

## 小麦粉代替用米粉の利用拡大に向けた調理特性の解明

西川陽子\*・向井彩乃\*・山下加奈\*

（2015年11月18日受理）

### Elucidation of the cooking behavior on rice flour substituted for wheat flour to increase its use

Yoko NISHIKAWA \*, Ayano MUKAI \* and Kana YAMASHITA \*

(Received November 18, 2015)

#### 1. はじめに

食の欧米化やグローバル化など食生活の変化により食料自給率の低下が進んでいる。食料自給率の低下は、食糧輸送によるCO<sub>2</sub>の排出量増加や国内の農業用地の放棄及び減少など環境負荷の増大につながるため、国内農業の安定のためだけではなく、食環境を次世代に継ぐサステナビリティの観点からも改善に向けた取り組みに力が入られている。食料自給率はカロリーベースで、1965年（昭和40年）には73%までであったが、近年では39%前後の横ばい状態が続いており、今後食の輸入自由化が更に進めば30%まで落ち込むことも懸念されている。低下の最も大きな要因となっているのは、主食摂取量の減少とその内容が米中心だったものから自給率の低い小麦製品の占める割合が拡大したことである。一般的に、その土地の環境に最も適応した主食が獲得できたところで、人々は定住し、そこに文化が築かれ発展してきた。そのため、主なエネルギー摂取源である主食が大きく他のものにすり替わるということはその土地の食文化の崩壊を意味し、食料生産体制全てが変わらなくてはならず本来あり得ないことだが、日本は現在その事態に直面しているといえる。食の欧米化により動物性たんぱく質の摂取量が増え、体格が向上し健康面ではメリットも多くあったが、行き過ぎた動物性食材の摂取は環境負荷を高め、次世代の食環境を侵す危険性を孕んでいる。現在の多くの日本人は、健康のための十分な栄養摂取ということに関心が高く、遠方から取り寄せてでも栄養を整えようとはするが、その際環境負荷をかけているということに対する認識はあまりない。食料自給率の低下がなかなか改善しない原因として、ヒトも地球に生きる生物で自然に生かされており、食資源は限りあるものであるという消費者の問題意識の薄さが一因としてある。自然の脅威に翻弄されがちであったかつての暮らしでは、三里四方で採れるもので健康を整えるといった環境共生の考えが生活の中で育まれたが、現在では食資源を次世代にできるだけ残し

---

\*茨城大学教育学部食物学研究室（〒310-8512 水戸市文京2-1-1；Laboratory of Food Science, College of Education, Ibaraki University, Mito 310-8512 Japan）.

無駄なエネルギー消費はしないとといった食生活の基本姿勢が見失われている。

自給率の改善においては、栄養バランスを欠くことがない範囲で主食の摂取割合をできるだけ増やし、内容も小麦から米への回帰を狙うのが最も有効である。食材別エネルギー摂取比率においては、現在では動物性食品の摂取比率が高くなり主食由来は4割弱となっているが、これを6割前後まで増すことは、健康維持とサステナビリティの観点から望ましい。しかし、食は楽しむものであり、既に根づいたパンやパスタの嗜好性を抑制し我慢を強いることはできない。そこで考えられたのが小麦粉代替用の米粉（微細米粉）である。以前は小麦粉にはグルテン形成をはじめとする米にはない調理特性があるため、米粉による小麦粉の代替は困難とされていたが、1990年以降の米粉の製粉技術開発により、デンプン粒の損傷の少ない小麦粉に匹敵する米粉の微粒子化が可能になり、問題が大きく解消された<sup>1)</sup>。現在では、強い膨化調理や弾力性を求めるパン及び麺といったものの以外では、ほぼ100%代替可能となっている。しかし、原料となる米の価格の高さや製粉コスト、さらに生産体制として小規模であることから、小麦に比べて微細米粉の価格はかなり高くなっている。また、価格の問題以外に、風味や調理特性の違いから代替時に小麦粉を用いたオリジナルのレシピに対して配合調整が必要であり、その面倒さから现阶段では微細米粉の利用は製パンをはじめとする企業が中心で、一般家庭への普及率は低い。微細米粉については、各メーカーによる原料米の品種や製粉方法の違いから製品によるバラつきがあるが、微細米粉の普及に向けては、ある程度一定した微細米粉の調理特性や配合調整目安などが明確に提示される必要がある。

