

## 新潟産米粉（こしのめんじまん）を利用した生パスタ生地の 力学特性と食感について

佐藤恵美子<sup>1\*</sup>、永井 紘太<sup>1</sup>、山田 碧<sup>1</sup>、吉井 洋一<sup>2</sup>

米消費量が減少している現在、米粉としての利用拡大と麺などの技術開発が期待されている。本報告では、米粉生パスタの破断特性に及ぼす鶏卵ならびに加熱時間（3分、5分、7分）の影響について検討した。さらに、デュラムセモリナ（硬質小麦）とこしのめんじまん（麵用米粉、グルテン14%含有新潟産）を用いた生パスタ生地の力学特性と官能検査について比較検討した。こしのめんじまんとデュラムセモリナ生地は、各供試粉、食塩、卵、水を添加して調製し、ミキサーを用いて50rpm 5分間、70rpm 10分間混捏攪拌した。パスタローラーで生地を伸張させ、パスタカッターで幅6.5mmに切り、沸騰水中で加熱した。加熱前と加熱後の生パスタ生地をレオナーRE-3305（山電）にて、破断測定とテクスチャー測定を行った。破断特性はいずれも延性破断を示し、加熱後のこしのめんじまんパスタ生地の破断歪率は、卵白添加試料が最も高く、破断しにくいタフな特性を示した。また、5分加熱生地の破断歪率（78.3%）と7分加熱生地（78.5%）は共に高く、両者の間に有意差は認められなかった。5分加熱後のパスタ生地の破断応力に及ぼす放置時間の影響は、放置時間の増加に伴って破断応力と破断歪率は低下し、5～8分で最も減少した。こしのめんじまんとデュラムセモリナの比較においては、官能検査のSD法により、5分加熱試料は硬く弾力があるが、7分加熱試料は軟らかくもちりとした食感を示した。加熱前の卵添加のこしのめんじまんの破断歪率（53.0%）は、デュラムセモリナの破断歪率（70.2%）よりも低いですが、加熱によってこしのめんじまん生地（77.3%）は、約24%も増加した。こしのめんじまんで調製した生パスタの破断特性と官能検査のもちりとした弾力性は、卵添加と加熱操作によってデュラムセモリナの生地に劣らず、おいしさの点からも高く評価された。

キーワード：力学特性、テクスチャー、生パスタ、米粉、こしのめんじまん、デュラムセモリナ

### 緒言

米を主食とする日本人の食生活の構造が変化しつつある。小麦を使った麺やパンなどの消費量が増え、米の国内消費量は減少している。このような情勢の中で昭和50年代より米の消費拡大用途拡大が求められ、種々の食品や技術が検討・開発されている。従来の米粒のまま利用・加工を行う粒食から、麺・パンなどの小麦粉製品への適用を想定して、粉食化が提唱されてき

た。米粉を用いたケーキやうどん、パンの研究も行われており、小麦粉とは異なる米粉特有のテクスチャーがみられ、さらに、機能性を高めるべく米粉の特性や製粉方法<sup>1)</sup>について研究されている。著者らは、すでに低アミロース米の秋雲粉を使用した葛・米粉ゲルのレオロジー特性<sup>2)</sup>、ゴマ豆腐<sup>3) 4)</sup>やブラマンジェ<sup>5)</sup>に秋雲粉を添加したレオロジー特性について報告している。いずれの実験においても低アミロース米粉<sup>6)</sup>の添加は静的粘弾性の初期弾性率を減少

<sup>1</sup>新潟県立大学人間生活学部健康栄養学科 <sup>2</sup>新潟県農業総合研究所食品研究センター

\* 責任著者 連絡先:emi-sato@unii.ac.jp

利益相反:なし

させ、官能検査では軟らかくなめらかであることがわかった。しかし、麺類の研究はされている<sup>7) 8)</sup>が、米粉を用いたパスタに関しては発展途上である。小麦粉とは異なりグルテンが含まれない米を麺類などの食品に加工することは、困難な課題とされていたが、新潟県では、微細製粉技術や気流粉碎技術<sup>9)</sup>などにより、利用性の高い米粉の製造がなされ実用化されている。生パスタの特徴は、鶏卵を使用しているため独特のテクスチャー<sup>8)</sup>を有し、加熱時間と食味との相互作用について検討することは興味深いことである。米粉の利用推進とより良い食味食感の優れた米粉パスタを研究するために、高アミロース米粉の麺専用こしのめんじまん<sup>1)</sup>を用いて生パスタを調製した。生パスタは、乾燥パスタと比べソフトで粘りの強い食感が特徴であることから米粉本来の品質特性を生かしやすい。生パスタの力学特性に及ぼす鶏卵ならびに茹で時間、加熱後の放置時間の影響について、大変形領域の破断特性、テクスチャー、官能検査について検討した。さらに、硬質小麦粉のデュラムセモリナと麺用米粉こしのめんじまんを用いて調製した生パスタ生地の力学特性について比較検討した。

## 方法

### 1. 供試材料

こしのめんじまん<sup>10)</sup>は(グルテン14%含有米粉、アミロース含有量27.6%<sup>11)</sup>、新潟市坂井製麺(株)製の高アミロース米である。本報告では、「こしのめんじまん」を以下、図表の余白の都合上「めんじまん」とする。こしのめんじまは、気流粉碎方式で製造された米粉であり、気流粉碎法<sup>9)</sup>は原料米を酵素処理して組織を粉質化したものを脱水処理し、気流を発生する機械に入れて一定の粒度にする方法である。比較的粒子の大きさが揃いやすいことが特徴である。さらに比較検討のために用いたデュラムセモリナ(硬質小麦)は、新潟市坂井製麺(株)より購入した。他の供試材料は、食塩(財団法人塩事業センター)、鶏卵、オリーブオイル(ドンフェデレ社 エクストラヴァージンオイル)を使用した。鶏卵は、生産後1週間以内の新鮮卵(卵黄係数0.44)を購入した。表1

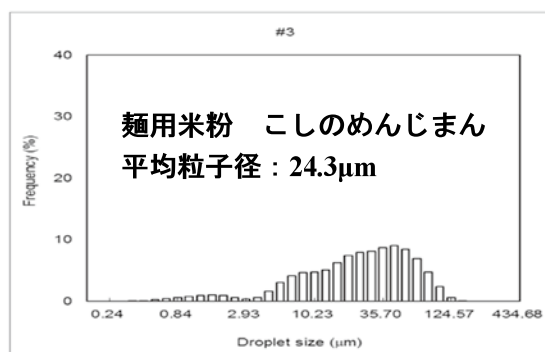


Figure 1. Average diameter of *Menjiman*

に供試材料の米粉こしのめんじまんとデュラムセモリナの一般成分を示した。こしのめんじまは日本穀物検定協会に分析依頼してデータを得た。デュラムセモリナは、「日本食品成分表2010」によるものである。デュラムセモリナはやや水分、脂質がこしのめんじまよりも多く、ふすまがあるため灰分がやや多いが、2種共に、ほぼ近似した成分値を示した。図1にこしのめんじまの粒度分布を示した。嶽本<sup>12)</sup>の測定法を参考にし、99.5%エタノールに分散させ、バッチ式にて測定し、レーザー回折式粒度分布計(SALD-2100, 島津製作所)により粒度分布を測定した。平均粒子径は24.3 $\mu$ mである。

