

中華麺の物性におよぼすかん水の影響

阿部 芳子, 市川 朝子*, 下村 道子**

(相模女子大学学芸学部, *大妻女子大学家政学部, **大妻女子大学人間生活科学研究所)

原稿受付平成 18 年 2 月 1 日; 原稿受理平成 18 年 6 月 3 日

Effects of "Kansui" (Alkaline Solution) on Physical Property of Noodle

Yoshiko ABE, Tomoko ICHIKAWA* and Michiko SHIMOMURA**

Faculty of Liberal Arts, Sagami Women's University, Sagamihara, Kanagawa 228-8533

**Faculty of Home Economics, Otsuma Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8357*

***Institute of Human Living Science, Otsuma Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8357*

Chinese noodles with a specific texture different from Japanese noodles, which were used as the control, were prepared. Chinese noodles consisting of hard wheat flour with 45% added water and 1% kansui powder (35% K_2CO_3 + 55% Na_2CO_3 + 10% $NaHPO_3 \cdot 12H_2O$) were made with a hand-powered noodle machine and boiled in water for 1, 3, 5, 7 and 9 min. The physical properties of the Chinese noodles were examined by a rheometer and subjected to a sensory test. The breaking stress of the Chinese noodles was higher than that of the Japanese noodles. The sensory evaluation showed that the Chinese noodles were harder and rougher than the Japanese noodles. The degree of gelatinization of the Chinese noodles was lower than that of the Japanese noodles. The addition of "kansui" resulted in fluidity of gluten as observed by an optical microscope. The solution ratio of the protein in wet gluten stirred at various pH values was higher at pH 2 and in the alkaline range (kansui, pH 11.2) than in a neutral solution.

(Received February 1, 2006; Accepted in revised form June 3, 2006)

Keywords: Chinese noodle 中華麺, kansui (alkaline solution) かん水, breaking test 破断試験, physical property 物性, sensory evaluation 官能検査.

1. 緒 言

小麦粉を原料とした麺類には、うどんなどのように中力粉に食塩と水を加えて製造する麺と、生麺類の表示に関する公正競争規約で中華麺に分類される小麦粉に強アルカリ性のかん水（粉末かん水を水に溶かしたもの）を加えて作る麺（小田 1994, 116）などがある。中華麺には原料の強力粉または準強力粉に対して 0.8~1.2%（日本食品工業学会 1993）の粉末かん水を使用する。また、中華麺に準じて餃子、餛飩、焼売、春巻きの皮などに、かん水が使用されることがある。

小麦粉を用いた中華麺にかん水を用いる効果については、グルテンの形成が速やかになり、生地が収斂して硬くなり、弾力が強くなる（長尾 1995）。また、中華麺の独特の風味、すなわち腰の強さともいう菌ごたえのある食感を生じる（小田 1994, 31）との記述がある。しかしこれらのほかに中華麺独特の物性発現に

かん水がどのように作用しているかについての研究は見当たらなかった。

本研究では、かん水が中華麺の物性発現と食味に与える影響を明らかにすることを目的とした。実験では、強力粉にかん水を加えて、かん水麺を作製し、官能検査、破断強度測定、かん水溶液中へのグルテンからの粗たんぱく質溶出量の測定および光学顕微鏡による麺組織の観察などを行った。

2. 試料および実験方法

(1) 試 料

小麦粉は強力粉（日清製粉の強力粉：水分 13.6%、灰分 0.36%、粗たんぱく質 12.3%）を用いた。粉末かん水は炭酸カリウム 35%、炭酸ナトリウム 55%、リン酸二水素ナトリウム 12 水和物 10%の割合（和光純薬特級）で混合した。一般に食品添加物として扱わ

れるかん水は炭酸ナトリウム塩と炭酸カリウム塩の混合物,あるいはそれにリン酸塩類を加えて調製されている(小田 1994, 32)。本実験は中華麺用の粉末かんすいとして,文献(小田 1994, 220)に記載されていたかん水販売業者(梶水麵工業)による調製方法を参考にして調製した。