学校における食教育においても、これまで健康のために何をどれだけ摂取すれば良いかといった栄養教育が中心で、地産地消などは扱われてはいるものの、本来教育すべきサステナビリティの視点に立ったものはほとんど見られない。栄養教育だけに終始するのではなく、次世代にできるだけ多くの食資源を継ぎ、なお且つ自身の健康を維持するための栄養バランスを目指した食生活はいかに達成できるかといったことを考えることができる教育が今後は望まれる。その教材として米および微細米粉が有効と考えられる。微細米粉の開発がなぜされたのかということに着目することで、食資源には限りあること、食生活も環境と密接な関わりを持つことについて触れることができる。また、微細米粉を中学校や高校の家庭科調理などで一度扱うことにより、各人の食生活への活用へのきっかけになることも期待される。微細米粉が容易に教材として用いられるようにするためにも、その調理特性について明確化し扱いやすいものにすることが求められる。本研究では、微細米粉の一般家庭への普及に向け、代替時に有用な微細米粉の調理特性の一端を明らかにすることを目的とする。

## 2. 方法

### 2.1. 試料

薄力粉（日清製粉）、上新粉（みたけ食品工業）、微細粳米粉（クオカブランニング）、白玉粉（川光物産）、微細糯米粉（クオカブランニング）、上白糖（パールエース）、バター（雪印）、揚げ油（キャノーラ油（日清製油））を用いてクッキー及びドーナツ試料を調製した。

クッキーの試料は、表1の材料配合により、以下の①～③の手順にて作成した。

表1 クッキー試料の材料配合

	基本配合
小麦粉or米粉 (g)	90
バター (g)	50
上白糖 (g)	40
鶏卵 (g)	20

表2 ドーナツ試料における材料配合

	標準小麦粉生地	米粉(牛乳調整)	米粉(卵調整)
小麦粉 (g)	200	—	—
米粉 (g)	—	200	200
鶏卵 (g)	60	60	85
牛乳 (ml)	30	50	30
バター (g)	30	30	30
上白糖 (g)	80	80	80
ベーキングパウダー (g)	6	6	6
K値 <sup>注1)</sup>	1.83	1.83	1.31

注1) K値=(バター+砂糖)／卵

- ① バターをボウルに入れ木べらでクリーム状になるまでよく混ぜ、溶いた卵を加え混ぜる。
- ② 試料となる粉を①に加え完全に混ざったらひとつに丸め、冷蔵庫（4℃）で30分間寝かせる。
- ③ 休ませた②の生地を4mm厚さにのばし、型で抜く。170℃のオーブンで15分間焼く。

ドーナツ試料は表2の材料配合のものを、以下①～④の手順で作成した。

- ① バターをボウルに入れ木べらでクリーム状になるまで混ぜ、更に砂糖を加えてよく混ぜる。
- ② ①に溶いた卵を加えて均一になるまで混ぜ、泡立て器に替えて牛乳を加え混ぜる。
- ③ ベーキングパウダーと合わせてふるいにかけて試料の粉を②に加え、生地がひとまとまりになるまで混ぜる。
- ④ ③の生地を7mm厚さにのばし、ドーナツ型で抜き、160℃の油で5分間揚げる。

米粉の場合、吸水率が小麦粉に比べて高いため小麦粉標準生地と同じ配合では生地はまとまらない。そのため、米粉の場合水分量を増す必要があり、材料中の牛乳及び鶏卵にて調整した。

