テクスチュロメーターによるスパゲティのテクスチャー測定と包装スパゲティの処理中のテクスチャー変化

山野 善正*・山下 哲男**・福井 義明*

Measurement of Spaghetti Texture by Texturometer and Texture Evaluation of Packaged Spaghetti

YOSHIMASA YAMANO, TETSUO YAMASHITA and YOSHIAKI FUKUI

The cooking quality of spaghetti was evaluated by using a texturometer, and changes in texture of spaghetti during packaging, sterilizing and storing were investigated.

Clear texturometer curves for cooked spaghetti were obtained, but no adhesiveness sign appeared in the curves. Both values of hardness and gumminess of spaghetti decreased hyperbolically with cooking time. Slope and y-segment of the line obtained in the logarithmic coordinate plots of the values of hardness and gumminess against the cooking time, might be useful indexes for evaluation of the cooking quality of spaghetti. Values of cohesiveness was almost constant over various cooking time.

Values of the three parameters of packaged and sterilized samples were almost same as or greater than those of samples that were cooked for same time as packaged ones. The tendency of the changes in these values with cooking time were the same as that of the samples which were only cooked. A stabler spaghetti texture was obtained when sterilized for shorter time at higher temperature.

Optimum cooking and sterilizing condition can be determined by measuring these texture parameters.

(Received Oct. 2, 1972)

マカロニ、スパゲティの品質の評価法の研究はかなり行なわれており、物理的なテクスチャー測定法がその中心である。しかし、たとえば色の面から品質を評価しようとする研究^{1),2)}もある。

テクスチャーからみた、調理特性の研究は、その常食地である欧米に多い。スパゲティおよびマカロニのテクスチャー評価は、引張り試験および折曲げ試験によったものが多く^{3),4)}、マカロニについては折曲げ試験機のデータと振り計の値とに相関性が高いという報告⁵⁾もある。またスパゲティの調理特性へのグルテンの効果をみるために、ファリノグラフ、アルベオグラフ、Kosmina グルテン展性試験機を用いた研究⁶⁾も行なわれている。

マカロニの硬さの指標としては BINNINGTON⁷⁾ および

HARRIS ら¹⁾が、古くから試料破壊に要する圧縮強度を採用している。スパゲティの硬さの測定には、最近 MATSUO ら⁸⁾が、“bite test”を模して cutting edge に連続的に増加する駆動力をかけ、cutting の速度変化曲線を記録し、その曲線の midpoint の勾配を tenderness index として、やわらかさの判定に用いた。また、彼らは、この指標の他に、chewiness を表わすものとして Compressing blade を新たに開発し、圧縮性と、圧縮変形からの回復性を採用し、tenderness index と、圧縮性が低く、しかも回復力が高いもの（硬くて、弾性のあるものと解釈できる）が、官能的によいものであると結論している⁹⁾。

パネルテストによる官能的評価との関係については、

* 香川大学農学部食品学科（香川県木田郡三木町池戸）
Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Kagawa University.

** 現在、大塚化学株式会社技術部（鳴門市里浦町花面）
Technical Department, Otsuka Chemicals.

万能試験機による測定値との相関性の研究が WALSH によってなされ¹⁰⁾, ゆでたスパゲティの試験片の剪断値と硬さの官能評価値とに直線的相関を得ている。

一方, わが国では, うどん, そばなどのめん類のテクスチャーの研究は多く行なわれているが, スパゲティのテクスチャー測定の例は少ない。川口ら¹¹⁾は, 回転速度が一定になるように改良した, KS 式セニメーターを用い, 品種の異なる小麦粉から調製したゆでスパゲティのゆで時間と引張による切断荷重や切断伸長率との関係を求め, ゆで時間の検討に使えるということを述べている。さらにゆで時間と官能検査との相関性についてもよい結果を得ている¹²⁾。

ゆでめん類のテクスチャー測定において, 測定機への試料の設定と測定部 (プランジャー, ブレードなど) の選択が肝要な問題点であり, 上述した研究者もその解決にそれぞれ工夫をこらしている。本報告では, 種々のパラメータが得られる, テクスチュロメーターを採用し, そのプランジャーの選定と, 試料設定に工夫をこらすことにより, ゆでたスパゲティのテクスチャーを測定することができることを示し, さらにゆで時間, および保存を目的としたフィルム包装-加熱殺菌処理によるテクスチャー変化を測定した結果について述べる。