(2) 麵の調製

小麦粉への加水量はいくつかの文献(ベック 1984; 中谷と辻 1993; 大崎 2002 など)を参考に,予備実験を行って小麦粉重量の45%とした。

かん水麵の調製には,小麦粉重量の1%の粉末かん水を水(30℃)に溶かしてかん水とし,これを用いた。対照麵として強力粉に水のみを加えた水麵を調製した。麵は市川等の方法(市川等 1982)を参考に次のように調製した。すなわち,小麦粉にかん水または水を加え,直ちに菜箸で3分間攪拌して,そばろ状にした後,手で生地を塊にまとめ,手のひらで押しつけるように強く押しながら,1分間に30回の速度で60回捏ね,まとめて,これをラップフィルムで包み,室温(20~25℃)に30分間保存した。その後,包装したラップフィルムをゆるめ,ラップフィルム上から,縦方向に表,裏10回ずつ麵棒を用いて圧延し,さらに,ラップフィルムを除いて製麵機(インペリア製)のNo.1(幅2.2mm)で1回圧延し,No.3(幅1.6mm)で,同方向に1回圧延した。圧延した方向に麵の長さ40mm,幅5mmに包丁で切って生麵試料とした。

生麵を沸騰させたイオン交換水(麵重量の50倍量)の中に入れ,98℃を保ちながら,それぞれ1,3,5,7,9分間ゆでた。ゆでた麵を金網のざるに取り,1分間流水中(20℃水道水)で冷却した後,ざるの底に布巾を当てて20回軽く振って水切りを行い,ゆで麵試料とした。

3. 測定方法

(1) ゆで操作による麵の重量と水分

麵のゆで前後の重量を測定し,ゆで上がり倍率を求めた。

水分の測定は,ゆでた麵を細かく刻み,約5gずつをとり精秤して,恒温乾燥機(ヤマト科学DS-64)を用いて105℃常圧乾燥法で測定した減量分を水分量とした。

(2) 異なるpH溶液へ溶出した粗たんぱく質の測定
強力粉にその重量の50%の水を加えて作製したドウから湿麩を常法により採取した。pH 2.0, 3.0, 4.0,

5.0, 6.0, 7.0, 8.0の緩衝液(McIlvaine 緩衝液)とpH 9.0, 10.0, 11.0の緩衝液(M/5炭酸ナトリウム, M/5炭酸水素ナトリウムから調製した緩衝液)および前述の1%かん水(pH 11.2)を各50mlずつ,ビーカーにとり,中に湿麩(たんぱく質32.1%)を5gずつ,ちぎって入れた。マグネチックスタラーで8時間(常温)攪拌後,遠心分離(10,000rpm 10分間)した上澄液中の粗たんぱく質をケルダール法で測定した。

(3) 糊化度の測定

生麵およびゆで麵をエチルアルコールで脱水後,麵の内部と外部が等重量になるように削り分け,アセトンで処理して乾燥粉末にし,60メッシュの篩に通して試料を得た。生麵およびゆで麵のでんぷんの糊化度をβ-アミラーゼ・プルラーゼ法(松永と貝沼 1981)により測定した。

(4) 物性測定試験

生麵およびゆで麵の物性をみるために物性測定機(クリープメータ 山電 RE 3305)を用いて,破断強度解析を行った。ブランジャーはクロム製直径3mmの円筒型を使い,破断解析は歪率90%で最大荷重値,破断荷重値,破断応力値を測定した。

(5) 顕微鏡観察

ゆで麵をホルマリン緩衝液(pH 7.0)で固定し,常法によりパラフィン包埋して,8μmのパラフィン切片を作製した。切片をPAS反応染色して光学顕微鏡で観察し写真撮影を行った。

(6) 官能検査

かん水麵と水麵のそれぞれの麵が好ましい硬さになる最適ゆで時間を知るために,3,5,7,9分間加熱したゆで麵について順位法による官能検査を行った。パネルは相模女子大学食物学科の女子学生20名で,検定はNewell & Mac Farlaneの順位データの検定表(畑江 1996)で行った。

