麺物性に及ぼす微生物起源トランスグルタミナーゼの影響

山崎勝利[§], 鳴戸 康, 丹野裕之*, 添田孝彦**

味の素(株) 商品開発センター

*味の素(株) 大阪支社 加工グループ

**味の素(株) 食の文化センター

Effects of Microbial Transglutaminase on Texture improvement of Chinese Noodles

Katsutoshi Yamazaki[§], Yasushi Naruto, Hiroyuki Tanno* and Takahiko Soeda**

Ajinomoto., INC. Food Products Development Center,

1-1, Suzuki-Cho, Kawasaki-Ku, Kawasaki-Shi, Kanagawa 210-8681

* Ajinomoto., INC. OOSAKA branch office processing group,

1-8-2, Nisitenmann, Oosaka-Shi, Oosakafu 530-0047

** Ajinomoto., INC. Foundation For Dietary Culture,

1-16-7, Kyobasi, Cyuoku, Tokyo 104-8315

We evaluated the effects of transglutaminase (MTG) treatment on the texture of Chinese noodles. When MTG was added to wheat flour at 1-10 units per gram of protein, the shear strength of boiled noodles increased with improvements in their resistance to bite. The mechanical properties of noodles were improved by the addition of both MTG and protein degradation products in combination compared with MTG alone. Moreover, when noodles were stored in a refrigerator after boiling, changes in the mechanical properties of noodles with time after boiling and loosening of the texture were also reduced by the addition of MTG. MTG also improved the anti-acid and anti-retort properties of noodles that should have a long shelf life. These improvements in the noodle texture were related to the quantity of G-L bond.

(Received May 22, 2003 ; Accepted Oct. 14, 2003)

近年、小麦粉や大豆などを原料とした麺類、パン、豆腐などの農産加工品は国内のみならず、海外にあっては健康志向、ヘルシー嗜好などの点から需要が拡大している。特に、麺類は製麺加工技術、冷凍・乾燥技術などの向上により、冷凍麺や乾燥麺の市場も広がっている。

麺のおいしさは歯ごたえ、舌ざわり、喉越しなどで表現されるように麺の粘弾性や表面の状態などの物理的性質が影響している¹⁾²⁾。「ゆでうどん」は粘弾性で表現される「弾力」と「粘り」のバランスのとれた「コシ」のある食感³⁾⁴⁾が重視され、ゆで麺は歯ごたえの強い、且つ、長く煮込んでも麺の形状の崩れもなく、茹ででのびの抑制された麺質が求められている。特に、中華麺は、準強力粉の中でも厳選された品質のものが使用されている。食感的には、強いコシと、もちとしたヘテロ感のある麺物性が好ましいとされている。このように、麺類は主原料の小麦粉の品質や製

麺条件など種々の製造要因との関連性⁵⁾⁶⁾やゆで麺、LL 麺など麺の流通形態による麺物性の経時変化などによる品質の劣化が課題となっている。劣化防止の為に、現状では卵白や小麦グルテン、増粘多糖類などの改質材を用いているが、本来の茹でたての麺のコシが保持されず、満足した品質のものが得られていない。また、その品質を評価する為に、Shimizu らは⁷⁾試作した装置によるクリーブ測定を行い、渡辺らは⁸⁾フードレオメータによる応力緩和を測定しているが、めんレオロジー的性質についてはまだ十分明らかになっていない。

これまで、タンパク質架橋重合化機能を持つ食品用酵素である微生物起源トランスグルタミナーゼ⁹⁾(以下、MTG と略す)を用いて麺物性の改質を検討してきた。MTG はタンパク質中の Gln 残基と Lys 残基間の結合を形成させる触媒となる酵素である。原料小麦粉中のグルテンに作用して、小麦タンパク質の分子内および分子間に ϵ -(γ -Glu) Lys 架橋結合(以下、G-L 結合と略す)を形成する。このような架橋重合化反応を利用して、新製品開発などの有用な手段として種々の食品への利用技術開発を行ってき

