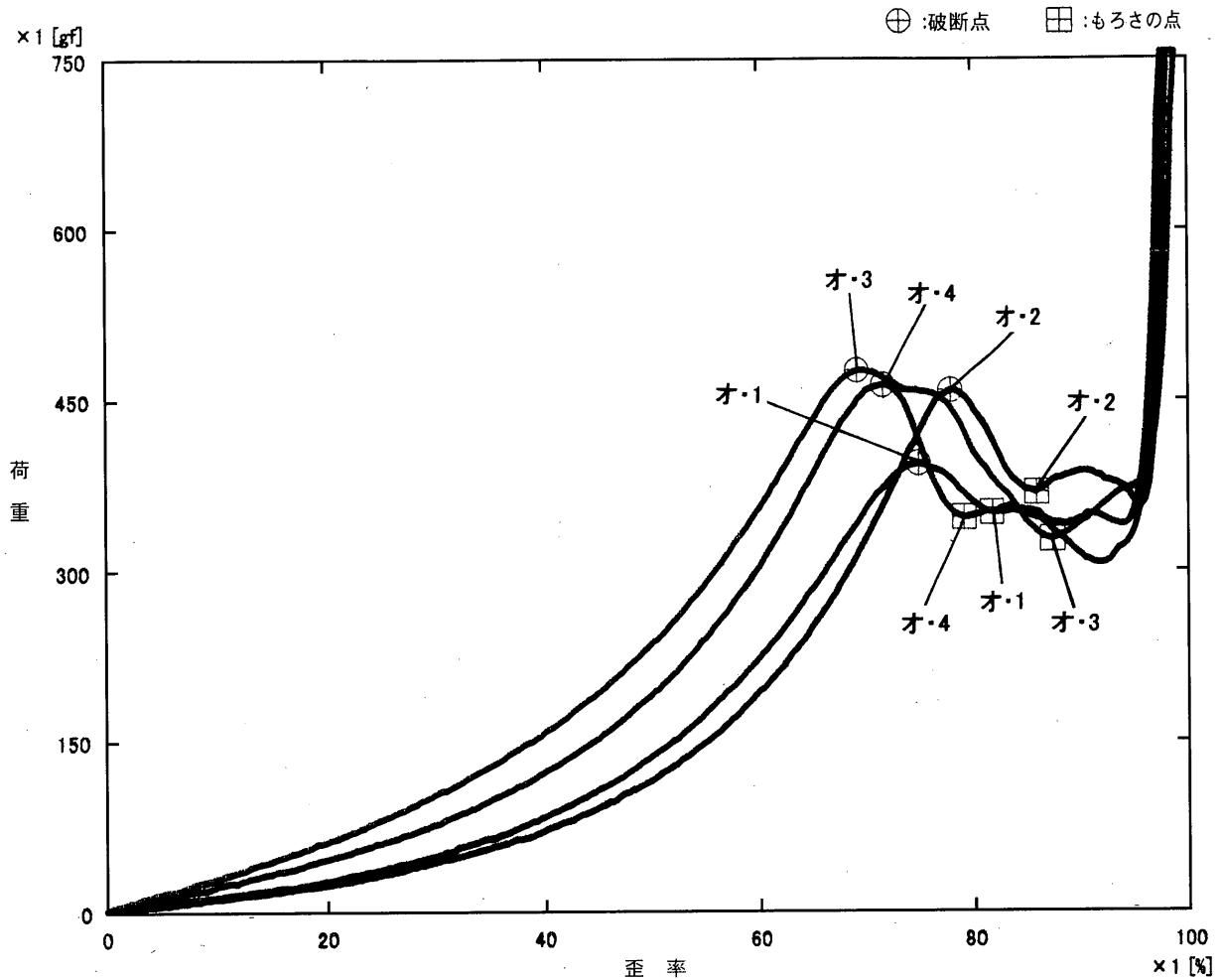


図6 破断曲線 (オレンジ4種)