また,かん水麵の特徴を知るために,水麵を基準にして,かん水麵の物性に関する要因について評点法(古川 1994)で評価した。評価項目は,外観のなめらかさ,硬さ,弾力,付着性,歯切れ,食べたときのなめらかさの6項目とし,パネルは前述の女子学生15名とした。官能検査の評点は,それぞれの項目が水麵と同じ場合には0点,水麵より強く感じる場合には,プラス(+)方向に,弱く感じる場合にはマイナス(-)方向に,感じた程度で1から3を選択する7段階評点法で行い,分散分析法(古川 1994)で検定した。

4. 結果および考察

(1) ゆで操作による麺の水分量と重量の変化

かん水麺，水麺の水分量とゆで上がり率を表1に示した。加熱時間が長くなるにつれて水分，重量ともに増加した。しかし，各時間におけるかん水添加の有無では，ゆで操作中の麺の吸水量，重量には，ほとんど差がみられず，分散分析の結果，かん水麺と水麺の間に有意差はなかった。

(2) 麺の食味評価によるテクスチャー特性

かん水麺と水麺のそれぞれの最適ゆで時間について順位法で調べた結果を表2に示した。かん水麺では3分間ゆで麺が最も好まれなかった。5，7，9分間ゆでたかん水麺では，5分間ゆで麺の順位合計値が最も低値であったが，有意差がみられず同じ程度に好まれていた。水麺では7分間ゆで麺が好まれる結果であった。

表1. 麺の水分とゆで重量

| | | 水分重量 (%) | |
|------|----------|----------|-----------|
| | | 水分 | 重量 |
| かん水麺 | 加熱時間 (分) | | |
| | 0 | 41.0 | 100.0 |
| | 1 | 52.3±0.4 | 127.3±0.6 |
| | 3 | 58.4±0.2 | 137.3±1.2 |
| | 5 | 60.2±0.2 | 152.0±2.0 |
| | 7 | 61.9±0.2 | 157.3±1.2 |
| 水麺 | 0 | 41.0 | 100.0 |
| | 1 | 52.4±0.1 | 121.7±3.5 |
| | 3 | 58.9±0.3 | 138.3±1.5 |
| | 5 | 61.3±0.8 | 147.7±1.2 |
| | 7 | 62.0±0.2 | 158.3±1.2 |
| | 9 | 64.5±0.4 | 170.3±0.6 |

測定回数：3回の平均値と標準偏差。加熱時間0分の水分は使用した試料から算出。

そこで両麺のゆで時間を7分間にして，水麺を基準にして行ったかん水麺の評価の結果を図1に示した。かん水麺の外観のなめらかさについては-1.09で外観がなめらかでなく，硬さは1.09で硬いとされ，ともに危険率1%で有意に差があることが示された。弾力および付着性については有意差が認められなかった。食べたときのなめらかさには有意差があり，かん水麺は水麺よりなめらかでないことが示された。すなわち，かん水麺は水麺よりも硬さが硬く，外観，食味ともになめらかでない麺であると判断できた。ゆで上がり重量，水分には差がみられなかったにもかかわらず，かん水麺が水麺より硬いことは水分の存在状態と麺の組織に違いのあることが考えられた。

(3) 麺の加熱時間による物性変化

官能検査においてかん水麺が硬いことが認められたので，物性測定機で測定した結果をゆで時間，3，5，7，9分間の試料について表3に示した。かん水麺，水麺ともにゆで時間が長くなるにつれて，いずれも，値は低くなった。水麺ではふれがみられた。また，両麺の比較では，最大荷重値は3，5分で，かん水麺が高く，7，9分では水麺が高く，ゆで時間により異なっ

