手延素麵粉末糊のレオロジー特性の厄による変化 —厄により増加する遊離脂肪酸の役割

新原 立子*・松本 幸雄**・米澤 大造***

Effect of *Yaku* on the Rheological Properties of Pastes Prepared from Powdered *Somens*—Role of Free Fatty Acids Liberated from Lipids in the *Somens* during *Yaku*

Ritsuko NIIHARA*, Sachio MATSUMOTO** and Daizo YONEZAWA***

* Faculty of Education, Kochi University, Akebono-cho, Kochi 780

** Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture,
University of Osaka Prefecture, Sakai-shi, Osaka 591

*** Department of Food Science, Mukogawa Women's University,
Ikebiraki-cho, Nishinomiya-shi, Hyogo 663

It has long been known that the final step in manufacturing of *Tenobe-somen*, the so-called *yaku*, is the necessary storing procedure after the desiccation process of *somen* so as to provide the most favourable texture when eating the cooked *somen*. In order to search further insights into the factors affecting the *yaku* phenomenon, a comparative study on the rheological properties of a series of pastes prepared from the powdered *somens* before and after the *yaku* was made within a short span of aging after the paste preparation by means of a cone-plate viscometer at 10°C. An increase of the steady-flow viscosity and thixotropy followed by a decrease was observed for the pastes prepared from *somens* before the *yaku*, while this tendency was much reduced with the samples prepared by use of the powdered *somens* after the *yaku*. Such the difference in rheological properties between the two types of the samples is seemingly brought about by the presence of fatty acids liberated in *somens* during the procedure of *yaku*. This can be confirmed experimentally using the model system composed of wheat starch, oleic acid, salt and water, so that the fatty acids produced in *somens* by the *yaku* procedure may play an important role in the textural properties of cooked *somens*.

(Received Jun. 29, 1984)

手延素麵は、厄を越すこと、すなわち梅雨期の貯蔵を経ることによってゆで麵のテクスチャーが素麵として好ましいものになるといわれている。今までの研究において、厄処理によるゆで麵のテクスチュロメーター特性値や麵粉末のアミログラム、ファリノグラムの変化、およびそれらの要因として素麵に含まれる脂質の貯蔵中の変化がグルテンやデンプンに与える影響等について報告した^{1)~4)}。

ゆでた素麵は冷水で冷やして食膳に供されることが多い。したがって、ゆで後の時間経過に伴う麵の物性変化についても考える必要がある。本報では、厄による物性変化の詳細を知る目的もあって、厄前と厄後の麵粉末で調製した糊を低温に保ち、糊のレオロジー的性質について時間変化を追跡して調べ、厄処理による素麵の遊離脂肪酸の量的変化との関連について検討した。また、これとは別に、脂質変化の影響が素麵中の小麦デンプンに対

* 高知大学教育学部 (〒 780 高知市曙町 2 丁目 5-1)

** 大阪府立大学農学部 (〒 591 堺市百舌鳥梅町 4-804)

*** 武庫川女子大学家政学部 (〒 663 西宮市池開町 6-46)

するものであるか否かについて検討するために、モデル系を用いて実験を行なったので、それらの結果について報告する。

試料および実験方法

1. 試料

素麺：1982年2月に兵庫県龍野市周辺で製麺された手延素麺を室温に10月末まで貯蔵したものを厄後の素麺、製麺直後より冷凍庫に保存したものを厄前の素麺とした。なお厄後の素麺も、室温貯蔵後実験に供するまでの間は冷凍庫に保存した。これらの素麺を粉碎し、42メッシュの篩を通した後実験に供した。