### 2. 米粉生地の調製と加熱方法

米粉(こしのめんじま)120g、食塩2g、十分に攪拌した鶏卵120g、オリーブ油12gの順に専用ボールに加え、ミキサー(Kitchen Aid KSM100)を用いて50rpmで5分間、70rpmで15分間混捏した後、ラップで米粉生地を包み冷蔵庫に入れ30分間熟成させた。米粉生地を2分割し、パスタローラー(Kitchen Aid 付属)で圧延し、パスタカッター(Kitchen Aid 付属)を用いて麺を調製した。最も幅の広い1段階(幅2.5mm)で生地を1回伸ばし、二つ折りにして同じ方向から投入を繰り返し、常に一定の方向に4回ローラーで圧延した。カッターは幅6.5mmのものを使用した。①生パスタは一般に鶏卵<sup>8)</sup>を加えることにより加熱後独特の食感と強いコシを有する。鶏卵の影響を調べるために米粉生地を調製する際、全卵添加試料の他に、卵白のみを加えた試料(以下「卵白」とする)と卵黄のみを加えた試料(以下「卵黄」とする)を用意した。卵の部位ごとに水分含量が異なる

Table 1. Chemical composition of *Menjiman* and *Durum-Semolina* (%)

成分	水分	灰分	脂質	たんぱく質	炭水化物
こしのめんじまん	11.8	0.4	1.1	12.1	74.6
デュラムセモリナ	13.5	0.7	1.9	11.7	72.2

Table 2. Ingredient ratio and water contents of rice flour (*Menjiman*) dough

	全卵試料	卵白試料	卵黄試料
鶏卵の水分含有率	全卵:76.1%	卵白:88.4%	卵黄:48.2%
米粉使用量	120g	120g	120g
鶏卵添加量	全卵:120g	卵白:103.3g	卵黄:120g
生地の水分量	91.3g	91.3g	57.8g
加水量	0g	0g	33.5g
合計	91.3g	91.3g	91.3g
生地中の水分含有率	45.7%	45.7%	45.7%

ため、全卵の水分量を「食品成分表 2010」の値から 76.1% にしたがって計算したところ、全卵 120g の水分量が 91.3g となり、米粉生地の水分含有率は 45.7% となった。全卵 (76.1%)、卵白 (88.4%)、卵黄 (48.2%) の各水分含有率を、卵白と卵黄の米粉生地について、45.7% に統一することにし、その配合割合を表 2 に示した。全卵添加試料、卵白添加試料および卵黄添加試料を麺状に調製して 5 分間加熱した試料を 2cm の長さに切り、破断測定を行った。②加熱時間の影響では、直径 14cm の鍋に沸騰した湯 500 ml を入れて電熱器で再沸騰させた後、全卵米粉試料を 30g 投入し、3 分、5 分、7 分と加熱時間を設定した。加熱終了後 20℃ の水道水で 15 秒間水洗し、長さ 2cm の麺帯に切って測定用試料とした。③加熱後の放置時間による影響では、放置時間を 5 分、8 分、15 分、30 分、60 分、120 分に設定し、全卵米粉パスタを 20℃ の水道水 50g の中に入れ庫内温度 20℃ のインキュベーター (PCI-301 アズワン株式会社) で、所定の放置時間に取り出して破断測定を行った。④米粉 (めんじまん) とデュラムセモリナの生パスタ生地を加熱前と加熱後 (加熱時間 5 分) の比較、全卵無添加と全卵添加生地を比較検討のために上記に述べたと同様に調製した。

### 3. 米粉生地の力学測定方法<sup>13) ~ 18)</sup>

加熱前の米粉生地については、テクスチャー

測定を行った。クリープメータ (レオナー RE-3305 (株山電)) を用いて定速圧縮試験を実施し、自動解析ソフトウェア (テクスチャー解析 Windows ver.1) にて測定した。プランジヤーは面積が 1 × 10mm の楔型プランジヤーを用い、測定条件は圧縮率 80%、測定速度 1.0mm/sec、接触面積 10.0mm、格納ピッチ 0.02 ~ 0.03sec、測定点数 300 個に設定した。破断測定<sup>19) ~ 21)</sup> とは、破断応力については物質が破断するに至るまで加わる単位面積当たりの力、破断歪率とはサンプルの厚さと圧縮による破断変形の比率、破断エネルギーとは破断するに至るまで必要な単位面積当たりの仕事量を示し、計算式を図 2 に示した。同様に、クリープメータ (レオナー RE-3305、(株山電)) を用い、プランジヤーは面積 1 × 10mm、楔形を用い、測定歪率 100%、測定速度 1.0mm/sec、サンプルの厚さ 3.0mm (平均)、接触面面積 10.0mm、測定点数 150 個に設定した。テクスチャー測定、破断測定共に、

$$\text{破断応力} [N/m^2] = \frac{\text{破断荷重}}{\text{接触面積}}$$

$$\text{破断歪率} [\%] = \frac{\text{破断変形}}{\text{サンプルの厚さ}} \times 100$$

$$\text{破断エネルギー} [J/m^3] = \int_0^{Y_f} P d\varepsilon$$

Figure 2. Method of count equation of fracture values

1つの試料につき5回行って再現性を確認し、平均値と標準偏差を求めた。試料の比較は、平均値の差の検定を Tukey の多重比較<sup>22)</sup> による分散分析を行って検定した。\*\*は確率 (P) が1%の危険率で、\*は確率 (P) が5%の危険率で有意差が認められた場合を示した。

#### 4. 官能検査

パネルは新潟県立大学健康栄養学科学生合計11人で行った。官能検査は①パスタの加熱時間の影響について検討した。3分、5分、7分、加熱時間の異なる3種類の全卵使用試料を用いて、SD法および順位法により検討した。試料は加熱後の放置時間によって、テクスチャーが変化するため、加熱終了した生パスタを15秒間水洗した後、皿に3種類の加熱時間の異なる試料を3本ずつ提供して検査した。検査時間は、検査始めから終了まで5分程度を目安とした。SD (Semantic Differential) 法<sup>23) 24) 25)</sup> は5つの評点項目について、対となる言葉を並べ、1～5段階の評価尺度でパネラーが独自の尺度で評点をつけ、パネラー全員11名の合計の評点平均値を尺度上にプロットし、SD曲線により比較検討した。項目は硬さ(試料を上あごと舌で押しつぶすために要する力)、弾力性(試料を押したときに跳ね返ってくる力)、歯切れの良さ(試料を噛みきる際のスムーズさ)、もちり感(適度な弾力と軟らかさ)、おいしさについて行った。順位法も同様の上記5項目について、より強く感じたものから1位～5位として順位を付けた。試料数(t)とパネル数(n)からパネラー全員の順位合計値をKramerの有意差検定<sup>23)</sup>によって検討した。具体的には、試料数3、パネル数11のKramerの有意差検定表は、危険率1% (\*\*;  $p < 0.01$ ) は検定表より4.32となり、合計値が4以下で順位が高く(数字は小)評価され、32以上で順位が低い値(数字が大)の試料にaで表し、危険率5% (\*\*;  $p < 0.05$ ) の場合は、b; (\*,  $P < 0.05$ ) で表され、Kramerの検定は、5-31となり、該当する試料にbで表した。順位合計値の試料間の差の検定は、Tukeyの多重比較<sup>22)</sup>により行った。さらに、②米粉生地とデュラムセモリナを5分間加熱したパスタについて評点平均値をプロットし、有