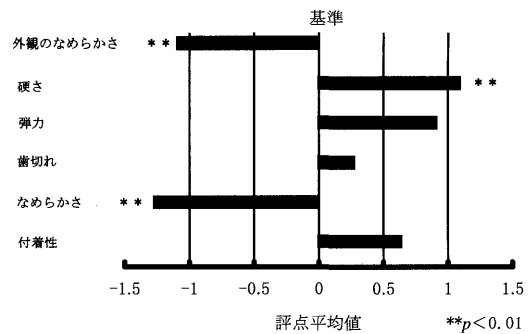


図1. かん水麺の食味評価によるテクスチャー特性

表2. 好まれる硬さの最適ゆで時間の検討

| | 加熱時間 (分) | | | |
|---------------|----------|------|-----|------|
| | 3 | 5 | 7 | 9 |
| かん水添加麺 (順位合計) | 71 | 36 | 44 | 49 |
| 検定 | a | b** | b** | b* |
| 水麺 (順位合計) | 65 | 50 | 39 | 46 |
| 検定 | a | a, b | b** | a, b |

検定は Newell & MacFarlane の順位法の検定表による。パネル 20 名。異なる英字間に 1% (**) ないし 5% (*) 危険率で有意差があり。

表3. 加熱時間によるかん水麺と水麺の破断強度解析の比較

| | ゆで時間 (分) | 最大荷重 (gf) | 破断荷重 (gf) | 破断応力 ($\times 10^3$ N/m ²) | サンプルの厚さ (mm) |
|------|-------------|------------------|-----------------|--|-----------------|
| かん水麺 | 3 | 350.5 \pm 31.7 | 31.0 \pm 15.1 | 42.9 \pm 21.0 | 2.4 \pm 0.1 |
| | 5 | 324.4 \pm 40.5 | 20.0 \pm 0.0 | 27.7 \pm 0.0 | 2.6 \pm 0.1 |
| | 7 | 225.3 \pm 34.8 | 18.8 \pm 3.3 | 26.1 \pm 4.6 | 2.7 \pm 0.2 |
| | 9 | 210.9 \pm 15.7 | 17.3 \pm 4.6 | 23.9 \pm 6.3 | 2.7 \pm 0.1 |
| 水麺 | 3 | 269.0 \pm 64.8 | 53.0 \pm 22.7 | 73.5 \pm 31.5 | 2.5 \pm 0.2 |
| | 5 | 294.2 \pm 29.2 | 51.6 \pm 19.2 | 71.6 \pm 26.6 | 2.8 \pm 0.2 |
| | 7 | 296.7 \pm 31.0 | 35.6 \pm 9.3 | 49.3 \pm 12.9 | 2.9 \pm 0.2 |
| | 9 | 230.0 \pm 19.8 | 38.5 \pm 12.2 | 53.3 \pm 17.0 | 2.8 \pm 0.1 |

測定歪率90%, 荷重20 kg, プランジャーP4, 3 mm ϕ .

ていた。一方、破断荷重値、破断応力値はかん水麺が各ゆで時間とも低い値を示したことから、水麺より圧縮の初期に破断が生じることが考えられた。さらに、かん水麺と水麺の物性の違いをみるために、ゆで時間3, 5, 7分間の麺の代表的な破断応力曲線(図2)の比較をした。歪率20, 40, 60%の応力を比較すると、かん水麺の各応力(a), (b), (c)に対して、水麺の各応力(a'), (b'), (c')の値はいずれも低値を示した。かん水麺は、このような低歪率の部分、すなわちプランジャーが麺を圧縮する初期に麺の外層部で、水麺より硬さが硬いことが判断できた。しかし、歪率80%以降は両麺の応力値の差が少なくなっており、かん水麺の中心部の硬さと水麺の中心部の硬さは、同じように硬いものであり、差はほとんどないといえる。

かん水麺と水麺の破断応力曲線の傾きに違いがみられたので破断曲線を歪率1%当たりで差分して差分曲線を作成し、応力変化率を図3に示した。応力変化率の圧縮過程での増加は、咀嚼過程で力を入れ続けることを意味し、硬さおよび噛み切りにくいテクスチャーであることを表し、低下は咀嚼過程で力をかけなくてもよいことを意味し、軟らかさ、もろさの感覚を表す(四宮 2000) ことから、応力変化率からは、ゆで麺の物性的特徴がうかがえる。図3の1, 3, 5, 7分間のゆで麺の比較から、破断開始値はかん水麺が水麺より高く、表面が硬いことが示された。両麺ともに歪率40%付近で応力の僅かな低下がみられるが、歪率60%以後再び高い応力値を示しており、中心に近づくに従って硬いことが判断できた。全体にかん水麺の応力値が高いことは水麺より硬いといえる。