その他の試料：小麦デンプンは和光純薬（株）製の化学用、オレイン酸は東京化成工業（株）製の純度91%のもの、綿実油は半井化学薬品（株）製の酸価1のものをを用いた。

2. 素麺の脂質および水可溶物質の抽出

素麺粉末に約3倍量のエチルエーテルを加え、攪拌後静置して上澄液をG4のガラスフィルターで濾過した。この操作を5回行ない、濾液を集めて減圧濃縮し、エーテルを除去して脂質を得た。脱脂後の麺粉末に固形物濃度が9.36%となるよう水を加え、室温で1時間攪拌抽出し、3800rpmで10分間遠心分離後の上澄液をNo. 131の濾紙で濾過し、濾液を水可溶物質として用いた。

3. 糊の調製

素麺粉末2g前後をトルビーカーに採取し、固形物濃度が9.5%となるよう水を加え、蓋をして、マグネチックスターラーで攪拌しつつ沸騰湯浴中で20分間加熱した。その後30℃のウォーターバス中で10分間冷却し、蒸発水分量を補充し、攪拌して均一化した。なおモデル系としての小麦デンプンの場合は、固形物で7%濃度とし、同様に調製した。

4. みかけの粘度の測定

円錐平板型粘度計（東京計器株式会社製、EHD型）を用い、著者ら⁹⁾の方法に準じて以下のごとく行なった。

- (1) 10℃に保った粘度計内に試料1.2mlを採取し、2分間放置する。(2) ずり速度 384 s^{-1} で3分間試料を均一化する。(3) 直ちにずり速度 76.8 s^{-1} における試料のみかけの粘度を3分間追跡する。(4) 7分間静置。(5) (3)-(4)の操作を6回反復する。

結果および考察

1. 素麺粉末糊のレオロジー特性

上述の、ずり速度 76.8 s^{-1} におけるみかけの粘度を

Fig. 1 Changes in apparent viscosity vs. measuring time curve of *somen* powder paste during aging at 10°C

Measuring shear rate: 76.8 s^{-1}

Parameters: period of time from the first measurement (min)

Fig. 2 Correlation between the apparent viscosity and logarithmic measuring time for *somen* powder paste replotted from the curves in Fig. 1

Fig. 3 Changes in equilibrium viscosity and $(-d\eta_{app}/d \log t)$ of somen powder paste before and after *Yaku* during aging at 10°C

Measuring shear rate: 76.8 s^{-1}

○—○ before *Yaku* ●—● after *Yaku*

3分間追跡する操作を反復する実験によって得られた結果の一例を、厄前の素麺粉末糊について Fig. 1 に示した。ゼロタイムにおける測定結果、すなわち高いずり速度で均一化された直後の試料のみかけの粘度は、測定時間中にも徐々に増加したが、これは、測定温度 10°C に保たれている試料に急速なゲル化があらわれるためと思われる。10 分以後の測定結果では、測定開始とともにみかけの粘度が減少し、測定後静置しておくと同様に粘度が上昇する現象、チキントロピーが認められた。Fig. 1 について、測定時間の対数を横軸に目盛り、みかけの粘度との関係をプロットすると、Fig. 2 に示すように 30 秒から 90 秒の間が直線となるので、この直線の傾斜 $(d\eta_{app}/d \log t)$ を用いてチキントロピー的な性質の程度を表わすことができる。また、Fig. 1 によれば、減少したみかけの粘度は、測定開始後 150 秒でほぼ平衡に達する。したがって、以下に述べる実験結果では、150 秒時のみかけの粘度を平衡粘度とし、 $-d\eta_{app}/d \log t$ をチキントロピー性とした。Fig. 3 は厄前と厄後の素麺粉末糊について、10°C における aging の影響を示したものである。図にみられるように、厄前の素麺粉末糊の平衡粘度は放置時間の経過とともに急速に増加し、その後減少した。粘度増加と平行してチキントロピーが強くあらわれ、その後徐々に消失した。厄後の試料は、時間経過に伴う平衡粘度およびチキントロピー性の増加割合が厄前のものに比べて少なかった。