〒210-8681 神奈川県川崎市川崎区鈴木町 1-1

* 〒530-0047 大阪市北区西天満 1-8-2

** 〒104-8315 東京都中央区京橋 1-16-7

[§] 連絡先 (Corresponding author), katsutoshi_yamazaki@ajinomoto.com

た^{10)~12)}。特に、小麦加工食品については小麦タンパク質の網目構造を強化して麺物性の改質の有用性を見つけ出すことに成功したことから、本報では中華麺類の麺食感の改質を茹で麺、酸処理およびレトルト処理した LL 麺を中心にその物性に及ぼす MTG の効果について報告する。

実 験 方 法

1. MTG

微生物起源トランスグルタミナーゼの原末 (MTG と略す) および製剤化した麺用のトランスグルタミナーゼ製剤「アクティブ」TG-M コシキープ (TG-M と略す) を供試した。MTG 原末の力価は 1000 ユニット/g、さらに、製剤化した TG-M は 25 ユニット/g である。

2. 原料小麦粉

中華麺には準強力粉として日清製粉(株)の「特ナンバーワン」(タンパク質 11.2%, 灰分 0.34%)を用いた。かんすいは日本コロイド(株)の「かんすい A」を供試した。

3. 副原料

DMV ジャパン(社)のタンパク質部分分解物「グルタミンペプチド」(平均分子量約 3000)を供試した。

4. 麺調製法

(1) 生麺、茹で麺

準強力粉 1000 g に対して、市水 360 g、食塩 10 g、かんすい A10 g、クチナシ色素 1 g、TG-M の 0~20 g を真空ミキサー ((株)トーヨー麵機製 TVM03-0028 型)にて、500 mmHg の真空下で高速 (95 rpm) で 4 分、低速 (75 rpm) で 3 分混捏した。これをロール式製麺機 ((株)品川製麺機製の 5WS-PSSB-8LP 型)を用いて製麺した後、麺帯を 2 枚あわせて、複合を 1 回行った。さらに、クリアランス 1 回目 3.4 mm、2 回目 2.8 mm、3 回目 2.3 mm、4 回目 1.4 mm、5 回目 1.25 mm として、圧延を 5 回行い、20℃にて 1 時間熟成した後に、切り刃 #22 で切り出し「生麺」を調製した。この生麺を 2.5 分間茹で処理して「茹で麺」を調製した。ゆで用水は pH 調整剤 (扶桑科学(株)製のニューメンソルト)を 0.2% 添加し pH 5.5 にて茹で処理を行い、茹で処理後、直ちに、物性および官能評価の試料として評価並びに相関関係測定に供した。

(2) 酸処理麺、レトルト処理麺

調製した生麺を 1 分間茹で後、直ちに氷水 (3~5℃) にて 30 秒間冷却して、0.67% 乳酸溶液に 4 分浸漬処理して「酸処理麺」を調製した。さらに、レトルト処理の方法は、(1)で調製した生麺を 1 分間茹で処理後、冷却して 3 層の透明レトルトパウチに充填し、日阪工業(株)製の高温高压槽にて、熱水加熱方式で 121℃ の熱水で中心が Fo 5.5 になるように加熱殺菌処理を行い、「レトルト処理麺」として調製した。酸処理麺およびレトルト処理麺は、常温で一昼夜保管し、これらを翌日、注湯して 1 分後に評価用並びに相関関係測定用に供した。

5. 物性測定

(1) 切断試験

切断試験の測定条件は、茹で処理を 2.5 分行った茹で麺を、湯きりして 30 秒後に不動工業(株)のレオメータ (型式 2202 型)により、ロードセル 2 kg、レンジ 200 g、ピアノ線プランジャーを用いてテスト速度: 6 cm/min の条件にて、物性を 2 分間で測定した。測定回数は 5 回行い、最高値と最低値を除き残りの 3 回の測定の平均値とした。測定項目はかたさの指標となる切断応力 (g) と官能評価のコシの強さと相関の高い切断エネルギー値 (erg/cm²) を測定した。茹で伸び抑制は、さらに、茹で麺を直ちに、スープ中に浸した状態で 30 分間の経時変化を測定した。この時のスープ温度はスタートが 93℃ から 30 分後では 52.5℃ まで低下した。

酸処理麺は発泡スチロール容器で注湯してから、1 分後 (温度 93℃→85.7℃) に同じ条件にて切断試験を行った。レトルト処理麺は酸処理麺と同じように、注湯して 1 分後に物性を測定した。