(4) ゆで麺の糊化度の比較

かん水麺と水麺の外部と内部の硬さに違いがあるこ

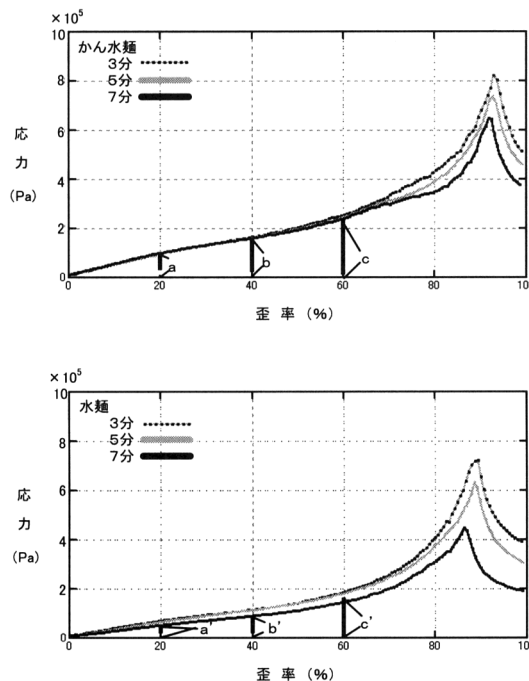


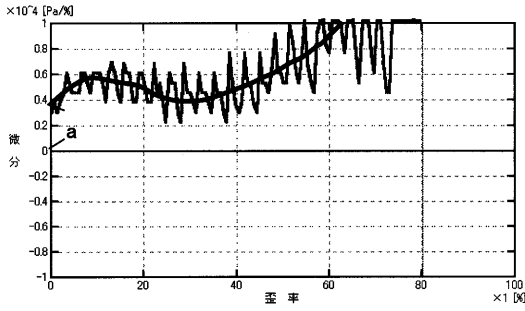
図2. ゆで麺の破断応力曲線の比較

荷重20 kg, プランジャー円柱3mm ϕ , 歪率90%.

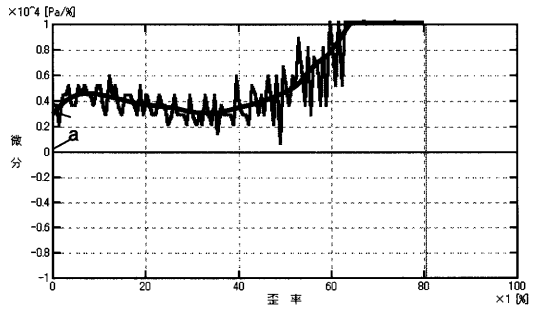
とがみられた(図2)。この硬さの違いにでんぷんの糊化度が関係するのではないかと考え、ゆで麺の外部と内部を分けて、でんぷんの糊化度を測定し、表4に示した。麺の外部と内部の糊化度は、両麺ともに外部で高値を示し、内部はともに低値を示した。これは、ゆで加熱中の麺の外部では、水が吸収されやすく、糊化が進み、外部の粘稠度の高い糊が内部への水の浸透を抑制するために、内部の糊化度が低くなったものと