実験方法

1. 試料および包装材料

(1) 試料

市販のデュラムセモリナ小麦から作った小袋製品 (ニッポン食糧製, オーマイスパゲティ 160 g 入り) を用いた。これに表示されているゆで時間は 12~13 分である。12 分間ゆでたスパゲティの外径は 2.7 mm であった。

(2) 包装材料

ゆでたスパゲティの包装材としては, 150×170mm の大きさの耐熱用フィルム, PET (0.012) -HD・PE (0.05) を用いた。

2. 装置

テクスチャーの測定には, 食品の多くの特性を測定する目的で開発された, 全研製テクスチュロメーターを採用した。試料保持板は種々検討の結果, Fig. 1 に示すものが最適であったのでこれを採用した。この試料保持板は試料にプランジャーがおしつけられたとき, 試料の位置がかわらないように工夫されている。すなわち, テクスチュロメーターの試料受皿の内側に, テックス (厚さ 2 mm) 製保持板がきっちり固定され, かつ試料が動

Fig. 1. Sample holder

Fig. 2. Typical texturometer curve of cooked spaghetti

かないように, しかもプランジャー (ルーサイト製, 18φ, 高さ 25 mm の円柱) がテックスに当たらないように工夫されている。

テクスチュロメーターの測定条件は次のとおり。

電圧: 2 V, クリアランス: 1 mm, バイトスピード: 12 回/分, チャートスピード: 1500 mm/分, 測定温度: 15±3°C。

包装は柏木式真空包装机 FN-24-1-AG で行なった。包装品の殺菌は, 蒸気-空気混合系加圧式縦型レトルト (内径 500 mm, 高さ 600 mm)¹³⁾ で行なった。

3. 実験内容

(1) ゆで時間によるスパゲティのテクスチャーの変化
試料 1 袋分 (160 g) を 1.5 l の沸騰水浴中で 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20, 25 分間ゆで, それらをざるに上げ, 5 分間水切りをしたのち, すばやくテクスチュロメーターで測定した (測定試料数は 10)。ゆでたスパゲティの直径は, 2.5±0.5 mm であった。スパゲティの典型的なテクスチュロメーターカーブを Fig. 2 に示す。付着性および脆さは示さず, bite 1 と bite 2 の面積比が大きいことから, かなり大きい凝集性を示す。この曲線から SZCZENIAK の方法¹⁴⁾ に従い, 硬さ, 凝集性, 弾力性およびガム性を求めた。

(2) 包装, 殺菌および保存によるテクスチャーの変化
試料 2 袋分 (320 g) を表示ゆで時間に近い 10, 11,

Table 1. Sterilization of packaged cooked spaghetti

Sample	Sterilization	
	temperature (°C)	time (min)
A-1	110	30
A-2	110	45
A-3	110	60
B-1	115	30
B-2	115	45
C-1	120	20
C-2	120	30

12, 13 分の4条件でゆで、ざるにうちあげて水をきり、袋詰し、ただちに試料がおしつぶれない程度にそれらを真空包装した。筆者らの殺菌条件¹⁶⁾を参考にして、Table 1の条件を選定し、レトルト殺菌した。殺菌後、室温(10±5°C)で20日間保存し、2, 5, 10, 20日目に、開封後試料について(1)と同様に、テクスチャーを測定した。測定数は10とした。開封前にスパゲティの温度が喫食に適する温度(約80°C)になる条件を予め求め、その結果、袋のまま沸騰水浴中で10分間加熱した。