(2) クリープ試験

クリープ試験は山電(株)製のレオナー (型式 RE-3305 型)を用い、25℃±1℃の室温にて行った。喫食状態でカットした茹で麺および酸処理麺の応力と歪の間に線形性があるとみなせる範囲で測定した。すなわち、応力 20 g にて 1 分間荷重後、1 分間除重して得られたクリープ曲線を用い粘弾性解析を行い、官能評価およびクリープ試験の各パラメーターとの相関関係をマッキントッシュの相関係数計算式で算出した。

6. 官能評価

官能評価は、茹で麺、酸処理およびレトルト処理麺のいずれも物性評価と同じく、喫食状態になるように茹で処理等を行い実施した。評価項目は弾力、粘り、コシの強さの 3 項目に設定した。評価基準は、各項目とも強いこと=好ましい評価を判断基準として、評点基準は酸処理麺を 2 点として、10 段階評価法で評価した。パネラーは麺評価専門員 5~10 名とした。事前に基準となる酸処理麺のかたさをパネル間で認識を統一し、試料毎に評点を評価シートに沿って評価した。生麺の茹で処理および酸処理麺の官能評価値と切断試験、クリープ試験の相関係数から最も適切な評価項目を設定した。

7. pH 測定

麺線の pH は生麺 40 g に純水 120 ml を加え、トリオブレンドにて 2000 rpm で 3 分間ホモジナイズして測定した。

8. ε-(γ-Glu) Lys 結合量測定

Folk¹³⁾らの方法に従って定量した。試料を凍結乾燥後、プロテアーゼで分解し、アミノ酸と G-L 混合液を逆相カラムにより G-L を含む画分を分取し、この分取した G-L を o-phthalaldehyde (OPA) で光誘導体化することによって

定量し、試料中の固形分 100 g あたりの μmol で表した。

実験結果および考察

1. 麵質と物性値の関係

麵物性は微妙な粘りと弾力から構成されることから、官能的な歯ごたえの評価が中心となってきた。一方では、コシに対応する客観的なテクスチャー評価も検討されているが十分とはいえない。そこで、切断試験、クリープ試験から得られたパラメータと官能評価の結果との関係を検討し、喫食状態での中華麵の各パラメータの相関をみた結果を表 1 に示した。クリープ試験による粘性率が、官能の評価による弾力およびコシと高い相関関係をもち、その相関係数は弾力に対して 0.953、コシに対して 0.915 と高く、両者間ではいずれも危険率 1% 以下で有意性がみられた。また、粘りと粘性率の間も 0.891 と他の客観的なパラメータ値よりも相関が高く、両者間でも危険率 1% 以下で有意性がみられた。切断試験による切断エネルギーも弾力、コシ、粘りと高い相関を示し、その相関係数は弾力に対して 0.885、コシに対して 0.913、粘りに対して 0.796 であった。これらの関係において、切断エネルギーと弾力やコシの間では危険率 1% 以下、粘りとの間では危険率 5% 以下で有意性がみられた。すなわち、切断試験では切断強度よりも切断エネルギーの方が官能的食感と高い相関をもった。よって、麵のコシは粘性率および切断エネルギーと、粘りは粘性率および切断エネルギーと高い相関をもつことが確認された。以上より、麵物性の客観的なパラメータとして粘性率と切断エネルギーとした。また、酸処理麵の切断試験およびクリープ試験から得られたパラメータの相関をみた結果、表 2 に示すように、官能評価のコシに対して、切断

エネルギーは 0.828、切断強度に対して 0.827 の相関が得られ、粘りに対しては切断エネルギー、切断強度が、それぞれ 0.827、0.857 と高い相関がともに得られた。

2. 各種麵物性に及ぼす MTG の影響

中華麵における切断エネルギーに及ぼす影響をみた結果、図 1 のように、MTG の添加量の増大に伴って、切断エネルギー値が増加した。また、粘性率も増加することから粘りも向上することが示された。切断エネルギーと粘性率の両者の増加は、中華麵における各評価項目ごとのプロファイル評価では、好ましい麵物性が得られるということが示された。