中華麺の物性におよぼすかん水の影響

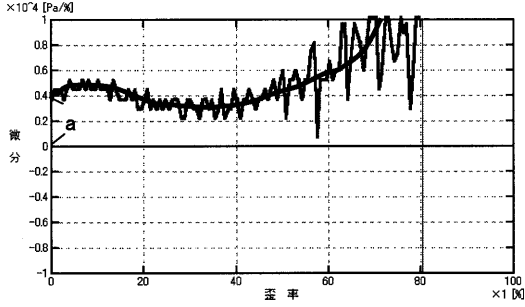
かん水麺1分ゆで



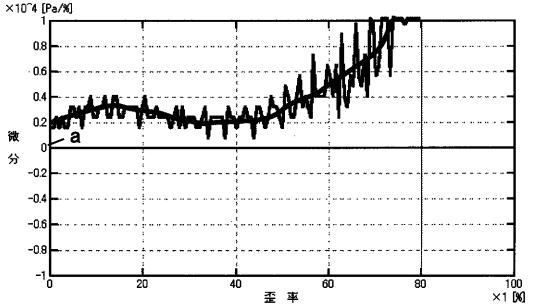
水麺1分ゆで



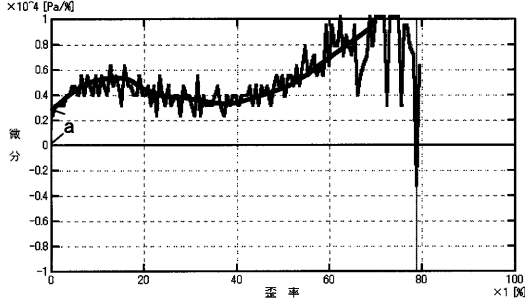
かん水麺3分ゆで



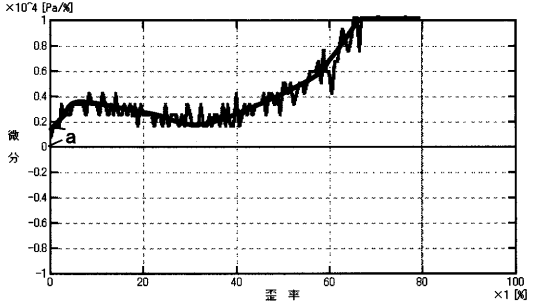
水麺3分ゆで



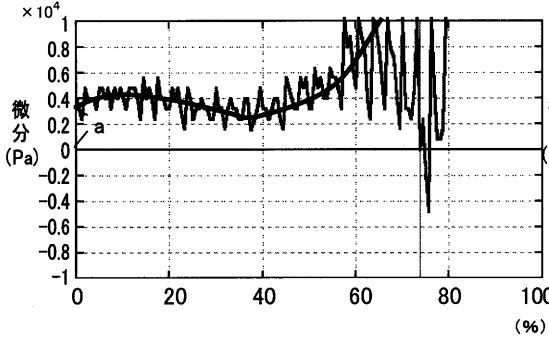
かん水麺5分ゆで



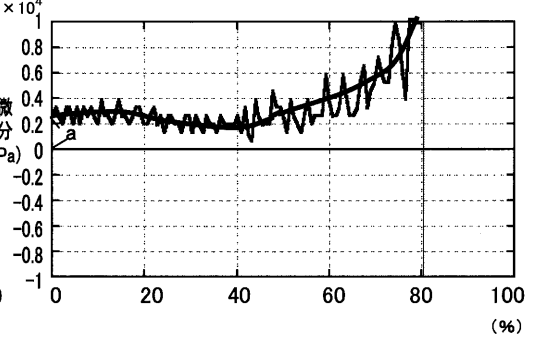
水麺5分ゆで



かん水麺7分ゆで



水麺7分ゆで



歪率
歪率
図3. 破断過程における歪1あたりのゆで麺の応力変化率
a: 破断開始値.

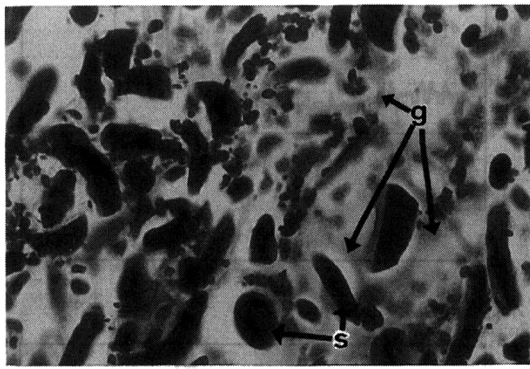
表 4. ゆで麺の糊化度

(%)