実験結果および考察

1. ゆで時間試験

ゆで時間に対する硬さ、凝集性およびガム性の変化をFig. 3に示した。これらの測定値は、平均値から±15%のばらつきを示すが、測定回数を多く(n=10)して、その平均値をとることにより、信頼できる測定値として用いることができる。図にみられるように、硬さおよびガム性は、ゆで時間の増加につれて、はじめ急激に、徐々にゆるやかな、曲線的減少を示した。商品指定の適当ゆで時間12~13分のところで曲線がゆるやかになり、そこでの値は、硬さは、Texturometer unit (以下T.U.) 2.2~2.1で、ガム性は、1.7~1.6の値を示した。凝集性は、ゆで時間によって変化せず、一定値となった。ゆでることにより、スパゲティの物理化学的変化が生じ、その結果、硬さ、ガム性にこのような変化が生じたと考えられるが、測定値としての凝集性に変化が現われないことは、非常に興味深いことで、今後の問題としたい。

Fig. 3の結果を両対数グラフに示すと直線になる(Fig. 4)ことから、硬さ、ガム性はゆで時間に対して双曲線的変化を示しているようである。この点は、他の種類のスパゲティについても現在検討中であるが、この

Fig. 3. Change in texture parameters of cooked spaghetti with cooking time (n=10)

Fig. 4. Logarithmic representation of the curves showed in Fig. 3.

直線の勾配と截片は、スパゲティのゆで時間によるテクスチャー変化の指標として用いることができることを示唆している。ちなみに今回のスパゲティの硬さおよびガム性の勾配および截片は、対数目盛でそれぞれ、

Fig. 5. Change in spriginess of cooked spaghetti with cooking time (n=10)

Table 2. The means and ranges in hardness of packaged spaghetti determined for four storage days (2, 5, 10, 20 days)

Cooking time (min)	10	11	12	13
A-1	3.05±0.25	2.76±0.16	2.69±0.25	2.64±0.86
A-2	2.94±0.30	2.87±0.13	2.77±0.15	2.47±0.30
A-3	3.08±0.16	2.90±0.28	2.68±0.31	2.53±0.17
B-1	2.82±0.28	2.75±0.17	2.51±0.09	2.47±0.14
B-2	2.73±0.26	2.60±0.44	2.36±0.08	2.20±0.21
C-1	2.73±0.31	2.49±0.29	2.25±0.14	2.32±0.34
C-2	2.43±0.09	2.42±0.23	2.35±0.23	2.23±0.39

Table 3. The means and ranges in cohesiveness of packaged spaghetti determined for four storage days (2, 5, 10, 20 days)

Cooking time (min)	10	11	12	13
A-1	0.811±0.051	0.812±0.048	0.795±0.020	0.786±0.021
A-2	0.815±0.048	0.819±0.020	0.810±0.038	0.782±0.057
A-3	0.822±0.029	0.812±0.046	0.790±0.064	0.776±0.032
B-1	0.835±0.033	0.820±0.020	0.809±0.021	0.799±0.029
B-2	0.826±0.024	0.827±0.024	0.828±0.016	0.804±0.020
C-1	0.817±0.081	0.795±0.038	0.783±0.039	0.794±0.057
C-2	0.805±0.060	0.794±0.045	0.806±0.034	0.794±0.032

Table 4. The means and ranges in gumminess packaged spaghetti determined for four storage days (2, 5, 10, 20 days)

Cooking time (min)	10	11	12	13
A-1	2.47±0.11	2.13±0.25	2.14±0.24	2.17±0.28
A-2	2.40±0.34	2.35±0.09	2.20±0.21	1.97±0.30
A-3	2.53±0.12	2.40±0.24	2.12±0.28	1.97±0.16
B-1	2.36±0.19	2.19±0.20	2.07±0.13	1.97±0.11
B-2	2.25±0.21	2.14±0.34	1.95±0.05	1.77±0.14
C-1	2.24±0.55	1.97±0.17	1.76±0.11	1.85±0.39
C-2	1.96±0.14	1.93±0.22	1.93±0.19	1.77±0.22

-0.950, -0.990 および 0.822, 0.814 である。

弾力性の値はばらつきがかなり大きく (Fig. 5), 品質の指標としては適当なものではないが, 全体として, ゆで時間とともに上昇し, 15 分前後の時点から一定値をとる傾向にあるようにみえる。したがって, またガム性×弾力性で示されるそしゃく性もばらつきが大きく測定値としては適当でない。