## 2.2. 吸水・吸油実験

各粉について、文献記載の方法に従い吸水率<sup>2)</sup>及び吸油率と正の相関がある吸油値<sup>3)</sup>を測定した。吸水率については、遠沈管の重量（Wts）を測り、この遠沈管に試料となる粉0.1gと蒸留水5mlを入れ25℃で3分間放置し吸水させ、その後、3000rpmで20分間遠心にかけ、上澄み液を除いたものの重量（Wt）を測定し次式から求めた。

$$\text{吸水率} = (\text{Wt} - \text{Wts} - 0.1) / 0.1$$

吸油値は以下の方法により測定した。試料となる粉10gに吸水率に応じた水（吸水率×13.3g（バター生地を調製するための粉に対する添加水量の最適比））を加えてハンドミキサーにて回転数中程度にて30秒間混ぜることを10回繰り返し、バター生地を調製した。バター生地を小匙1杯アルミホイルにのせ重量を測り（Winitial）、180℃に熱した油の中に生地を落とし入れ、生地を投入した後のアルミホイルの重量を測り（Wres）、実際に揚げた生地の重さ（Wfry）を  $\text{Wfry} = \text{Winitial} - \text{Wres}$  により算出した。バター生地を180℃の油で4分間揚げた後、ステンレス製の網の上で3分間油を切り、更にペーパータオルの上で15分間常温放置してから重量を測定し（Wtotal）、これらの重量値から次式により吸油値を求めた。

$$\text{吸油値} (\%) = [\text{Wtotal} - [10 \times (\text{Wfry} / \text{Winitial})]] / \text{Wfry} \times 100$$

## 2.3. 破断応力及び色度の測定

破断試験はEZ-Test /CE（島津製作所）にて、8mmの球状治具を用い、圧縮速度100mm/min.

で圧縮し、破断曲線から最大応力を求めた。

色度は色差計 NE4000（日本電色工業）を用いて、サンプル反射光の  $L^*$ （明度）、 $a^*$ （赤色味）、 $b^*$ （黄色味）を測定した。

## 2.4. 官能評価実験

19～22歳の男女13名（男3名、女10名）をパネラーとして、標準小麦粉ドーナツ1種と、微細米粉ドーナツ2種（牛乳調整、鶏卵調整）について、7つの観点から順位法（1位→3点、2位→2点、3位→1点）により評価してもらい、集計した値について統計的検討を行った。

## 3. 結果及び考察

米粉と小麦粉との調理特性における大きな違いは、小麦粉たんぱく質に見られるグルテン形成が米粉には無いこと、米粉は小麦粉に比べて一般的に吸水性が高く、吸油性が低いことなどが挙げられる。また、吸水性・吸油性については、米はもともと粒体で収穫されるため、粒から粉に磨砕される際にその手法の違いにより米中デンプン粒の損傷度に違いが生ずるが、デンプン粒の損傷が高まるほどこの違いは顕著になる。代表的且つ学校調理実習でも題材となる小麦粉調理における製粉の観点から見た微細米粉の調理適性を表3に示した。今回はこの中でも学校調理として扱われやすい洋菓子への米粉の活用に焦点を当て、クッキー及びドーナツを試料とし微細米粉の調理特性について明らかにするとともに、米粉による代替の適性について検討した。実験に用いた微細米粉は洋菓子に対してより適性のあるもので、粒度が微細でデンプン損傷の少ないタイプのものを選択した。

表3 調理用途別米粉の適性<sup>1)</sup>

調理用途	粒度	アミロース含有量	吸水性	その他
パン、ピザ等	微細	中	少	デンプン損傷少がよい
洋菓子(ケーキ、クッキー、etc.)	微細	低～高	少	デンプン損傷少がよい
パスタ	微細～中	高	少	
和菓子(団子、柏餅、etc.)	中～粗	低～中	多	

### 3.1. 吸水・吸油実験

微細米粉は製粉方法の違いにより吸水性や吸油性などの調理特性において違いが生じる。今回試料に用いた微細米粉（粳種）について、小麦粉、上新粉、白玉粉、同じ製粉方法による糯種の微細米粉とともに吸水性、吸油性を測定し、比較検討した（図1）。吸水性は小麦粉より米のほうが一般的に高く、小麦粉<粳米<糯米の順で水の保持力が高く、粉にした場合も同様の吸水傾向が保持されることが確認された。また、粳種・糯種いずれの米粉についても、粒子が細かいほど吸水性が高まることが確認された。吸油性については、一般によく用いられる含油量の測定から算出される吸油率ではなく、より簡便に測定でき吸油率と正の相関がある吸油値をその指標にすることとし、測定を行った。吸油性は吸水性の場合の逆の傾向を示すと予想したが、小麦粉と米粉の違いという見方はできない結果となった。すなわち、吸油性は粳米<小麦<糯米の順となり、糯種と粳種の違いが大きく影響すること、粒子の大きさについては微細になるほど親水性が