中華麵はかんすい添加により、麵の pH が 10~11 と高い。MTG の至適 pH は 5~9 なので中華麵中での反応性が課題であった。そこで、高 pH 下での MTG の作用低下をふせぐために、かんすいの添加量を低減することを検討した。図 2 では 40% 加水の中華麵において、かんすい量を 1/3 まで減じ、その結果、pH 11.0 を 8.5 まで低下した場合、MTG の反応性が増加し、切断エネルギー値が pH 11/かんすい 1%/TG-M1% 区より高くなった。この結果、MTG にはかんすいを代替する機能があることが示唆された。

図 1 茹で中華麵の切断エネルギー、粘性率に及ぼす MTG の影響
切り出し #22 角、茹で 2.5 分

図 2 中華麵における切断エネルギーに及ぼす pH の影響
切り出し #22 角、茹で 2.5 分

表 1 中華麵における特性値間の相関係数

	切断強度 (g)	切断エネルギー (erg/cm^2)	弾性率 (Eo)	遅延時間 (J_1)	粘性率 (ηN)
弾力	0.887**	0.885**	0.237	0.62	0.953**
粘り	0.764	0.796*	0.057	0.562	0.891**
コシ	0.869**	0.913**	0.153	0.667	0.915**

*危険率 5% **危険率 1% 以下

茹で中華麵；切り出し #22 角、茹で処理 2.5 分

表 2 酸処理中華麵における特性値間の相関係数

	切断強度 (g)	切断エネルギー (erg/cm^2)	弾性率 (Eo)	遅延時間 (J_1)	粘性率 (ηN)
弾力	0.791*	0.790*	0.441	0.185	0.705
粘り	0.857**	0.857**	0.532	0.135	0.688
コシ	0.827**	0.828**	0.492	0.098	0.664

*危険率 5% **危険率 1% 以下

酸処理麵；#22 切り出し生中華麵を 1 分茹で後 0.67% 乳酸溶液 4 分浸漬した酸処理麵を注湯して 1 分後に測定 (pH 3.98)

3. G-L 結合生成量と物性の関係

MTG の小麦タンパク質への作用性を検討することを目的として、うどん、中華麺に対する小麦タンパク質 1g あたりの MTG 添加量と G-L 生成量の関係を図 3 に示した。この結果、うどん、中華麺、いずれにおいても MTG 添加量の増加に伴って G-L 生成量が増加した。MTG 添加量に対する小麦粉 1g あたりの G-L 生成量について、中華麺ではうどんの約 1/3 であった。このことは、中華麺に用いられるかんすいの添加によって、中華麺の pH が 10.5 ~ 11.0 という高 pH になることにより、MTG の小麦タンパク質への反応性が低下したためと考えられた。

4. 麺物性に及ぼすタンパク質部分分解物の影響

MTG の麺物性への影響は、MTG 単独系では、官能評価では、MTG 量の増加にしたがって、粘りよりも弾力が際だって高くなるために、ボキボキした食感になる傾向がみられた。そこで、MTG との併用において、麺物性の改質を

図 3 中華麺、うどんにおける GL 生成量に及ぼす MTG の影響

中華麺；切り出し #22 角，茹で 2.5 分
うどん；切り出し #12 角，茹で 15 分

図 4 中華麺におけるタンパク質加水分解物の切断エネルギー、粘性率に及ぼす影響

加水 40%，食塩 1%，かんすい 1%
MTG 添加量：2.5 ユニット/小麦蛋白 1g

さらに高め、粘弾性のある中華麺の物性を得るために、図 4 に示すように、タンパク質部分分解物との併用効果を検討した。MTG とタンパク質分解物の併用の結果、MTG の単独の場合より、MTG とタンパク質分解物との併用によって、中華麺の弾力と粘りのバランスのとれた、中華麺のコシの強さが増す傾向を示した。タンパク質部分分解物の添加量が 0.015% の低添加量の併用において、官能的にも弾力が強く、噛みごたえ感のあるもちっとした好ましい食感の中華麺の物性を得ることができた。

5. 耐酸性、耐レトルト性の付与

中華麺の酸処理およびレトルト処理の麺物性の与える影響について図 5、6 に示した。中華麺での酸処理した場合においては、TG-M 処理によって、切断エネルギー値とコシの強さが増加した。図 6 においても酸処理麺と同様に TG-M の添加量の増加によって、切断エネルギー値とコシの強さが増す傾向がみられ、特に、酸処理麺に比べて、レトルト処理麺の方が効果がみられた。これは、酸処理による浸漬時間での水分含量の影響もみられるものと推察され