意差検定<sup>22)</sup>を行い、SD曲線により比較検討した。

#### 結果と考察

##### 1. 米粉生地の力学特性(大変形領域)に及ぼす全卵、卵白、卵黄の影響

図3に鶏卵添加が、未加熱米粉生地の硬さ応力に及ぼす結果を示した。卵黄添加生地のかたさ応力が最も高い値を示し、次いで全卵、卵白の順となった。また、表3、図4の5分加熱の

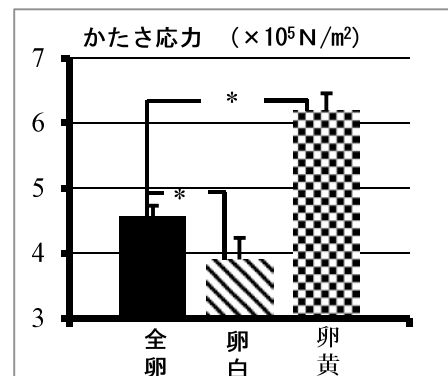


Figure 3. Hardness of Menjiman doughs without cooking on the whole egg, egg white and egg yolk.

\*;  $p < 0.05$

米粉生地の破断測定の結果から、破断応力は高い順に、全卵、卵白、卵黄の順となり、全卵と卵白に、5%の危険率で有意差が認められた。破断歪率では全卵が78.34%、卵白が82.59%、卵黄が66.04%となり、卵白が最も高く、卵白と全卵の間に5%の危険率で、全卵と卵黄の間に1%の危険率で有意差が認められた。卵黄生地は、加熱前では脂質含量が多いため、かたさ応力が高くなるが、加熱後の卵黄の破断応力は小さく、また破断歪率の値が小さいことから、もろく崩れやすい生地になったと考えられる。また、卵白は起泡性があるために、調製中の攪拌操作により多くの気泡を取り込むため、加熱前はかたさ応力の小さい生地になったと考えられる。しかし、図4の5分加熱後の米粉パスタの破断応力は、高い順に全卵、卵白、卵黄の順であるが、加熱5分後の破断歪率は卵白が最大となり、ジスルフィド結合によって内部構造が強固で崩れにくい構造になったことから、破断しにくいタフな生地になったと推察される。卵白は破断歪率の大きい、もちりとした切れに

Table 3. Fracture properties of *Menjiman* pasta: the whole egg, egg white and egg yolk cooked for 5 min.

5分加熱	全卵添加試料	卵白添加試料	卵黄添加試料
破断応力( $\times 10^5 \text{N/m}^2$ )	5.78 $\pm$ 0.12	5.23 $\pm$ 0.44	3.98 $\pm$ 0.15
破断歪率(%)	78.34 $\pm$ 1.18	82.59 $\pm$ 2.69	66.04 $\pm$ 1.24
破断エネルギー( $\times 10^5 \text{N/m}^2$ )	1.8 $\pm$ 0.07	1.64 $\pm$ 0.16	1.13 $\pm$ 0.12

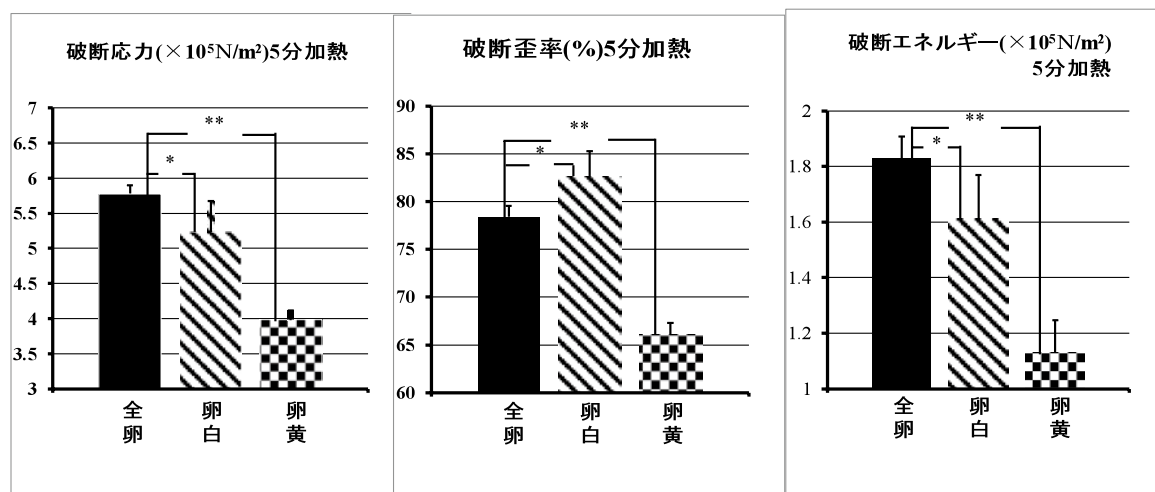


Figure 4. Fracture properties of *Menjiman* pasta : the whole egg, egg white and egg yolk cooked for 5 min.

\*\* ; p<0.01 \* ; p<0.05

Table 4. Fracture properties of *Menjiman* pasta using whole egg cooked for 3, 5 and 7 min.

加熱時間	3分加熱	5分加熱	7分加熱
破断応力( $\times 10^5 \text{N/m}^2$ )	6.03 $\pm$ 0.34	5.78 $\pm$ 0.12	5.1 $\pm$ 0.19
破断歪率(%)	74.23 $\pm$ 1.80	78.34 $\pm$ 1.18	78.47 $\pm$ 1.70
破断エネルギー( $\times 10^5 \text{N/m}^2$ )	1.6 $\pm$ 0.18	1.51 $\pm$ 0.09	1.29 $\pm$ 0.07