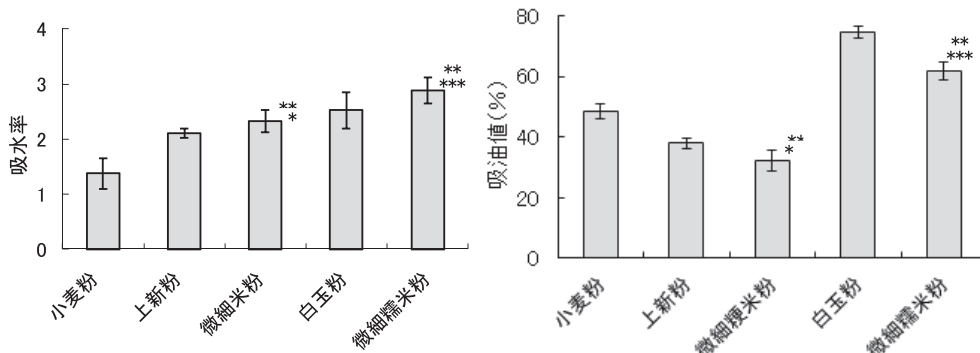


図1 小麦粉・米粉における吸水及び吸油特性

(\* : 上新粉に対して  $p < 0.05$ , \*\* : 小麦粉に対して  $p < 0.05$ , \*\*\* : 白玉粉に対して  $p < 0.05$ )

高まり疎水の性質である吸油性は低下することが確認された。一般に小麦粉代替用微細米粉として市販されているのは粳種であり、本研究において調理特性の解明の対象としたのは粳種の微細米粉である。今回試料として用いた粳種微細米粉については、吸水性においては小麦粉の約 1.69 倍、吸油性は小麦粉の約 0.66 倍であることが確認できた。以下のクッキー、ドーナツの試料調製においてもこの粳種微細米粉を用いており、微細米粉とは粳種を示すものとする。

### 3.2. クッキーにおける代替試験

微細米粉を用いたクッキーの実験結果を表 4 に示した。試料調製は最も標準的な型抜きクッキーの材料配合及び手順に従った。米粉クッキーは小麦粉クッキーに比べて吸油性が低いことから焼成中に油が染み出し、そのため結着力が弱く形成能に欠けることが観察された。破断試験結果からも、米粉クッキーが小麦粉クッキーに比べて非常に脆いことが推察可能であった。一方、焼成前後の重量変化については小麦粉クッキーのほうが大きく、米粉クッキーのほうが油分の浸み出しは多かったものの水分保持率が高く食感として小麦粉クッキーに比べてしっとりしており、米粉の吸水性の高さが影響したものと考えられた。外観については、小麦粉クッキーと米粉クッキーの色差は 10 以上であり視覚的に認知可能な違いがあり、米粉クッキーのほうが褐変反応が少なく、より明るく白い仕上がりであった。クッキーは材料における油脂の配合率が高く、小麦粉と米粉との吸油性の違いが顕著に現れ、米粉クッキーは沖縄名産の“ちんすこう”のような食感になり、スタンダードの小麦粉クッキーとは全く異なるものであった。クッキーにおける米粉への 100% 代替は他の材料配合を大きく変えても小麦粉クッキーに近づけることはかなり難しいと考えられ、油脂配合率の高い小麦粉調理に対して米粉の代替は向かないものと推察された。

表4 小麦粉と米粉のクッキーにおける各分析値

	小麦粉クッキー	米粉クッキー
焼成前後の重量減少率(%)	14.04±0.41	13.75±0.17*
破断応力(N)	19.31	5.72
外観(L*)[明度:暗⇄明]	56.26±3.68	66.73±1.55
外観(a*)[色度:緑⇄赤]	11.07±1.51	9.57±1.21
外観(b*)[色度:青⇄黄]	33.82±1.00	31.34±1.53

\*:  $P < 0.05$  (小麦粉クッキーに対して)

