圧縮試験法に基づくかまぼこの物性評価システム

中川恭子*・太田隆男*・阿部洋一**・杉山雅昭***・森 友彦****

Development of Compression Test System for Evaluation of Physical Properties of Kamaboko Gels

Yasuko NAKAGAWA*, Takao OHTA*, Youichi ABE**, Masaaki SUGIYAMA***
and Tomohiko MORI****

* *Japan Food Research and Development Institute Co., Ltd., 29, Ichinohashi-Miyauchi-cho, Higashiyama-ku, Kyoto-shi, Kyoto 605*

** *Abe Jyuro Co., Ltd., 6-8, Minami Shijo Higashi, Abashiri-shi, Hokkaido 093*

*** *Marudai Food Co., Ltd., 21-3, Midori-cho, Takatsuki-shi, Osaka 569*

**** *Research Institute for Food Science, Kyoto University, Goka-sho, Uji-shi, Kyoto 611*

From a point of view to develop a system including a compression test for evaluation of Kamaboko gel properties, the concerned equipments and their combination and conditions for the measurement were investigated, and following results were obtained. (1) The steps from measurement to presentation of the result (operation of compression test, calculation of mechanical parameters, arrangement of the data, factor analysis, three-dimensional presentation; texture mapping analysis) that have been operated separately were combined to construct a system consisting of a personal computer including programs for all procedures, compression tester of easier and time-saving testing, and printer for data output. (2) The influences of testing conditions on physical properties involved in texture mapping analysis were examined. The combinations of sample thickness and plunger speed, 3 mm and 4.8 mm/min and 4 mm and 7.2 mm/min, were found to be appropriate for the testing conditions. These conditions seem to be easier and practical compared to the previous condition of 2 mm and 1.2 mm/min, therefore, the present system is expected to be improved as to usefulness.
(Received Jan. 21, 1997; Accepted May 2, 1997)

水産練り製品の原料である冷凍すり身の品質判定¹⁾はすり身からかまぼこを調製し、そのゲル物性を測定することで行われ、いろいろな測定法が報告されている^{2)~8)}。中でも試料にプランジャーを押し込んで破断するまでの応力を測定する破断試験は古典的ながら、各食品の物性測定に使用されている⁹⁾。しかし、それらの数値は参考とはなるが、実際の品質評価は官能検査を含めた現場試験で下されることが多い。その理由として同じような物性値でありながら品質的に異なる場合が多いか

らであり、その差は官能検査によって見分けられる。その差の出る原因としては漁場、時期、鮮度等による原料の差と考えられているが、いずれにしても破断時の物性値だけで品質を判定できるにはいたっていない。既報^{10) 11)}で、著者らは、圧縮試験により物性を測定し、得られた力学的特性値のデータを因子分析して因子得点を求め、それを3次元グラフで表示し(テクスチャーマッピング法と称す^{12) 13)})、試料のテクスチャーをグラフ中の位置により評価する手法を報告した。この手法によ

* 株式会社日本食品開発研究所 (〒605 京都市東山区一ノ橋宮内町 29)

** 株式会社阿部十良商店 (〒093 北海道網走市南 4 条東 6 丁目 8 番地)

*** 丸大食品株式会社 (〒569 大阪府高槻市緑町 21-3)

**** 京都大学食糧科学研究所 (〒611 京都府宇治市五ヶ庄)

り、従来の手法では判断できなかった食品のテクスチャー特性の評価が可能となり、食品物性に関する新たな情報、メリット（消費者の好む物性の傾向、商品開発における試行錯誤の試作・官能検査の時間・労力の削減）が得られる可能性が示唆された。しかし、この手法は、測定に時間を要する（1試料約2時間）、試料調製が煩雑である（厚さを約2mmに調製）など品質管理への応用等の実用面で改善の余地があるのが実情である。そこで本研究では、この手法の応用によってかまぼこ専用の実用的なシステムを開発する観点から、測定システムの構成および測定条件の設定について検討を行った。

実験方法

1. 測定方法

測定からテクスチャー評価までのプロセスは①測定操作 ②力学的特性値計算 ③データ編成 ④因子分析 ⑤三次元グラフ表示（テクスチャーマッピング法）であり、物性測定、力学的特性値の算出、三次元グラフ表示までの詳細については既報⁽¹⁾⁽¹¹⁾の通りである。