図 5 酸処理中華麺の物性に及ぼす TG-M の影響
茹で 1 分後、0.67% 乳酸溶液に 4 分浸漬、pH 3.98

図 6 レトルト処理中華麺の物性に及ぼす TG-M の影響
茹で 1 分、レトルト処理 121℃ 6.5 分加熱：Fo 5.5

た。

6. 茹で伸び抑制効果

中華麺におけるゆで伸び抑制機能をみた結果を図 7 に示した。製麺後、#22 の切り刃により切り出した生麺を茹で処理 2.5 分、93℃ のスープ中での物性の経時変化をみた。この時のスープは 30 分経過で 53℃ まで低下した状態で測定した。その結果、無添加品に対して TG-M 量の増加に伴って、スープ中での麺線のゆで伸び抑制効果が得られた。麺の改質剤として用いられる素材は、呈味性に影響するものが多くみられるが、本酵素は無味、無臭ゆえに、麺の味には影響を与えることなく、麺物性の改質が可能となった。

図 7 中華麺のスープ中での茹で伸び抑制

加水 36%，食塩 1%，かんすい 1%
ゆで 2.5 分

要 約

中華麺において MTG および TG-M の添加による麺物性改善、茹で処理および酸処理、レトルト処理における麺物性改質の機能を明らかにした。この小麦タンパク質の改

質は、物性や味の点から従来みられない効果を示すものであった。この改質は酵素作用によって G-L 結合が形成されるためであり、麺に求められる弾力と粘りのバランスのとれた好ましい食感をもつ麺物性に改質された。さらに、ゆで処理後の麺物性の経時的抑制効果も発現することが可能となった。麺物性にとって重要となる、コシの強さおよび粘りは粘性率と切断エネルギー値と高い相関を示した。

文 献

- 1) 柴田茂久，めん類の物性と品質について，「食品と物性」，第 6 集（食品資材研究会），169-182（1979）。
- 2) 三木英三，製造条件がめんテクチャーに及ぼす影響，食品と科学，**10**，79-83（1999）。
- 3) 多田正敏，讃岐うどんの物性，「食品と物性」，第 7 集（食品資材研究会），161-168（1981）。
- 4) 柴田茂久，麺の食味と科学，食品と科学，**7**，80-89（1984）。
- 5) 安永 隆，小麦粉の製めん適性，日食工誌，**13**，148-157（1966）。
- 6) 柴田茂久，今井 徹，豊島英親，梅田圭司，石田紀男，照射小麦の製めん適性，日食工誌，**21**，161-167（1974）。
- 7) Shimizu, T., Fukawa, H. and Ichiba, A., Physical Properties of Noodle. *Cereal Chem.*, **35**, 34-46（1958）。
- 8) 渡辺幸夫，永沢 信，応力緩和測定によるメンの粘弾性の検討，日食工誌，**15**，466-468（1968）。
- 9) H. Ando, M. Umeda, A. Matsuura, M. Nonaka, R. Uchio, H. Tanaka and M. Motoki, Purification and Characteristics of a Novel Transglutaminase Derived from Microorganisms, *Agric. Biol. Chem.*, **53**, 2613-2617（1989）。
- 10) 添田孝彦，山崎勝利，坂口正二，食品用酵素製剤の食肉加工への利用，食品と科学，**8**，95-100（1993）。
- 11) 添田孝彦，須佐康之，山崎勝利，渡井口清一郎，坂口正二，酵素製剤による畜肉・水産練り製品の品質改良，ジャパニフーズサイエンス，**8**，50-56（1993）。
- 12) 添田孝彦，石井智穂，山崎勝利，村瀬和良，豆腐物性に及ぼすトランスグルタミナーゼの影響，食科工，**42**，4，254-261（1995）。
- 13) Folk J. E. and Chung S.I., Molecular and Catalytic Properties of Transglutaminases, *Adv. Enzymol.* **38**, 110-171（1973）。

（平成 15 年 5 月 22 日受付，平成 15 年 10 月 14 日受理）