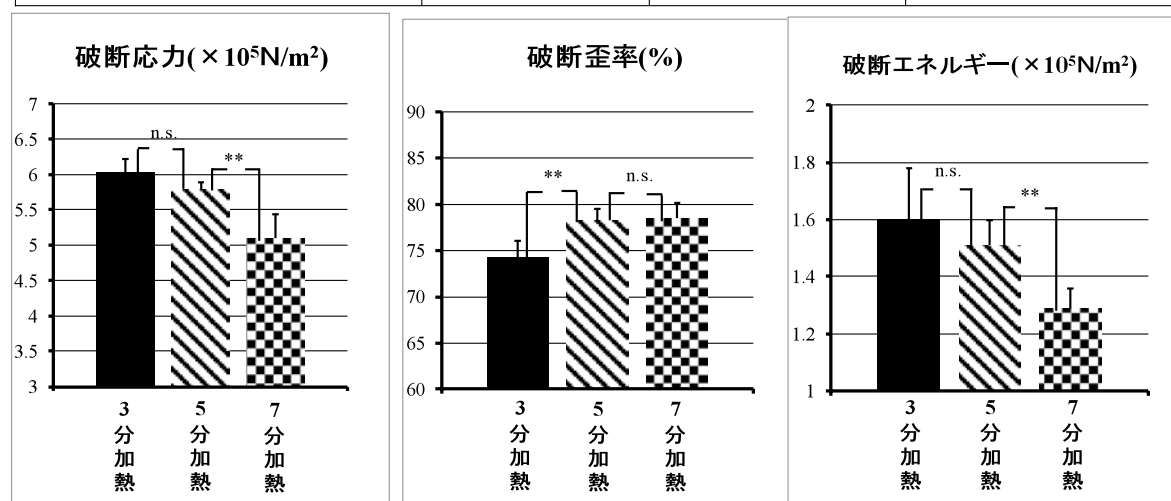


Figure 5. Fracture properties of *Menjiman* pasta using whole egg cooked for 3, 5 and 7 min.

\*\* ; p<0.01 \* ; p<0.05 n.s ; no significant difference.

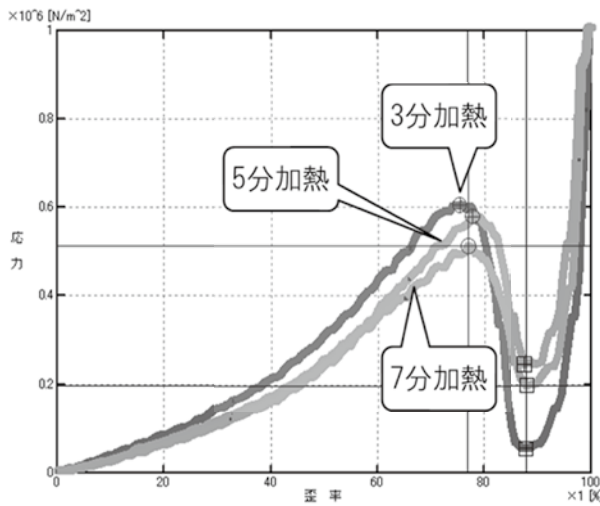


Figure 6. Fracture curves of *Menjiman* pasta with the cooking times.

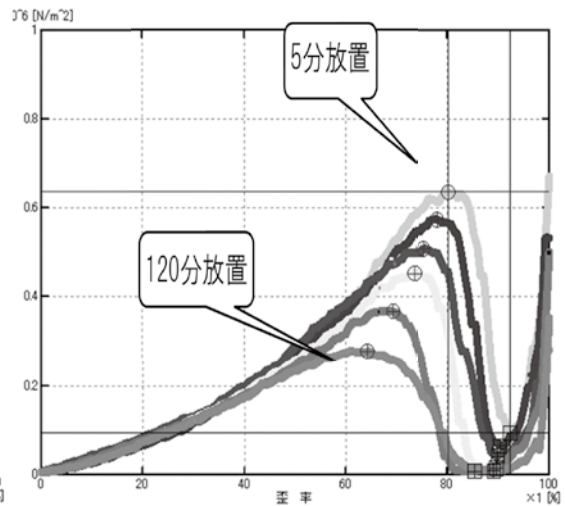


Figure 7. Fracture curves of *Menjiman* pasta with the soaking time in the water at 20 °C after cooked for 5min.

Table 5. The decrease ratio of fracture strain in *Menjiman* pasta with the soaking time

放置時間	破断歪減少率/1分あたり
5~8分	0.92%/分
8~15分	0.15%/分
15~30分	0.16%/分
30~60分	0.23%/分
60~120分	0.15%/分

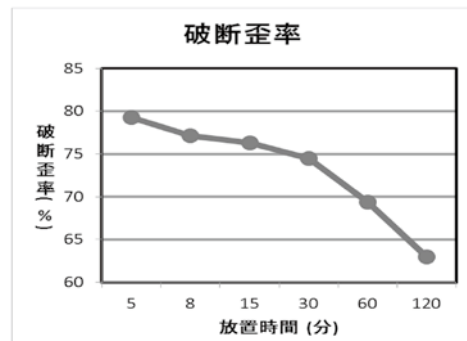


Figure 8. The decrease ratio of fracture strain in *Menjiman* pasta with the soaking time.

くいテクスチャーを作り出すことがパスタのテクスチャーに及ぼす要因の一つであることが示唆される。

## 2. 米粉生地の加熱時間の影響

表4、図5、図6に加熱時間が米粉生地の破断測定に及ぼす結果を示した。いずれの破断曲線もゴマ豆腐<sup>19)~21)</sup>と同様に破断歪の大きい延性破断を示した。米粉パスタの破断応力は、加熱時間の増加に伴って低下した。3分と5分には有意差は認められないが、加熱5分と7分には1%の有意差が認められた。破断歪率は3分加熱試料は74.23%、5分加熱試料78.34%、7分加熱試料は78.47%であり、加熱時間に伴ってわずかに増加した。3分加熱と5分加熱試料の間には1%の危険率で有意差が認められたが、5分加熱と7分加熱試料の間には有意差が

認められなかった。生パスタの食感としてはコシの強さが重要であるが、破断歪率は麺のコシの強さに関与するパラメーター<sup>20), 21)</sup>である。この結果から、生パスタの場合は5分~7分加熱が食感の良い(コシの強い)加熱時間であることがわかった。

## 3. 加熱後の放置(浸漬)時間の影響

加熱後の放置時間(20℃の水に浸漬した時間)に伴う代表的な破断曲線を図7に示した。最も破断応力の値が高い試料は、加熱後5分浸漬試料であった。以後、8、15、30、60、120分間と浸漬時間が長くなるにつれて、破断応力や破断歪率、破断エネルギーが低下した。加熱後の米粉パスタが時間の経過に従って、水分を吸収したため軟らかく、コシがなくなったことを示唆している。また麺の表面と中心部の水分含量

の差が無くなり均一化し「麺が伸びた」状態になったことにより硬さの勾配がなくなり、一定の力で破断できるようになった。すなわち、加熱した麺のコシのある状態とは、パスタ内では加熱吸水初期に、結晶構造（ガラス状態）からラバー状態（粘弾性のあるゴム状態）に移り、パスタ表面付近に微小な凹凸の亀裂に熱水が急速に入り込み、パスタ表面のでん粉が糊化し、パスタ内部の澱粉粒が不均一に進行するため、凹凸のある水分分布となることが報告<sup>26), 27)</sup>されている。さらに長時間水中に放置することにより内部に水分が侵入し、拡散により浸透糊化が進むために麺の厚さが大きくなったと考えられる。表5、図8の放置時間の増加による破断歪率の減少率の結果から、浸漬時間5分～8分にかけての減少率が0.92%/分であり、最も大きい。8分以降は0.15%/分～0.23%/分であり、一定の割合で減少している。米粉生パスタは加熱終了後の5～8分以内に麺内部の水分が徐々に均一化することにより、破断歪率の減少率が大きくなった。このことは、生地のコシを弱くし麺のおいしさが減少するので、加熱（茹でた）後、できるだけ8分以内に試食することが望ましいと考えられる。放置時間の増加とともに破断特性値の減少は、パスタ内部の澱粉の吸水糊化<sup>7)</sup>が進行し、軟らかくなるためと考えられる。