2. 測定条件

かまぼこの物性評価（かまぼこそのものの評価及びすり身の品質評価を行うために、すり身をかまぼこに調製したものの評価といった2つの意味を含む）において、簡便で実用的なシステムにするための測定条件としてはサンプルの厚さを従来の2mmよりも厚くすること、圧縮回復速度を従来の1.2 mm/minよりも速くすること

が考えられるので、市販のかまぼこ8種類について、厚さ2, 3, 4 mm、速度1.2 mm/min～12 mm/minに設定して、各力学的特性値への影響を調べた。なお、この圧縮試験から求められる7つの力学的特性値のうち、因子分析を行う際にF：破断荷重、CW：圧縮仕事量、CM：圧縮率、RS：圧縮回復性の4つの力学的特性値の測定データを対象とするので、これら力学的特性値について影響を調べた。

実験結果および考察

1. システムの構成

テクスチャーマッピング法を簡単に行えるようにするために、操作の全体を指令するプログラムを内蔵したパソコン部分、簡易迅速型圧縮試験機（KES-G 5ハンディ型圧縮試験機；カトーテック（株）社製）、試験機に付随する電子アンプ部、データを出力するプリンタからなるシステムを組み立てた。

2. プログラムの構成

圧縮試験機による測定開始から最終結果の三次元グラフ表示：テクスチャーマッピングまでの全ての操作を進行させるためのプログラム構成を図1に示した。図中の測定操作（そのステップにおける条件設定・実行指令）、力学的特性値計算、データ編成はカトーテック（株）製のプログラムであり、因子分析はマイクロシステムズ（株）製のプログラム、三次元グラフ表示は（株）システム製のプログラムである。そして、これらのプログラムを連結

図1 プログラムの構成

することにより、簡易型テクスチャーマッピングシステム用プログラムを作った。本プログラムを内蔵する測定装置システムにより、測定における時間の短縮、操作の煩雑さの軽減が達成された。

3. 測定の条件設定に関する検討

図2はF：破断荷重へのかまぼこ試料の厚さおよび圧縮回復速度の影響を示したものである。縦軸は従来の測定条件の圧縮回復速度が1.2 mm/min、試料の厚さが2 mmの場合の実測値Fを100とした時の相対値であり、以下の図においても同様に示した。厚さが増すと、Fの値は減少する傾向で、速度が1.2 mm/minの場合、2 mmから3 mmで10%、4 mmで20%減少した。また、圧縮回復速度が速くなるとFの値は増加し、厚さ2 mmの場合は1.2 mm/minから12 mm/minで20%増加する。速度が速くなるとFが高くなるのは、プランジャーの反転のわずかな遅れにより、破断点を越えて圧縮が生じてしまうためと考えられる。

図3はCW：圧縮仕事量へのかまぼこ試料の厚さおよび

図2 サンプルの厚さおよび圧縮回復速度のFへの影響

図3 サンプルの厚さおよび圧縮回復速度のCWへの影響

び圧縮回復速度の影響を示したものである。厚さが増すと、CWの値はFとは逆に増加する傾向で、速度が1.2 mm/minの場合、2 mmから3 mmで30%、4 mmで70%増加する。また、圧縮回復速度が速くなると、CWの値は増加し、厚さ2 mmの場合は1.2 mm/minから12 mm/minで30%増加する。厚さが増すとCWの値が高くなるのはCWのチャート上の面積が大きくなるため値が増加すること、速度が速くなると前述したFの値が大きくなるためと考えられる。

図4はCM：圧縮率へのかまぼこ試料の厚さおよび圧縮回復速度への影響を示したものである。厚さが増しても、また圧縮回復速度が速くなるにつれて値はほとんど変化しない。すなわちCMは試料の厚さおよび圧縮回復速度による影響はほとんど受けないと言える。

図5はRS：圧縮回復性へのかまぼこ試料の厚さおよび圧縮回復速度の影響を示したものである。この値に関しては試料の厚さおよび圧縮回復速度の影響が複雑に現れるが、RSの実測値によって2つのタイプにわかれる。すなわち1つはRSの実測値が2.63～5.55%と低い場合、厚さが増すと値は増加し、実測値が8.15%と高い場合、厚さが増すとRSの値は減少するタイプである。厚さを増した時にRSが増加する時と減少する時がある原因としては、試料の破壊の起こり方、すなわち大きな亀裂が入るような壊れ方をする場合（RSの実測値が高いもの）RSの低下が顕著になるものと思われる。また、圧縮回復速度が速くなると、RSの値は大幅に減少し、厚さ2 mmの場合、1.2 mm/minから3.6 mm/minで30%、4.8 mm/minで40%、6.0 mm/minで50%、12 mm/minで70%減少する。厚さ3 mmの場合は4.8 mm/minで20%、6.0 mm/minで30%、4 mmの場合は1.2 mm/minで160%のものが7.2 mm/minで100%まで減少した。つまり、厚さが大きくなると圧縮