2. 厄による脂質変化とその影響

Fig. 3 に示した厄前と厄後の素麺粉末糊におけるレオロジー特性の相違と素麺の脂質変化との関連をしらべる

Table 1 Acid value and peroxide value of lipids extracted from *Tenobe-somen*

Somen	Acid value	Peroxide value (meq/kg)
Before <i>Yaku</i>	8	26
After <i>Yaku</i>	28	25

ために、いくつかの実験を行なった。まず、厄前と厄後の素麺粉末から脂質をエーテルで室温抽出し、脱脂後の試料について糊の平衡粘度とチキントロピー性の変化を 10°C で測定した。結果は Fig. 4 に示すように、厄前と厄後の素麺粉末にみられた差は、素麺粉末から大部分の脂質を除去することによって小さくなり、いずれも無処理の厄前の特性に近くなった。次に、脱脂後の素麺粉末に抽出した脂質を交換して添加した。すなわち、脱脂した厄前の素麺粉末には厄前の脂質抽出量に相当する量の厄後の脂質を、厄後の脱脂素麺粉末には、同じく厄前の脂質を添加した。脂質の添加は、エーテルに溶かした脂質を素麺粉末と混合し、室温でエーテルを除去することによって Fig. 5 は、このような方法による厄前と厄後の脂質交換の影響を示したものである。脂質の交換により、厄前と厄後の特性が入れ替わることが示された。

次に、厄前と厄後の脂質について過酸化価と酸価を測定した結果、厄後の脂質は、厄前のものに比べて酸価が約 3 倍に上昇していたが、過酸化価には変化が認められなかった (Table 1)。したがって、厄による脂質変化は、酸価の上昇にみられる遊離脂肪酸量の増加である

Fig. 4 Effects of defatting on the properties of *somen* powder paste before and after *Yaku*

The *somen* powders were defatted with ethyl ether.

The viscometry was made at a shear rate of 76.8 s^{-1} (10°C).

○—○ before *Yaku* ●—● after *Yaku*

----- before *Yaku* without the treatment

-.-.-. after *Yaku* without the treatment

Fig. 5 Effects of interchange of lipids between *somen* before and after *Yaku*

The viscometry was made at a shear rate of 76.8 s^{-1} (10°C).

○—○ before *Yaku* with lipids after *Yaku*

●—● after *Yaku* with lipids before *Yaku*

----- before *Yaku* without the treatment

-.-.-. after *Yaku* without the treatment

と言える。そこで、酸価の上昇分に相当するオレイン酸を厄前の素麺粉末に添加してその影響をしらべ、その結果を Fig. 6 に示した。これから明らかなように、オレイン酸の添加により厄後の試料とほとんど同じ特性があらわれることがわかる。これらの実験結果は、厄後に増加した脂肪酸が麵粉末糊のレオロジー特性を変化させることを示すものである。

3. モデル系としての小麦デンプン糊に対する素麺脂質の影響

GRAY ら⁶⁾, YASUMATSU ら⁷⁾ および後藤⁸⁾ は、脂肪酸がデンプン糊化時の膨潤を抑制し、アミログラムやブラストグラムにおけるデンプン糊の物性に影響を与えることを報告している。一方、 30°C に保った小麦デンプン糊のゲル化時におけるみかけの粘度およびチキソトロピー性が、脂肪酸との共存により低下することを先に著者

Fig. 6 Effects of addition of oleic acid on the properties of *somen* powder paste before *Yaku*

The viscometry was made at a shear rate of 76.8 s^{-1} (10°C).

△—△ before *Yaku* with oleic acid

●—● after *Yaku*

Fig. 7 Effects of *somen* lipids before and after *Yaku* on the properties of wheat starch paste containing NaCl

The viscometry was made at a shear rate of 76.8 s^{-1} (10°C).