これらのことから, ゆでたスパゲティのテクスチャーがテクスチュロメーターで測定でき, 硬さ, 凝集性およびガム性がテクスチャー評価の適当なパラメーターであり, 硬さ, ガム性は, ゆで時間に対して双曲線的に減少し, 凝集性はほとんど変化しないことがわかった。また両対数表に表わした, 硬さとガム性の勾配および縦軸切片は, スパゲティのゆで特性の指標となることが示唆される。

2. 包装保存試験

10~12 分 ゆで, フィルム包装し, 殺菌したのち保存したスパゲティの保存中における, 硬さ, 凝集性およびガム性の変化を調べたが, 各殺菌条件とゆで時間に対する保存中におけるこれらの値の変動幅と平均値を Table 2, 3, 4 に示した。これらをみると, 総じて硬さおよびガム性は, ゆで時間の増加とともに減少し, また凝集性はほとんど変わらず, 実験 1 の結果と同じ傾向を示す。また, A, B, C 内あるいはそれぞれの温度の条件のうちで測定値を比べてみると, 殺菌条件がきびしくなる, すなわち温度が高く, 時間が長くなるほど, 硬さおよびガム性はその値を減じる傾向を示すが, 凝集性はほとんど変わらない。

これらのうち, 商品指示時間である 12 分 ゆでたものについての結果を Fig. 6~8 に図示した。12 分 ゆでたものについて考察すると, 以下ようになる。

硬さについてみると, 全体として 2.1~3.0 T. U. の

Fig. 6. Change in hardness of packaged cooked spaghetti

Cooking time: 12 min

Fig. 7. Change in cohesiveness of packaged cooked spaghetti

Cooking time: 12 min

Same symbols are used as in Fig. 6.

Fig. 8. Change in gumminess of packaged cooked spaghetti

Cooking time: 12 min

Same symbols are used as in Fig. 6.

範囲にあり、実験1の結果、すなわち12分で2.2の値よりも、総じて大きい値をとり、加熱殺菌により硬くなっていることがわかる。保存期間中、余り変化を示さないが、A-1, 2 および C-2 が比較的变化の振幅が大きいことから、殺菌条件のゆるい、あるいは逆にきびしい

ものにおいて硬さが不安定になっていると考えられる。また、この12分ゆでたものについては、B-2 (115°C, 45分), C-1 (120°C, 20分)の値は、その変化の振幅が小さくしかも、2.1の値に近くレトルト殺菌の条件として適正である。

凝集性は硬さの変化に比べて保存中の変化は小さい。10日以後に値が低下するものがある(A-2, 3, C-1)が、全体としての値は、0.73~0.84の間で振動しており、実験1のゆで時間によるそれと変わらず、相対的には、20日程度ではほとんど変化がないとみてよい。とくにA-1, 3, B-1, 2, C-2は凝集性の長期安定性が予想される。

前述2つの値の積であるガム性は、両方の値の変動の影響を受けるから、その変動幅も1.65~2.4とかなり大きく、全体の値は、実験1の1.7の値よりも大きい。B-1, 2, C-1, 2の変化は小さく、実験1の12分での値、1.7に近いものはB-2, C-1, 2である。

20日保存した試料の硬さおよびガム性と、ゆで時間との関係をFig. 9, 10に示す。両者とも、実験1の結果と同様に、ゆで時間とともに値が減少する傾向にある。硬さは12分のゆで時間ではA-3, B-1, 2, C-1, 2が

Fig. 9. Change in hardness of cooked spaghetti with cooking time

Storage: 20 days

Same symbols are used as in Fig. 6.

Fig. 10. Change in gumminess of cooked spaghetti with cooking time storage: 20

Storage: 20 days

Same symbols are used as in Fig. 6.