| | | ゆで時間 (分) | | | | |
|------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| かん水麺 | 外部 | 46.4±1.8 | 61.0±1.7 | 62.7±1.2 | 66.5±3.0 | 69.1±2.1 |
| | 内部 | 34.1±1.7 | 40.7±3.7 | 41.4±3.5 | 42.8±3.5 | 46.4±0.8 |
| 水麺 | 外部 | 51.9±2.3 | 64.0±1.9 | 67.2±2.5 | 69.7±2.0 | 76.0±2.6 |
| | 内部 | 40.4±5.6 | 47.1±3.9 | 50.4±1.9 | 52.7±9.1 | 55.3±4.1 |

糊化度の測定 4～5 回の平均値, 標準偏差で示した。

A かん水麺



B 水麺

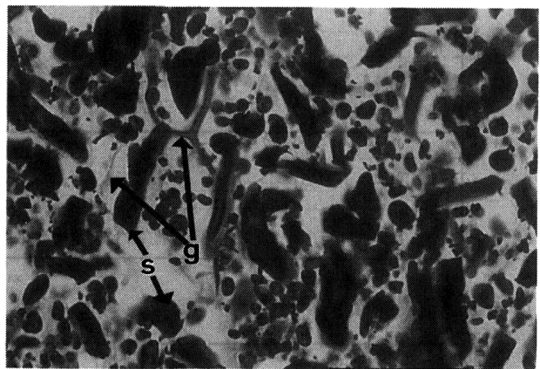


図 4. 麺中心部の光学顕微鏡写真 PAS 染色

A: かん水麺, B: 水麺. バーの長さ 0.05 mm. g: グルテン, s: でんぷん粒 (胚乳細胞).

考えられる。また、かん水麺の糊化度は外部、内部ともに水麺より低値を示した。内部の糊化度は 5～9 分間加熱の水麺では約 50～55%，かん水麺では約 41～46%であった。官能検査において、かん水麺の硬さが水麺より硬いと判断されていたことは、このことに対応していると考えられた。

(5) 麺の組織構造の観察

ゆで加熱麺の外部と内部で糊化度に違いがあったので、ゆで麺の組織を顕微鏡により観察した。加熱麺の切片を PAS 染色して、中心部を 400 倍で撮影した写真を図 4 に示した。PAS 染色で赤紫色に染まった大・小のでんぷん粒 (s) が観察された。かん水麺にやや大きくなったでんぷん粒の存在があり、水麺にはグルテン (g) がはっきりとした線状に伸びているのがみられた。かん水麺ではグルテンが薄く広がって見えた。