#### 4. 米粉生地の加熱時間の影響について官能検査の結果

図9にSD法による官能検査の結果を米粉パスタの評点平均値よりSD曲線を示した。3分加熱試料は硬く、弾力性がなく、もちりとしていない、おいしくないと評価された。歯切れのよさでは3分、5分、7分加熱試料共に有意差が認められず、おいしさにおいては1%の有意差が認められたが、5分、7分加熱が同程度に高く評価された。SD法は、パネルが各個人が5段階尺度法で、点数をつけるので、差が小さい場合は、同程度の評点を付ける場合もある。図10の順位法による官能検査においてはSD法とは異なり、高い試料から順に1,2,3,4,5位と順位をつけて評価するので、順位合計の小さい方が高く評価される。硬さは硬い順に、3分、5分、7分加熱となり、Kramerの検定に

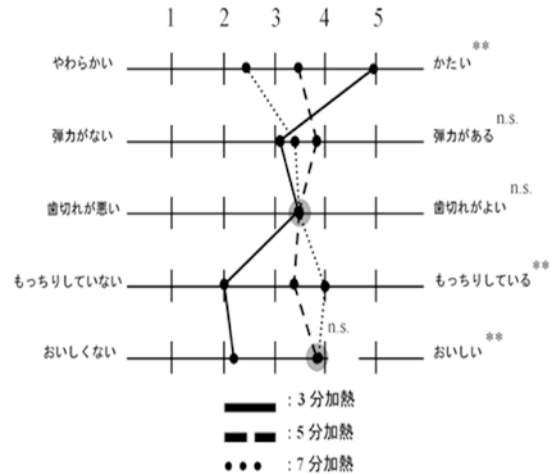


Figure 9. Sensory evaluation by SD method.

\*\*; $p < 0.01$ , n.s; no significant difference

より、7分加熱に1%の危険率で有意差が認められ、最も軟らかいことが認められた。試料間では、3分と7分の間に1%の危険率、5分と7分の間には、5%の危険率で有意差が認められた。弾力性は弾力のある試料から順に5分、3分、7分加熱の順となった。歯切れの良さは、3分、5分、7分加熱の順となり、硬さの順位と同様の傾向を示した。もちり感の順位は、7分、5分、3分の順となり、いずれの試料間にも、有意差は認められなかった。Figure 9のSD法では、「もちりしている」に1%の危険率で有意差が認められたが、Figure 10では、認められないことより、SD法では、3分加熱がもちりしていない方(2)へ同程度に判断したパネルが複数であることが推察された。おいしさについては、最もおいしくないのは、3分加熱で、Kramerの検定により5%の危険率(b)で、有意差が認められ、5分加熱が最も高く評価され、おいしいとされた。3分と5分加熱の間に5%の危険率で有意差が認められたが、5分と7分加熱の間には有意差が認められなかった。図9のSD法のおいしさの項目では5分加熱試料と7分加熱試料は有意差がみられなかったが、順位法では5分加熱が好ましいと評価され、5分、7分加熱の試料間の差が小さいという点において、SD法の結果と類似していた。おいしさの評価が高いパネルと低いパネルに分かれたことにより、嗜好性には個人差があることがわかった。やや硬く弾力がある生パ

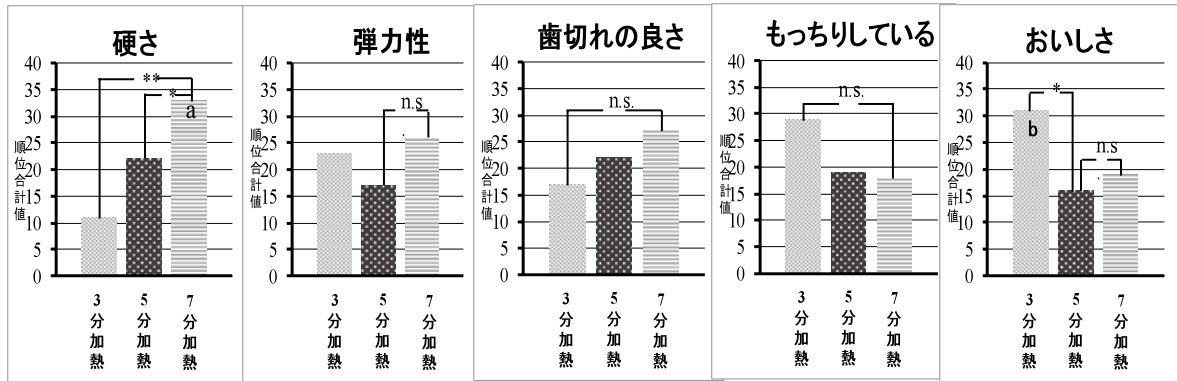


Figure 10. Sensory evaluation by ranking method

a; Kramer の検定より 1% の危険率で有意差があり、 $p < 0.01$

b; Kramer の検定より 5% の危険率で有意差があり、 $p < 0.05$

\*\*; $p < 0.01$ 、\*; $p < 0.05$ 、 $n.s.$ ; no significant difference

スタを好ましいと感じるパネラーは 5 分加熱試料を、軟らかくもちりしたテクスチャーを好ましいと感じるパネラーは 7 分加熱試料を好む傾向が示唆された。

## 5. 米粉生地（以下めんじまんとする）とデュラムセモリナの pasta 生地に及ぼす力学特性の比較

### (1) 破断特性

表 6、図 11 にデュラムセモリナおよび米粉（めんじまんとする）pasta 生地の加熱前ならびに加熱後の破断測定の結果を示した。いずれの pasta 生地もゴマ豆腐と同様に代表的な延性破断曲線<sup>18) .19) .20)</sup>を示した。加熱前の破断応力は、卵添加の有無に関係なく、めんじまんの値がデュラムセモリナよりも大きく、どちらも 1% の危険率で有意差が認められた。加熱前のデュラムセモリナは軟らかく粘弾性の強い生地であるが、めんじまは硬く粘弾性の低いもろい生地であることを示している。加熱後の卵無添加のデュラムセモリナおよびめんじまんの破断応力は僅かに加熱前よりも低下した。加熱後の卵添加デュラムセモリナ (72.9%) とめんじまん (75.1%) の破断応力は加熱前よりも増加し、両者に有意差は認められなかった。破断歪率において加熱前のデュラムセモリナの卵無添加は 78.29% であり加熱後は 72.91% とやや低下した。一方、加熱前の卵無添加のめんじまは 51.42% であるのに対し、加熱後 78.70% と大幅