商品指示ゆで時間ゆでただけの試料の測定値に近く、とくに B-2, C-1, 2 が殺菌条件として適当であると考えられる。

ガム性も、硬さと同様な傾向を示すが、値の変化が小さく、しかも、1.7 に近いものとしては C-1, 2 が考えられる。

これらの結果から、包装品の加熱殺菌により、凝集性は余り変らないが、硬さ、ガム性は値が大きくなる傾向にある。12 分間ゆでたものでは、115°C 30 分、120°C 20 分、30 分殺菌処理したものが測定値に安定性がみられ、ゆでただけの試料の測定値に近く、また報告者らの試食でも、12~13 分ゆでたスパゲティのテクスチャーとほとんど変わらず、よい口ざわりを示した。

これらすべての結果からみて、テクスチュロメーターによる測定が、テクスチャー保持のための最適ゆで時間と殺菌条件の組合せを選ぶのに役立つことが考えられる。

要 約

スパゲティのゆで時間によるテクスチャーの変化、およびゆでたスパゲティを包装・加熱殺菌したもののテクスチャーをテクスチュロメーターで測定したところ、次のような結果が得られた。

(1) ゆでたスパゲティのテクスチャーはテクスチュロメーターで測定できる。特性カーブには、付着性は現われず、弾力性のばらつきは大きい、硬さ、凝集性およびガム性は測定数を 10 とすることにより有効なパラメーターとなる。

(2) 硬さおよびガム性は、ゆで時間の増加とともに双曲線的に減少し、その減少がかなりゆるやかになるところが商品指示ゆで時間に一致している。また凝集性は、ゆで時間にかかわらずほぼ一定値を示す。

(3) 両対数で表わした、ゆで時間-硬さ、ガム性の関係は直線となり、この直線の勾配、縦軸截片は、異なるスパゲティのゆで時間によるテクスチャー変化の指標となり得ることが示唆される。

(4) 適正ゆで時間と考えられる時間だけゆで、フィルム包装し、加熱殺菌したスパゲティの硬さ、凝集性およびガム性は、同時間ゆでただけのものより大きい値を

示すが、12 分ゆでたものについてみると、20 日間室温保存した結果、115°C 30 分、120°C 20 分および 30 分殺菌のもの（すなわち高温で短時間殺菌したもの）が、同時間ゆでただけのものの値に近く、かつ値の変動が小さく安定性を示した。

(5) 包装スパゲティの硬さ、ガム性も、ゆで時間の増加とともに減少する傾向にある。テクスチュロメーターによる測定値が包装・保存における最適テクスチャー保持条件を予知するのに役立つと考えられる。また、ゆで時間と殺菌条件の最適条件を得るためには、これらのパラメーターと製造上の経済性を考慮して、それぞれのスパゲティに適当な組合せを選べばよい。

この実験を行なうにあたり、包装材料を提供していただいた東洋製缶株式会社に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) HARRIS, R.H. and SIBBITT, L.D.: *Food Technol.*, **12**, 91 (1958).
- 2) WALSH, D.E., GILLES, K.A. and SHUEY, W.C.: *Cereal Chem.*, **47**, 7 (1969).
- 3) HOLLIGER, A.: *Cereal Chem.*, **40**, 231 (1963).
- 4) WALSH, D.E. and GILLES, K.A.: *Cereal Chem.*, **48**, 544 (1971).
- 5) KARACSONYI, L.P. and BORSOS, A.C.: *Cereal Chem.*, **38**, 14 (1961).
- 6) MATSUO, R.R. and IRVINE, G.N.: *Cereal Chem.*, **47**, 173 (1970).
- 7) BINNINGTON, D.S., JOHANNSON, H. and GEDDES, W.F.: *Cereal Chem.*, **16**, 149 (1939).
- 8) MATSUO, R.R. and IRVINE, G.N.: *Cereal Chem.*, **46**, 1 (1969).
- 9) MATSUO, R.R. and IRVINE, G.N.: *Cereal Chem.*, **48**, 554 (1971).
- 10) WALSH, D.E.: *Cereal Chem. Today*, **16**, 202 (1971).
- 11) 川口一彦・永沢 信: 食品工誌, **12**, 359 (1965).
- 12) 原 耕三・永沢 信: 食品工誌, **15**, 433 (1968).
- 13) 山野善正・福井義明・千田 貢: 包装食品の加熱殺菌における熱伝導パラメーター f_h および j の変動, 日本食品工業学会第17回大会講演(1970).
- 14) SZCZENIAK, A.S.: *J. Food Sci.*, **28**, 390 (1963).
- 15) 山野善正・小松美博・池上義昭: 食品工誌, **16**, 119 (1969).

(昭和47年10月2日受理)