小麦粉クッキーと米粉クッキーの色差 ( $\Delta E$ ) = 10.99

### 3.3. ドーナツにおける代替実験

クッキーに比べて油脂の材料配合率が低く、米粉による代替においてより適性があると考えられるドーナツについて検討した。ドーナツは、小麦粉に牛乳や卵を加えてバター生地を作り、それを油で揚げて作られる。バター生地に関しては、これまで複数の研究報告があり、まとまりやすさの指標となるK値（ $K \text{ 値} = (\text{バター} + \text{砂糖}) / \text{卵}$ ）と各種調理との関係性が明らかにされており、ドーナツの場合のK値は0.6～2.6が適当とされ、K値が低いとドーナツは脆く、高いと揚げ調理中に崩壊しやすくなる<sup>4)</sup>。今回用いた標準小麦粉ドーナツ試料の配合におけるK値は1.83であり、失敗の危険性は極めて少なく、標準小麦粉ドーナツ試料の作成において、爆発等の失敗は全くなかった。この標準小麦粉試料の配合で小麦粉を微細米粉に100%代替することを試みたところ、米粉は吸水性が小麦粉に比べて高いため、水分が不足し生地がまとまらずバター生地の作成は不可能であった。そのため、牛乳で水分調整を試みたところ、基本配合における牛乳30mlをその1.67倍に当たる50mlに増すと標準小麦粉ドーナツと同程度の硬さのバター生地が得られた。これは微細米粉の小麦粉に対する吸水率比（1.69）に非常に近い値であり、ドウ及びバター生地作成における水分調整については、使用する微細米粉の小麦粉に対する吸水率比が参考になるものと推察された。牛乳により調整した配合の微細米粉ドーナツについて標準小麦粉ドーナツと外観、食感、味などについて比較検討した。外観においては、ドーナツの外側部分については小麦粉ドーナツがやや暗い茶色であったところ微細米粉ドーナツは若干色が浅い程度で大きな違いはなかったが、切った断面（生地内部）については小麦粉ドーナツが黄色が強いものに対して微細米粉ドーナツでは黄色が薄く白っぽい仕上がりで（表5）、官能評価でもあまり美味しそうに見えないといった評価が多かった。また、微細米粉ドーナツでは細かい亀裂が多く、膨らみが小麦粉ドーナツに比べて若干小さかった。食感については標準小麦粉ドーナツがふわふわしっとりしていたのに対し、微細米粉ドーナツでは表面がクッキーのように硬くざらつく食感といった評価が多かった。破断応力を測定したところ小麦粉ドーナツが3.57Nのところ、微細米粉試料では6.93Nと倍近く高く、官能試験における評価を支持する結果と考えられた。また、揚げ調理前後の重量増加率を測定したところ、小麦粉ドーナツ（n=4）では $141.48 \pm 1.85\%$ のところ、微細米粉ドーナツ（n=4）では $123.66 \pm 2.45\%$ と低く、これは微細米粉ドーナツにおける油の吸収量が少ないこと、更に生地中の水分の蒸発量が小麦粉ドーナツに比べて多いことを示唆するものと考えられた。これら小麦粉ドーナツと微細米粉ドーナツにおける違いは、米粉の場合吸油性が小麦粉に比べて低く、そのため油で揚げるとい高温調理においては油が吸収されず生地表面の硬化が急速に進むことでひび割れを起し易く、細かくひび割れたところから生地中の水分がより多く蒸散したことによるものと推察された<sup>5)</sup>。以上のことから、100%微細米粉に代替し、牛乳により水分調整した微細米粉ドーナツについては、クッキーの場合ほど大きな違いは無く標準小麦粉ドーナツに近いものが作成可能であったが、食感や全般的

表5 小麦粉ドーナツと米粉ドーナツ（牛乳調整）における色差計分析結果

	小麦粉ドーナツ	米粉ドーナツ	色差 ( $\Delta E$ ) <sup>注1)</sup>	
外側	(L*)[明度:暗⇄明]	27.22±0.69	36.55±2.99	
	(a*)[色度:緑⇄赤]	15.40±1.42	11.89±1.81	11.51
	(b*)[色度:青⇄黄]	25.29±1.32	31.05±0.69	
内側断面	(L*)[明度:暗⇄明]	56.22±1.78	64.37±1.39	
	(a*)[色度:緑⇄赤]	1.54±1.43	1.56±0.42	8.77
	(b*)[色度:青⇄黄]	25.29±1.59	22.04±1.32	