に増加した。すなわち、めんじまは加熱すると破断歪率が増加し、弾力性のある生地となりデュラムセモリナの破断歪率に類似したコシの強いタフな特性を示した。めんじまの加熱前は、デュラムセモリナよりも硬いが、卵の添加と加熱により、デュラムセモリナと同程度に破断歪率が高く、コシのある生地になった。すなわち、卵無添加試料の破断応力は、両試料ともに加熱により低下がみられ、生地は軟らかくなる一方、卵添加試料では加熱後大幅に増加し、デュラムセモリナよりもめんじまが高い値を示した。卵添加は、加熱後の試料の破断応力を増加させ、生地に硬さを与え、卵の熱凝固性がでん粉のネットワークを強固にしている<sup>8)</sup>と考えられる。すなわち、加熱前のめんじまは、デュラムセモリナよりも破断応力が高く、破断歪率が小さい米粉生地であるが、加熱によってめんじまは軟らかくコシのある pasta に変化したといえる。

### (2) テクスチャー特性

表 7、図 12 にデュラムセモリナおよびめんじまの加熱前ならびに加熱後のテクスチャー測定結果を示した。加熱前のかたさ応力は、卵無添加および卵添加共に、めんじまの方が大きく、デュラムセモリナとの間に 1% の危険率で有意差が認められた。加熱後は、卵無添加のデュラムセモリナとの間に、1% の危険率で有意差が認められた。加熱後の卵無添加のデュラムセモリナは、かたさ応力が加熱によりわずかに増



Table 6. Fracture properties of *Menjiman* and Durum–Semolina doughs on the pre-cooking and after cooking

卵無添加	加熱前		加熱後	
	デュラムセモリナ	めんじまん	デュラムセモリナ	めんじまん
破断応力( $\times 10^3 \text{N/m}^2$ )	8.26 $\pm$ 0.72	10.87 $\pm$ 0.98	6.48 $\pm$ 0.55	9.63 $\pm$ 0.56
破断歪率(%)	78.29 $\pm$ 1.04	51.42 $\pm$ 1.14	72.91 $\pm$ 3.10	78.70 $\pm$ 0.83
破断エネルギー( $\times 10^3 \text{N/m}^2$ )	2.10 $\pm$ 0.15	2.02 $\pm$ 0.40	1.75 $\pm$ 0.21	3.12 $\pm$ 0.13

卵添加	加熱前		加熱後	
	デュラムセモリナ	めんじまん	デュラムセモリナ	めんじまん
破断応力( $\times 10^3 \text{N/m}^2$ )	4.82 $\pm$ 1.12	10.12 $\pm$ 3.33	17.84 $\pm$ 0.26	18.69 $\pm$ 1.04
破断歪率(%)	70.17 $\pm$ 7.51	52.97 $\pm$ 3.60	75.18 $\pm$ 0.82	77.26 $\pm$ 0.48
破断エネルギー( $\times 10^3 \text{N/m}^2$ )	1.16 $\pm$ 0.27	2.05 $\pm$ 0.90	5.55 $\pm$ 0.13	5.61 $\pm$ 0.43

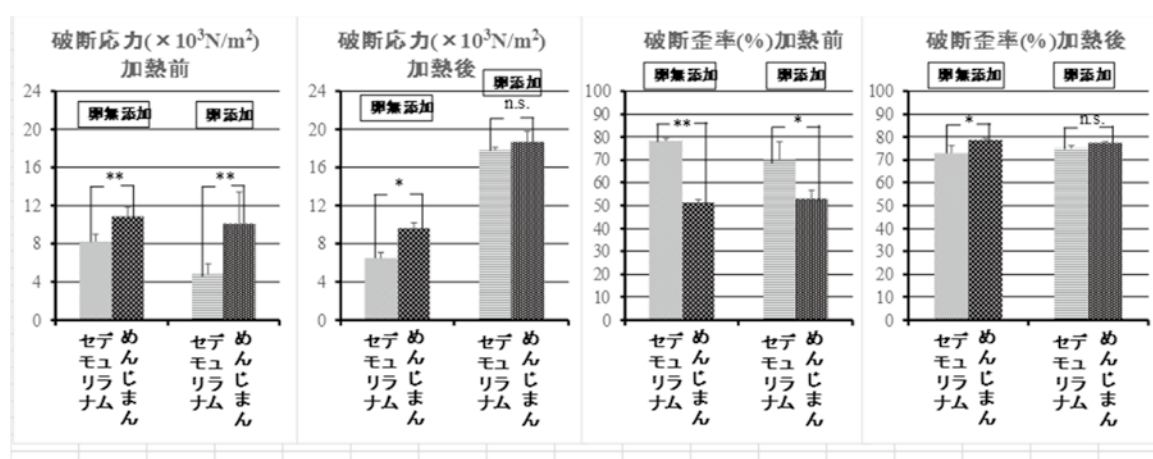


Figure 11. Fracture properties of *Menjiman* and Durum-Semolina doughs on the pre-cooking and after cooking

\*\*; $p < 0.01$  \*; $p < 0.05$  n.s.; no significant difference

Table 7. Texture properties of *Menjiman* and Durum-Semolina doughs on the pre-cooking and after cooking

卵無添加	加熱前		加熱後	
	デュラムセモリナ	めんじまん	デュラムセモリナ	めんじまん
かたさ応力( $\times 10^3 \text{N/m}^2$ )	5.38 $\pm$ 0.41	20.54 $\pm$ 1.10	6.21 $\pm$ 0.72	7.89 $\pm$ 0.88
凝集性	0.67 $\pm$ 0.03	0.49 $\pm$ 0.04	0.69 $\pm$ 0.04	0.77 $\pm$ 0.05
付着性( $\times 10^2 \text{J/m}^3$ )	5.56 $\pm$ 0.67	2.87 $\pm$ 0.43	3.10 $\pm$ 0.48	1.76 $\pm$ 0.12

卵添加	加熱前		加熱後	
	デュラムセモリナ	めんじまん	デュラムセモリナ	めんじまん
かたさ応力( $\times 10^3 \text{N/m}^2$ )	5.15 $\pm$ 0.22	16.03 $\pm$ 1.46	12.38 $\pm$ 0.56	9.17 $\pm$ 0.47
凝集性	0.65 $\pm$ 0.04	0.47 $\pm$ 0.03	0.78 $\pm$ 0.06	0.83 $\pm$ 0.08
付着性( $\times 10^2 \text{J/m}^3$ )	4.46 $\pm$ 0.30	4.54 $\pm$ 0.44	3.80 $\pm$ 0.43	4.67 $\pm$ 0.37