水麺ではゆで操作中に外層部のでんぷん粒は膨潤しており、これが硬さの低下になり、内部のでんぷん粒

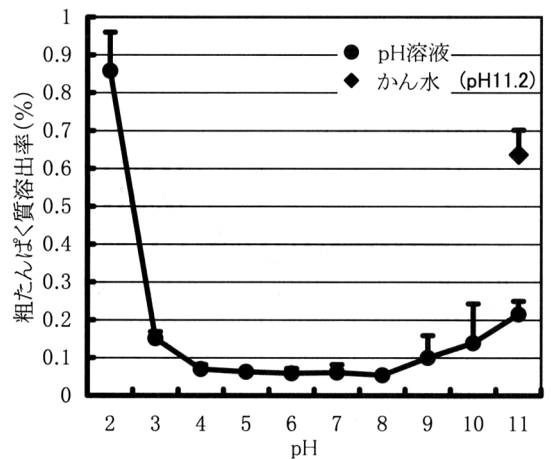


図 5. 異なる pH 溶液中へのグルテンからの粗たんぱく質溶出率

は膨潤度が低い状態で残存していたので、中心部がかん水麺と同様に硬くなっていたと考えられる。

(6) 湿麩からの粗たんぱく質の溶出

顕微鏡による組織観察から、かん水麺のグルテンの一部が溶解しているように観察されたので、かん水のアルカリ性によってグルテンが溶解するかどうかを確認することにした。小麦粉ドウ生地から採取した湿麩を異なる pH の溶液中で攪拌し、溶出した粗たんぱく質量を図 5 に示した。湿麩中のたんぱく質 (32.1%) の溶出率は pH 2 の溶液中への溶出が高く、約 0.90% であった。pH 3 では 0.16%, pH 4 から pH 8 の溶液中への溶出率は低く、0.1% 以下であった。pH 9 から pH 11 の溶液では溶出率は 0.10~0.22% に上昇した。かん水 (pH 11.2) への溶出率は 0.64% で、pH 11 の緩衝液への溶出よりもはるかに高値であった。このことは、グルテン浸漬後の溶液の pH を測定すると、ほとんど変化していないことから、緩衝液の緩衝能が低下したことによるのではなく、無機成分の影響が主であると考えられる。

以上のことから、かん水麺ではグルテンの一部がアルカリ性であるかん水で溶解し、この溶解したグルテンがでんぷん粒の間に広がっていた。その結果、でんぷん粒の膨潤が妨げられて、かん水麺の外層部の硬さが水麺より硬くなり、糊化でんぷんの流出によるなめらかさが少なく、独特の食感が生じるものと推論した。

5. 要 約

中華麺の独特のテクスチャー発現に対する、かん水的作用を調べるために、強力粉に 1% の粉末かん水を含む 45% のかん水を加えて麺を作製し、かん水を加えない水麺と比較して、次の結果を得た。

1) かん水麺と水麺では、ゆで加熱中の水分量および重量には、ほとんど差がみられなかったが、食味評価ではかん水麺は水麺よりも硬く、外観 (麺表面) がなめらかでない判断された。また、破断強度解析において、加熱 7 分間まで、かん水麺は水麺より破断強

度の最大荷重値が高く、破断応力曲線の解析では破断開始値および歪率 60% までの応力変化率が高かったことから表面近くが硬い麺であると判断された。

2) 糊化度はかん水麺、水麺ともに内部より外部で高値を示した。かん水麺の糊化度は外部、内部ともに水麺より低値を示した。

3) 異なる pH の緩衝液で湿麩を攪拌すると pH 2 から pH 3, pH 9 から pH 11 でたんぱく質が溶出することが示され、また、かん水水中では高い溶出率を示した麺の組織観察において、水麺のグルテンが線状に見えるのに対し、かん水麺のグルテンは薄く広がっているのが PAS 染色で確認できた。

引用文献

- 古川秀子 (1994) 『おいしさを測る 食品官能検査の実際』, 幸書房, 東京, 35-43
- 畑江敬子 (1996) 順位データの検定, 調理科学, **29** (3), 85-86
- 市川朝子, 速水千嘉子, 板橋文代 (1982) めんの物性と食味におよぼす油添加の影響, 家政誌, **33** (9), 14
- 松永曉子, 貝沼圭二 (1981) でんぷん質食品の老化に関する研究 (第 1 報) 米飯の老化について, 家政誌, **32**, 653-659
- 長尾精一 (1995) 『小麦粉の科学』, 朝倉書店, 東京, 157
- 中谷文子, 辻昭二郎 (1993) 加水量の異なるメンおよびパン生地に対する添加物の効果と連続式微小変形多重バイト試験法によるドウの物性の測定, 日食工誌, **40** (9), 60
- (社) 日本食品工業学会 (編) (1993) 『新版・食品工業総合辞典』, 光琳, 東京, 820
- 小田間多 (1994) 『新めんの本』, 食品産業新聞社, 東京, 31, 32, 116, 220
- 小川玄吾 (1974) メんのうまさ, 化学と生物, **12** (6), 391
- 大崎裕史 (2002) 『無敵のラーメン論』, 講談社現代新書, 東京, 55-56
- (社) ベック (編) (1984) 『味公爵 パン・麺・パスタ』, 講談社, 東京, 174-177
- 四宮陽子 (2000) 破断試験によるゆで麺のテクスチャーの特徴と官能評価との関係, 日本調理科学会誌, **33** (2), 198-203