注1) 小麦粉ドーナツと米粉ドーナツ間

な美味しさにおいて標準小麦粉ドーナツには及ばず、生地内部の白っぽさや、食感においては周囲が硬く内側は小麦粉に比べてしっとり感に欠けることなどの点で、更に調整が必要なものと考えられた。

牛乳調整による微細米粉ドーナツの改善すべきポイントは色（白⇒黄）、やわらかさ、舌触りに絞られ、その改善方法として、標準小麦粉ドーナツの配合に対して必要となる水分調整において、牛乳ではなく、卵による調整が有効ではないかと考えた。バター生地において卵は、膨化を助け、やわらかさと弾力性を増し、黄色味を付加する役割がある<sup>6)</sup>。卵の添加量を増すことで牛乳により調整した微細米粉ドーナツに見られた不足点をカバーできるのではないかと期待した。牛乳により調整した微細米粉ドーナツの基本配合（表2）における水分量を以下①式<sup>7)</sup>により求めたところ28.83%となった。この値に近い水分量になるよう牛乳ではなく卵により調整を図った場合、標準小麦粉ドーナツの基本配合の卵60gを85gに増すとほぼ同じ水分量（28.78%）になると考えられた。

$$\text{水分量} = 0.14F + 0.01S + 0.15B + 0.75E + 0.89M - ①$$

(F=小麦粉, S=砂糖, B=バター, E=卵, M=牛乳, P=ベーキングパウダー, F+S+B+E+M+P=100)

この卵により配合調整した微細米粉ドーナツを作成し、標準小麦粉ドーナツと外観、味、食感等を比較検討した。外側の亀裂は標準小麦粉ドーナツと同程度になり、牛乳により配合調整した場合には膨らみに欠けたが、卵で調整した微細米粉ドーナツでは改善された。外観については、色形も含め標準小麦粉ドーナツに対して違いはほとんど認められなかった（図2(a)）。食感の指標となる破断応力については、標準小麦粉ドーナツの値（3.57N）に近い3.22Nで、破断曲線も小麦粉ドーナツのものに近くなり、内側生地の柔らかさも小麦粉ドーナツに非常に近いものとなったことが確認できた（図3）。官能検査の結果では、表面の硬さがなくなり亀裂形成による水分の蒸散も防がれたため、しっとり感が増した分クリスピーな食感の評価が下がったが、全体的な美味しさの評価は牛乳で調製した微細米粉ドーナツはもとより標準小麦粉ドーナツをも上回るものとなった（図

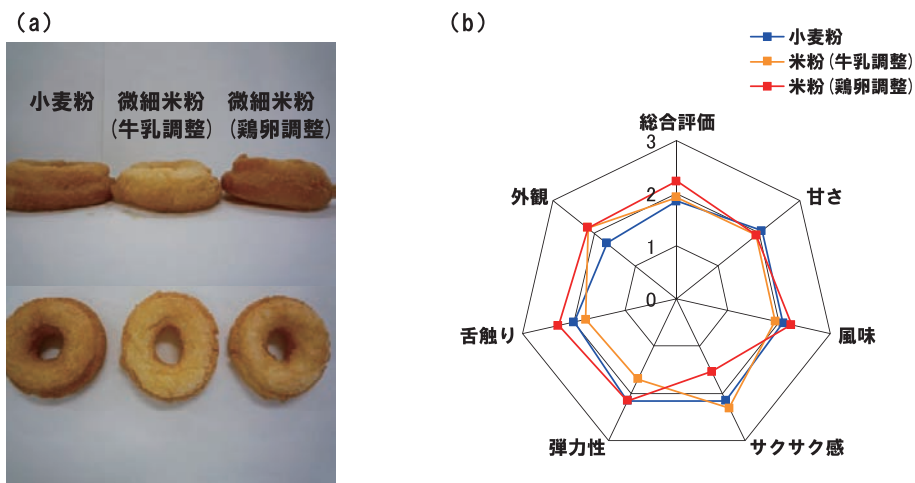


図2 小麦粉ドーナツと微細米粉ドーナツ（牛乳調整・鶏卵調整）の比較  
(a) 外観写真 (b) 官能試験結果 (n=13)