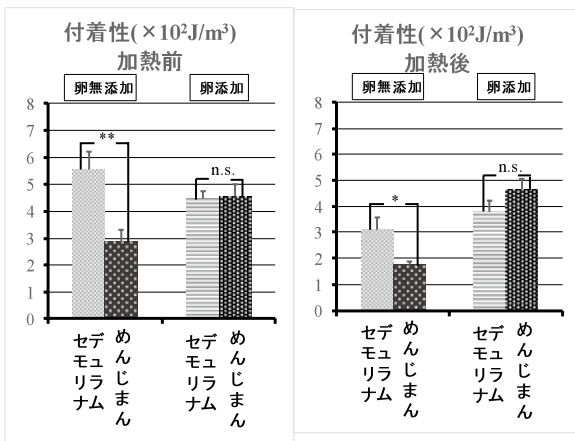
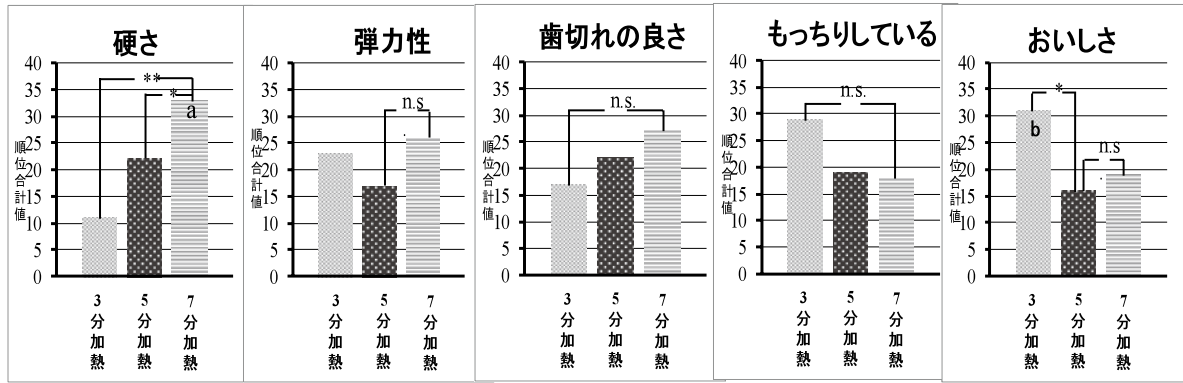


Figure 12. Texture properties of *Menjiman* and *Durum-Semolina* pasta on the pre-cooking and after cooking.

\*\*; $p < 0.01$ , \*; $p < 0.05$

n.s.; no significant difference

加し、めんじまは低下した。凝集性は、内部結合力及びコシの強さを示唆するパラメータである。加熱前において、卵無添加、卵添加ともにデュラムセモリナはめんじまよりも高い値を示した。加熱後は、卵無添加および卵添加共に、めんじまがデュラムセモリナよりも高くなり、各々 0.78、及び 0.83 と高い凝集性を示し、両試料間に有意差は認められなかった。凝集性について、デュラムセモリナは加熱によって僅かに増加したが、めんじまの方が加熱によって著しく増加し、内部結合力の強いコシのある性質を示し、破断歪率と類似した結果を示した。破断歪率とテクスチャーの凝集性は、相関性が高いパラメータである<sup>18)</sup>であるが、本報告においても同様の結果が得られた。付着性は、卵無添加において、加熱前はデュラムセモリナの方が、めんじまよりも大きく 1% の危険率で有意差が認められ、加熱後は 5% の危険率で有意差が認められた。卵添加において、加熱前と加熱後のデュラムセモリナとめんじまは、いずれも有意差は認められなかった。以上の結果から、破断特性と同様に加熱前のめんじまは

硬いが、加熱後は柔らかくなり、コシが強く粘りのある麺に変化することがわかった。

### 6. 米粉とデュラムセモリナパスタ生地の SD 法による官能検査の比較

図 13 に SD 法による卵添加生パスタの官能検査の結果を示した。「かたさ」「弾力」「歯切れの良さ」の項目において、デュラムセモリナはめんじまよりも高く評価され、1% の危険率で有意差が認められた。「おいしさ」の項目においては評点平均値がデュラムセモリナで 4.18、めんじまで 4.00 と有意差が認められなかった。「もちり感」はめんじまがデュラムセモリナよりも大きくなり、1% の危険率で有意差が認められた。したがって、「歯切れの良さ」と「もちり感」は相反するパラメータであることがわかった。手指による触感検査では、加熱前生パスタ生地について、全員がめんじまの方が硬いと答えたが、加熱後は、デュラムセモリナの方がやや硬くなり、めんじまは加熱により柔らかく、弾力があり、おいしさの評価が高くなった。加熱操作と全卵添加に

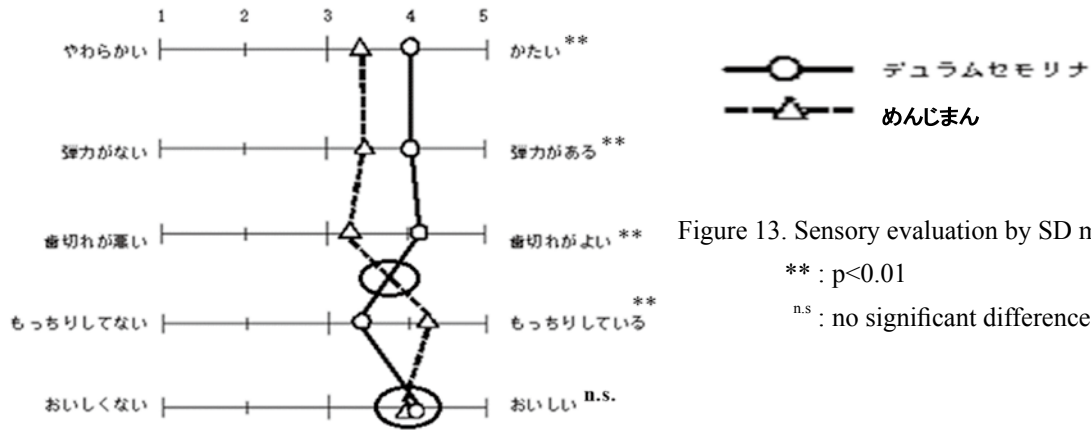


Figure 13. Sensory evaluation by SD method

\*\* :  $p < 0.01$

n.s. : no significant difference

よって、差が認められないほどめんじまんのおいしさは、デュラムセモリナの嗜好性の高いテクスチャー（食感）に近似していた。

### 結語

こしのめんじまは、卵添加と加熱操作によって弾力性やコシのある生地に変化し、デュラムセモリナの破断応力および破断歪率、およびテクスチャー特性の凝集性に近似する値を示した。官能検査の結果から、こしのめんじまは生地にもっちり感（粘りとこし）を与える特性があり、これは麺に必要なテクスチャーパラメーターであることより、米粉の特徴を生かした嗜好性の高い pasta 生地になることがわかった。

### 謝辞

麺用米粉の製造、流通について御懇切丁寧にご教示賜りました坂井製麺（株）取締役社長坂井秀博様に感謝申し上げます。また、新潟県米粉推進プロジェクトにご尽力され、米粉に関するアドバイスおよびご指導を賜りました新潟県立大学村田明彦様に感謝申し上げます。米粉の粒度分布測定にご協力いただきました三栄源エフエフアイ（株）船見孝博様に感謝申し上げます。

### 文献

1) 大坪研一．米粉普及に向けた新潟県の取り組み．新潟県農林水産部食品・流通課．米粉

Book. 東京；（株）幸書房．2012； 92-113.

2) 佐藤恵美子、草間千陽、佐竹妙子．葛・米ゲルのレオロジー特性に及ぼすゴマ乳及び牛乳添加の影響．人間生活学研究 2014； 5： 43-51

3) Sato E. Effect of rice flour produced in Niigata on the rheological properties of *Gomatofu* (Sesame tofu) . ISB-ISCH Abstract, Korea university (Soul) . 2015； 2-3

4) Sato E. Effect of rice flour produced in Niigata on the texture and viscoelasticity of starch gels and *Gomatofu* (Sesame tofu) . ACN 2015 (12th Asian Congress of Nutrition) , Food Science Abstract, Yokohama Japan, 2015； 258.