線の上がり方が急で、破断点は比較的左側に偏っているのに対し、焼いたケーキは、上がり方が緩やかで、破断点が右にずれている。つまり、蒸したケーキの方が初期段階で変形させるために必要な力が大きいものの、破断しやすく、逆に焼いたケーキは変形させるのに要する力は小さいものの、破断はしにくいという結果を意味している<sup>8)</sup>。これは、膨化率のところで述べたように、スポンジの内相の違いが関係していると考えられる。スポンジは加熱方法の違いによる特徴<sup>5), 9)</sup>が反映されており、蒸したケーキはきめが細かく均一であるのに対し、焼いたケーキは上層部のスポンジのきめが粗かった。そのため、蒸したケーキは上からくさび形のプランジャーを下ろした際、スポンジの変形に大きな力が必要であり、またスポンジは沈まずに破断が起きるが、焼いたケーキではプランジャーを下ろした際、上層

部のスポンジは容易に変形するもののスポンジが沈むだけでなかなか破断が起こらず、その後、比較的きめの細かい下層部に達した時に破断が起こるのではないだろうか。

このことから、各種ケーキは、破断強度では大きな差が見られないが、破断曲線を見ると、その加熱方法からスポンジの特性が表れることが確認された。

次に、焼いたケーキ (オ・1, 2, 5) に注目すると、オ・1と他の2群の間に有意差が見られたが、上述のように、オ・1の破断荷重だけが他より低いため、これを考慮する必要がある。また、オ・2とオ・5では、有意差はないものの、オ・5の方が破断荷重は低い値となった。