○—○ lipids before *Yaku*

●—● lipids after *Yaku*

----- *somen* powder paste before *Yaku*

- · - · - *somen* powder paste after *Yaku*

ら⁹⁾は見出した。これらのことから、前項で述べた素麺粉末糊に対する脂肪酸の影響は、素麺の約70%を占めるデンプンに対するものであろうと考え、次のように設定されたモデルを用いて実験を行なった。すなわち、小麦デンプンに厄前と厄後の脂質を乾物量に対し1.5%量混合し、0.5%食塩水を加えて7%濃度の糊を調製し、平衡粘度とチキソトロピー性の変化を 10°C で測定した。ここで食塩水を用いたのは、素麺が約7%の食塩を含むためである。その結果は、Fig. 7に示すように、麵粉末糊における結果 (Fig. 3) を再現しているわけではないが、厄前と厄後の脂質の相違による影響が明瞭に認められた。また、前述した著者ら⁹⁾の報告によれば、微量

のオレイン酸またはパルミチン酸を添加後調製した小麦デンプン糊は、 30°C にagingしたときの平衡粘度とチキソトロピー性の増加割合が、無添加のものに比べて小さく、Fig. 7と同じ傾向の結果を示した。これらの結果は、素麺粉末糊の厄による物性変化が遊離脂肪酸のデンプンに対する作用であることを示すものである。

Fig. 8は厄前と厄後の素麺の水可溶物質を素麺の脂質とともに小麦デンプンに添加し、調製した糊の測定結果であるが、水可溶物質の添加により試料の示すカーブは麵粉末糊のカーブに近づき、厄前と厄後の麵粉末糊の相違が再現された。Fig. 8の結果にあらわれた相違の中には、水可溶物質が厄の前後で変化したことによる影響

Fig. 8 Effects of lipids and water-extract from *somen* before and after *Yaku* on the properties of wheat starch paste

The viscometry was made at a shear rate of 76.8 s^{-1} (10°C).

○—○ lipids and water-extract before *Yaku*

●—● lipids and water-extract after *Yaku*

----- *somen* powder paste before *Yaku*

-.-.-. *somen* powder paste after *Yaku*

も含まれる可能性が考えられるが、添加する水可溶物質を厄前のもののみとし、厄前また厄後の脂質と組み合わせて小麦デンプンに添加した実験でも同様の結果が得られたので、Fig. 8 に示された厄前と厄後の相違は、主として脂質の相違によってひき起こされたものと判断される。

本実験は、手延素麵の厄によるゆで麵の物性変化に關して、糊化後の物性についての詳細な情報を得るため、貯蔵中の脂質変化が物性に与える影響を調べるために行なわれたものである。本実験の結果によれば、厄前と厄後の物性の相違が最大となるのは 10°C に 10 分放置後であった。したがって、ゆで麵のテクスチャーも、ゆで後冷水中にしばらく放置したときに、厄処理による影響が顕著にあらわれる可能性が考えられる。貯蔵中に遊離蓄積した脂肪酸は、タンパク質や食塩の存在下で素麵をゆでるときのデンプンの膨潤を抑制することを前報⁴⁾で報告したが、本実験の結果から、ゆで麵を放置するときのテクスチャー変化にも脂肪酸が関与するものと思われる。本報のモデル実験の結果は、脂肪酸の作用は主としてデンプンに対するものであることを示唆しており、そのメカニズムは、パンの老化に対するモノグリセリドの作用についての Schoch⁹⁾ の説と同様に、脂肪酸がアミロースと複合体をつくり、デンプン粒の膨潤を抑制してアミロース分子の溶出を抑える。その結果、厄後の麵粉末糊はゲルを形成しにくく、時間経過による物性変化が起こりにくくなるものと推察した。麵粉末に含まれる

水可溶物質は、脂肪酸の作用を助け、一方では糊のチキソトロピー性に影響を与えるようである。本実験の結果とゆで麵そのものの調理後のテクスチャー変化との関連も含めて、今後検討されるべき課題である。

要 約

(1) 素麵粉末糊を 10°C に放置したとき、厄前の試料の平衡粘度およびチキソトロピー性は、時間経過とともに急速に増加し、その後減少した。厄後の試料は、時間経過に伴う平衡粘度およびチキソトロピー性の増加割合が厄前のものに比べて少なかった。