5) 佐竹妙子、大山美幸、佐藤恵美子．コーンスターチゲルのレオロジー特性に及ぼす米粉添加の影響．新潟人間生活学会 ポスター発表、2014.

6) 吉井洋一、有坂将美、城斗志夫、他．低アミロース米の理化学的特性．日食科工誌 1997;44:363-69.

7) 三木英三、平田紀子、難藤晴美、他．茹めんのテクスチャー評価．香川大学農学部学術報告 1995 ;47: 133-42.

8) 阿部芳子、上船津暢子、市川朝子、他．麺の食味と物性におよぼす卵の影響．日本調理科学会誌 2006； 39： 289-95 .

9) 大坪研一．米粉の麺製品への利用．米粉 Book. 東京；（株）幸書房、2012； 55-59.

- 10) 石崎和彦、松井崇晁、金田智、他3名．  
水稲新品種「こしのめんじまん」．*Journal of the Niigata Agricultural Research Institute* 2011 ;11: 19-26.
- 11) 吉井洋一、本間紀之、赤石隆一郎．新潟県における米粉、米粉麵への取り組み．*日食科工誌* 2011 ; 58:187-95.
- 12) 嶽本あゆみ、工藤康文、三牧奈美、他3名．  
瞬間的高圧処理による米粉の粒度分布比較．  
平成22年度熊本大学総合技術研究会 生懸・  
農林水産技術分野発表 2011.
- 13) 佐藤恵美子．食品素材の調理機能．森高初恵 佐藤恵美子編．*調理科学* 第3版．東京：建帛社、2014; 168-72.
- 14) 佐藤恵美子．ごま豆腐．*日本調理科学会誌* 1998 ; 31: 172- 77.
- 15) 佐藤恵美子．ゴマ豆腐のテクスチャーに及ぼすゴマ材料の種類の影響．*日本調理科学会誌* 2001; 34: 295-300.
- 16) Sato E. Effect of different kind of sesame materials on the physical properties of *Gomatofu* . In: Nishinari K. *FOOD HYDROCOLLOIDS. Amsterdam : Elsevier Science printed 2003 ; 17: 901-06.*
- 17) 佐藤恵美子、山保智美、玉木有子．ゴマ豆腐の特性と食感に及ぼすショ糖添加量の影響．*人間生活学研究* 2013 ; 4 : 113-22.
- 18) Sato E , Watanabe M, Nishinari K. The effect of sesame oil contents on the mechanical properties of *Gomatofu* , *Journal of the Society of Rheology Jpn*, 2005 ; 33: 43-51.
- 19) Sato E , Watanabe M, Noda S, et al. Roasting Conditions of Sesame Seeds and Their Effect on the Mechanical Properties of *Gomatofu* (Sesame tofu) . *Journal Home Economics. Jpn.* 2007: 58: 471-83.
- 20) 佐藤恵美子、中野恵利子、筒井和美．ゴマ豆腐の破断特性およびテクスチャーに及ぼす澱粉の種類の影響．*人間生活学研究* . 2010;1:1-10.
- 21) Sato E. The effect of Preparation Condition on the rheological properties of *Gomatofu* (Sesame tofu) . In : Kaneda I. *Rheology on bio-related Soft-mater fundamentals and Applications* issue, Netherland in Amsterdam : Springer;2015 : in press.
- 22) 佐藤信．統計的官能検査法．東京：日科技連出版社．1985 ; 196- 202.
- 23) 澤山茂、森高初恵．官能評価法．大羽和子、川端晶子編著、*調理科学実験*．第4版．東京：(株)学建書院、2011;76-113.
- 24) 佐藤恵美子、村山篤子、森高初恵．成分抽出素材の調理性に関する実験．大羽和子、川端晶子編著、*調理科学実験*．第4版．東京：(株)学建書院、2011;174-201.
- 25) 井部奈生子、肥後温子．市販のぬれせんべいの分類とタイプ別製品特性．*日本調理科学会誌* 2012;45:189-96.
- 26) 小川剛伸、安達修二．パスタ内の水の移動メカニズム．第42回食品の物性に関するシンポジウム運営委員会、第42回食品の物性に関するシンポジウム要旨集．京都大学化学研究所、2015: 50-53.
- 27) Ogawa T, Hasegawa A, Adachi S. Effect of relaxation of gluten network on rehydration kinetics of pasta. *Biotechnol. Biochem.* 2014 ;78: 930-39.

## ABSTRACT

### Mechanical properties and texture of raw pasta made of rice flour (*Koshino -menjiman*) produced in Niigata prefecture

Emiko Sato<sup>1\*</sup>, Kouta Nagai<sup>1</sup>, Midori Yamada<sup>1</sup>, Youiti Yoshii<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Health Nutrition, Faculty of Human Life Studies, University of Niigata Prefecture

<sup>2</sup> Niigata Agricultural Research Institute Food Research Center

\* Correspondence, emi-sato@unii.ac.jp

As the consumption of rice is currently decreasing, the expansion of products such as rice flour and technological developments in rice-noodle production are expected. In this report, the effect of the egg portion and cooking time on the fracture properties of rice flour pasta were investigated. Furthermore, the mechanical properties of pasta dough prepared with *Durum-Semolina* (hard wheat) and *Menjiman* (variety of rice flour for noodles) were compared and sensory evaluation conducted. In terms of the effect of egg on the fracture properties of rice dough, noodle dough of *Menjiman* (rice flour) was prepared using: (1) whole egg; (2) egg yolk; and (3) egg white. Fracture measurement and sensory evaluation of rice flour dough cooked for 3, 5, or 7 min were carried out. The preparation method included adding salt, an egg, and water to *Durum-semolina* or noodles pride (gluten 14% component Niigata product) and blending with a mixer (kitchen aid company) at 50 rpm for 5 min, then at 70 rpm for 10 min. The dough was extended with a pasta roller, cut to 6.5-mm ribbons with a pasta cutter, and cooked in boiling water. The fracture properties of raw pasta doughs prepared with pre-cooking and after cooking were measured by Reoner-3305 (*Yamaden* Co.). The cooked dough prepared with egg white had the highest fracture stress and showed tough characteristics that were hard to fracture; there were no differences between the 5 and 7-min cooked samples. Using a S.D method for sensory evaluation, 5-min cooked *Menjiman* dough was harder and springier than the 7-min cooked sample, which showed a softer and *Mothi*-like texture. The fracture stress of *Menjiman* dough to which a whole egg was added was higher than that of the *Durum-semolina* dough. Fracture strain of *Menjiman* dough (77.3%) was increased up to about 24% by cooking. It was clear that the fracture properties and texture of raw pasta dough prepared with *Menjiman* was equal to that made with *Durum-semolina* dough.

Key Word: Mechanical Properties, Texture, Raw Pasta, Rice flour, *Menjiman*, *Durum-Semolina*