破断曲線を見ると、オ・5は破断点ともろさの点の差が広く、鉄剤の添加量によってその差がひらいていく特徴がある (図7)。この点の差のひらきは、



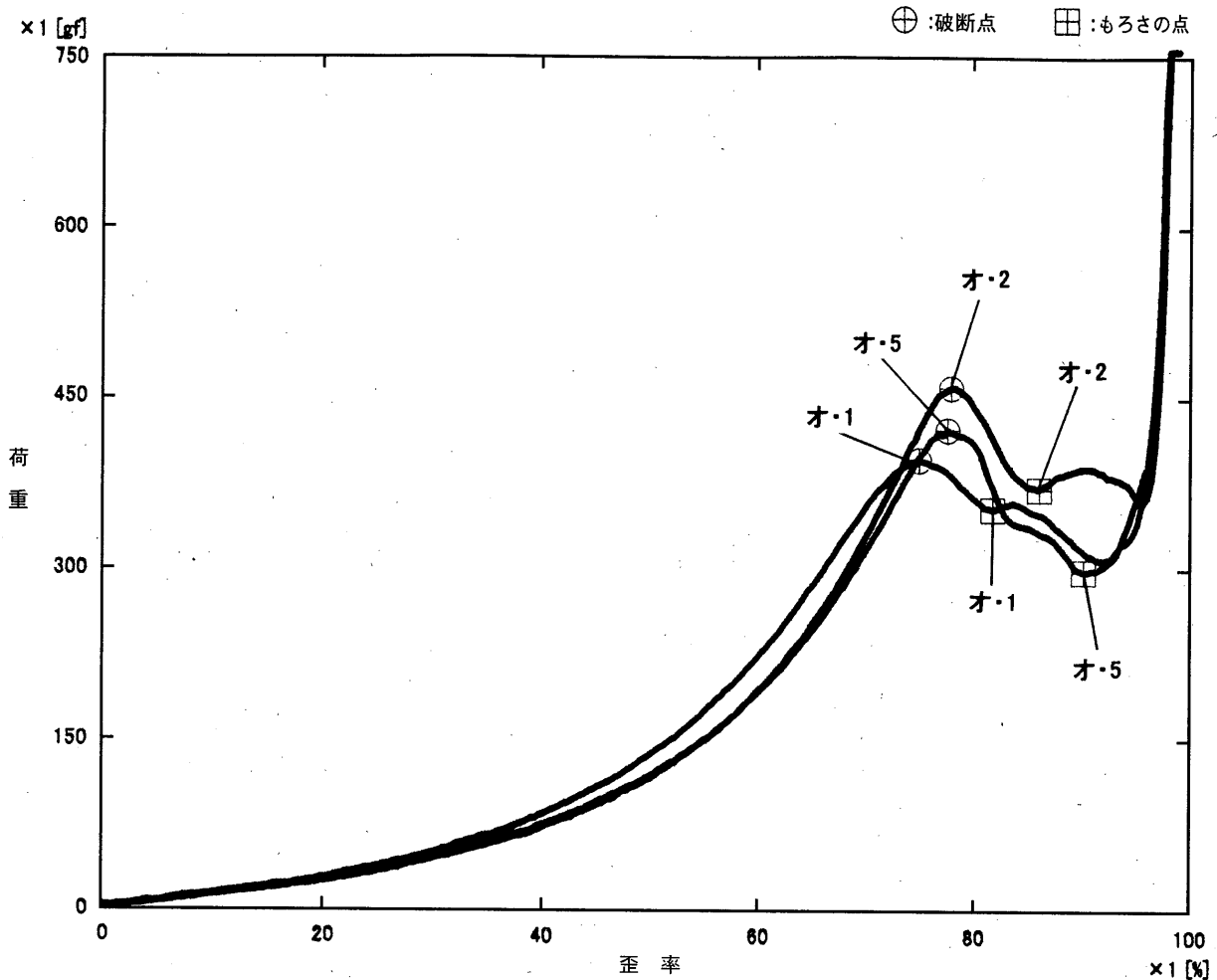


図7 破断曲線 (オレンジ3種)

完全に破断されるまでの時間を意味しており、このことから、スポンジは鉄剤の添加により弾力を増すものと考えられる。これらにより、鉄剤はスポンジの破断現象に影響を及ぼすと考えられた。

### 5. 鉄剤添加米粉ケーキの有用性

鉄剤の添加による物性への影響、官能検査の結果から、オレンジ風味の焼いたスポンジケーキは、十分に食用に適しているといえた。今回用いたケーキ型はごく一般的な大きさのパウンド型で、その1/10~1/8程度が1食分として適量である。

今回、このパウンド型1本に鉄剤2gを添加したのは、1切れで女性の1日の鉄所要量を満たすことが可能である量を考慮したからである。計算上はこの1本に鉄分が160mg±8.0mg含まれていることから、1/10切れでは16mg、1/8切れでは20mgの鉄を摂

取することができることになる。女性の鉄所要量が12mg/日であることから、パウンド型1本に鉄剤2g添加したものが充分食用に適しているという結果が得られたことは、女性の鉄分摂取に対しても有効な手段と考えられる。

また、このケーキ1本分のエネルギーは912kcalであるため、8等分すると1切れ114kcalとなる。砂糖を低カロリー甘味料に代替する方法を検討することにより、さらにエネルギー量の低いケーキを作製することもできよう。このことから、このケーキはダイエットや朝食の欠食防止のために利用することができるのではないかと考えられる。

さらに、米粉ケーキを摂取する場合に、牛乳を合わせて摂取することにより、カルシウム不足の解消にも貢献できるのではないかと考えられる。

以上のように、米粉を用いた鉄剤添加ケーキは、

物性的にも官能検査の結果からも充分食用に適していることが明らかとなり、このケーキを摂取することにより女性の鉄不足の改善へ寄与できるのではないかと考えられた。今後、摂食試験などを通じて、ヒト血清鉄への影響についても検討を行いたい。