2(b))。卵により調整した微細米粉ドーナツは、外観、味、風味、食感などの観点から、牛乳により調整した微細米粉ドーナツに見られた不足点を全てクリアし、標準小麦粉ドーナツとほぼ同等のものとして評価できると推察された。卵の添加は米粉特有の香りをマスキングする力が牛乳などに比べても特に強く、小麦粉の代替として米粉を使用する際には鍵となる添加食材であると考えられた。

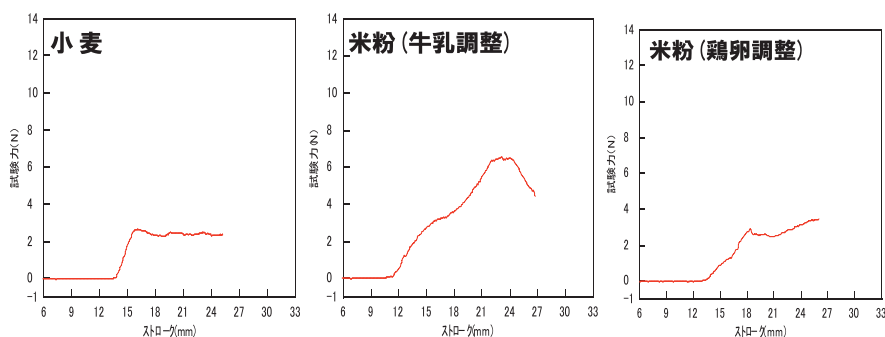


図3 小麦粉及び微細米粉ドーナツ（牛乳調整・鶏卵調整）の破断試験結果

#### 4. まとめ

本研究では、微細米粉の利用促進に向けて、小麦粉調理の基本配合に対する調整のポイントとなる微細米粉の調理特性を明らかにすることを試み、以下のことが明らかになった。

- ・小麦粉代替用として一般に市販されている梗種の微細米粉については、小麦粉に比べて全般的に吸水性が高く吸油性は低いといった性質を持つが、市販の微細米粉における吸水率・吸油率については製粉方法により違いがあり、特に吸水率はドウやバター生地を作成する際の水分調整に有効な指標になるものと考えられた。
- ・微細米粉では吸油性が小麦粉に比べて低く、クッキーのような油脂配合の高い小麦粉調理においては微細米粉による100%代替は適さないものと考えられた。
- ・小麦粉調理を微細米粉で代替する際の配合調整は水分調整を主とし、調整副材としては米粉特有の白い仕上がりや米の香りを防ぐ効果が強いことから、卵が最も有効であると考えられた。

#### 引用文献

- 1) 大坪研一. 2012. 『米粉 BOOK』( 幸書房 ) 1-54.
- 2) 長沼誠子. 2003. 「米粉の理学的性質および調理特性に及ぼす微粉化の影響」『秋田大学紀要（自然科学）』58, 29-35.
- 3) Nakamura S. and Ohtsubo K. 2010. Influence of Physicochemical Properties of Rice Flour on Oil Uptake of Tempura Frying Batter. *Biosci. Biotechnol. Biochem...*, 74(12), 2484-2489.



- 4) 松本文子・大武幸子. 1957.「油脂調理に関する研究（第一報）－ Doughnut について－」『家政学雑誌』 8(4), 154-157.
- 5) 佐藤之紀・高田昌子・野口駿. 1991.「ドーナツの吸油に影響する要因－ドウの配合と大きさの影響－」『日本家政学会誌』 42(4), 377-380.
- 6) 吉見つや・竹林やゑ子. 1970.「イースト・ドーナツの製法に関する研究」『日本食品工業学会誌』 17(4), 275-278.
- 7) 長尾慶子・横川知子・畑江敬子・島田淳子. 1994.「ドーナツにおける亀裂とその材料配合及び品質評価との関係」『調理科学会誌』 27(1), 25-30.