(2) 厄前と厄後の麵粉末糊にみられた特性の相違は、麵粉末から大部分の脂質を除去すると小さくなり、いずれも無処理の厄前の特性に近くなった。

(3) 厄前と厄後の脂質の交換により、それぞれの糊の特性が入れ替わった。

(4) 厄後の脂質の酸価の上昇分に相当するオレイン酸を厄前の麵粉末に添加して調製した糊は、厄後の試料とほとんど同じ特性を示した。

(5) モデル系としての、素麵の脂質を含む小麦デンプン糊では、麵粉末糊における結果が再現されたわけではないが、厄前と厄後の脂質の相違による影響が明瞭に認められた。素麵の水可溶物質を脂質とともに添加すると、デンプン糊の特性は麵粉末糊の特性に近づき、厄前と厄後の麵粉末糊の相違が再現された。

(6) 以上の結果から、厄前と厄後の麵粉末糊のレオロジー特性の相違は脂質の変化によるものであって、厄処

理によって生じた遊離脂肪酸のデンプンに対する作用が原因であると推論された。

文 献

- 1) 新原立子・西田好伸・米澤大造・桜井芳人: 農化, 47, 423 (1973).
- 2) 新原立子・西田好伸・米澤大造: 農化, 47, 825 (1973).
- 3) 西田好伸・新原立子・米澤大造: 日食工誌, 27, 323 (1980).

- 4) 新原立子・米澤大造: 日食工誌, 28, 522 (1981).
- 5) NIIHARA, R. and MATSUMOTO, S.: *J. Texture Studies*, 12, 559 (1981).
- 6) GRAY, V.M. and SCHOCH, T.J.: *Stärke*, 14, 239 (1962).
- 7) YASUMATSU, K. and MORITAKA, S.: *J. Food Sci.*, 29, 198 (1964).
- 8) 後藤富士雄: 澱粉科学, 19, 76 (1972).
- 9) SCHOCH, T.J.: *Baker's Digest*, 39 (2), 48 (1965).

(昭和59年6月29日受理)

新 刊 紹 介

食品と飲料の分析—最近技術

George CHARALAMBOUS 編

食品の科学と技術モノグラフシリーズのひとつとして刊行されたもので、従って章を追って体系立てたものではなく、それぞれの章が専門家による個別のテーマによる内容で記述されている。19章の内容のいくつかは次のとおりである。試料調製。官能分析。TLCによる定量。ガスクロマトグラフィー。高速液体クロマトグラフィー(イオンクロマトグラフィーを含む)。質量分析。核磁気共鳴。マイコンと無人化。人工香料の活性分析—分子構造。バイオアッセイ。X線分析。走査形電頭による微細構造分析。無機元素の原子吸光法。近赤外反射分光分析。フーリエ変換赤外分光法。溶液化学による自動分析。

645 ページ, 82 ドル

Academic Press Inc., Publishers

Orlando, Florida 32887, U. S. A.

Introduction to Food Engineering

R. Raul SHINGH and Dennis R. HELDMAN 著

本書は食品科学を専攻する学生を対象とした食品工学の入門書である。

内容は、①序編、②液状食品の輸送、③食品加工のエネルギー、④食品加工における熱交換、⑤冷蔵、⑥凍結、⑦蒸発、⑧湿度、⑨脱水、および補遺である。各編には、練習問題、記号のリスト、参考文献が、補遺には SI 単位、食品と食品以外の物質の物理特性表が記載されている。食品工学の入門書として要領よくまとめられており、また食品工学に必要な方程式については、各編の中で例題、計算方法、解答に分け具体的な説明がなされている。食品工学を専攻する学生だけでなく、食品工学の専門家ではないがその分野に関心のある方々にとっても好著である。

15 cm × 23 cm, 353 ページ, 35.0 ドル/26.5 ポンド

Academic Press Inc., Publishers

Orlando, Florida 32887, U. S. A.