## 要 約

米の消費拡大に寄与するため、米粉を用いたスポンジケーキを試作した。米臭を消すためにオレンジリキュール、抹茶風味青汁粉末を添加し、さらに、若年女性に不足しがちな鉄を添加したケーキを試作し、これらのケーキの食味及び物性を、添加材料や加熱方法の違いから検討した。その結果を以下に述べる。

### 1) 添加材料及び加熱方法によるケーキへの影響

- ・順位法による官能検査では外観や香りの項目でオレンジ・焼・鉄剤1g添加(オ・2)のケーキが有意に好まれたのに対し、きめ、ぱさつきの少なさ、舌ざわりの項目ではオレンジ・蒸・鉄剤1g添加(オ・4)のケーキが有意に好まれた。総合的な評価では有意差は見られなかったが、青汁粉末ケーキに比べオレンジケーキの方がやや好まれる結果となった。
- ・重量及び密度では全体的に蒸したケーキの方が重量が重く、密度も高くなり、焼いたケーキと蒸したケーキとの間に多くの有意差が見られた。
- ・膨化率では加熱方法によってケーキの膨化の仕方が異なり、焼いたケーキの方がやや膨化率が高くなる結果となった。
- ・破断強度ではオレンジ・焼・鉄剤無添加(オ・1)のケーキの結果についてさらなる検討が必要であるが、それ以外のケーキでは加熱方法による破断強度の差は少なく有意差は見られなかった。しかし、破断曲線では焼いたケーキと蒸したケーキとの間に曲線の違いが見られた。

### 2) 鉄剤の添加量によるケーキへの影響

- ・3点比較法による官能検査ではオ・2とオ・5(オレンジ・焼・鉄剤2g添加)のケーキとの間に有意差は見られず、これらは同等のものであると言えた。

- ・嗜好意欲評価尺度では全員から食用に適する基準に達する回答が得られ、オ・5のケーキは製品として十分に成り立つものと言えた。
- ・重量及び密度では鉄剤を増すにつれ重量が増加した。密度は、オ・5のケーキが最も低値となった。
- ・膨化率では有意差は見られないもののオ・5のケーキが最も高く、鉄剤を増すにつれ膨化率が上がる結果となった。
- ・破断強度では鉄剤を添加することでスポンジに弾力が増すものの破断荷重は低くなるという結果となった。

以上から、今回試作したケーキは加熱方法によってその物性や食味に影響が認められ、焼いたものの方が好まれる結果となった。また、鉄剤の添加により膨化率、破断曲線に影響があったが、添加量を増加しても十分に食用に適しているということが明らかとなった。

## 参考文献

- 1) 健康・栄養情報研究会, 国民栄養の現状 平成14年度厚生労働省国民栄養調査結果, 第一出版, 2004
- 2) 辻理絵, 昭和女子大学平成11年度卒業論文, 米及びその加工食品の成分安定性について, 1-39
- 3) 渡邊美保, 昭和女子大学平成12年度卒業論文, 米及びその加工食品の成分安定性について, 1-27
- 4) 白石貴子, 昭和女子大学平成13年度卒業論文, うち米を用いた鉄強化食品によるヒト血清鉄への影響, 1-50
- 5) 渋谷祥子, 島田キミエ, 下村道子, 山崎清子, 調理と理論(学生版), 同文書店, 2000
- 6) 福場博保, 宮川金二郎, 調理科学ハンドブック, 建帛社, 380-381, 407-408, 1986
- 7) 大羽和子, 川端晶子, 調理科学実験, 学建書院, 85-88, 96-99, 2003
- 8) 川端晶子, 食品物性学<レオロジーとテクスチャー>, 建帛社, 94-96, 1988
- 9) 渋谷祥子, 食品加熱の科学, 朝倉書店, 115-118, 122-134, 1996

(いそがい ともみ 平成14年度生活科学科卒業生)  
(いいつか まい 平成14年度生活科学科卒業生)  
(おがわ むつみ 生活科学科)