図4 サンプルの厚さおよび圧縮回復速度のCMへの影響

回復速度を速くしてもRSの減少する割合を小さくとどめられることがわかった。速度が速くなるとプランジャーの戻りに対して、試料の復元速度が追いつかなくなるため、RSの減少が起こるものと考えられる。また、試料の復元は速度によって差があり、復元が瞬時に生じない性質のものがあるため、減少具合にも差が生じたものと考えられる。このようにRSについては厚さと速度による影響が複雑に現れるため、適切な試料の厚さおよ

図5 サンプルの厚さおよび圧縮回復速度のRSへの影響

【実測値RSが低い場合 (2.63~5.55%)】

●: サンプルの厚さ2 mm, ■: 3 mm, ▲: 4 mm

【実測値RSが高い場合 (8.15%)】

○: サンプルの厚さ2 mm, □: 3 mm, △: 4 mm

び圧縮回復速度を選ぶ必要があると考えられる。

以上のように、試料の厚さや圧縮回復速度の影響はCMに関してはほとんど無いが、F、CW、RSでは大きかった。その理由は、現在のところ明確ではないが、試料の組織構造的性質と力学的特性との対応付けを行うことにより、以下のように推察される。F、CW、RSは試料の力学的構造すなわち粘弾性の性質と対応するものと思われ、CMは組織構造の連続・不連続性あるいは空隙の程度に対応するものと考えられる。このような対応性の違いにより、影響の受け方が変わるのではないかと推察される。さらに、CWの厚さによる影響はCWがFと圧縮変形量（厚さにはほぼ比例する）との積すなわち面積であることによるものである。なお、RSが厚さおよび速度の両方の影響を受ける点については上述の説明の通りである。

表1は前述の図2~5で説明したかまぼこ試料の厚さ及び圧縮回復速度の力学的特性値への影響を数値で表し、いずれの特性値も従来の測定条件である厚さ2 mm、速度1.2 mm/minの実測値を100とした場合の相対値でもって表記した。従来の測定条件よりも大きな厚さ、速い圧縮回復速度で測定できれば、本手法がより簡便で迅速なものとなるが、そのような観点からすると、問題となるRSにおけるアンダーライン部分の厚さ3 mm、圧縮回復速度が3.6から4.8 mm/minあるいは厚さが4 mm、圧縮回復速度が6.0から7.2 mm/minとするのが測定条件として適切であると考えられた。

以上のことから、簡易型テクスチャーマッピングシステムはすり身の品質評価およびかまぼこの物性評価に対

表1 サンプルの厚さおよび圧縮回復速度の力学的特性値への影響

圧縮回復速度 (mm/min) 厚さ(mm)	力学的特性値						相 対 値 (%)					
	CW			RS			CM			F		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1.2	100	132	174	100	112	156	100	100	103	100	88	82
2.4	103	137	188	81	101	147	100	100	102	103	89	84
3.6	110	140	191	66	<u>83</u>	138	100	100	103	105	90	85
4.8	116	145	195	56	<u>77</u>	120	101	100	103	108	90	88
6.0	118	150	200	50	69	<u>111</u>	101	100	103	110	91	89
7.2	122	153	205	41	63	<u>101</u>	100	100	103	113	91	90
9.6	126	157	211	32	54	89	100	99	102	114	92	92
12.0	131	162	219	29	44	72	100	100	103	116	96	94

* 数値はすべて、厚さ2 mm、速度1.2 mm/minの実測値を100とした場合の相対値を明記

アンダーライン部分はRSにおける適切な測定条件

して大いに活用できるものと考えられる。従って、本システムは多くの品質管理の場あるいは研究室で利用されることが期待されるとともに、それによって本システムの有用性がさらに広く理解されるようになるものと思われる。

要 約

圧縮試験に基づくかまぼこの物性評価システムの開発をする観点から測定装置の構成及び測定条件の設定について検討し、以下のような結果を得た。

(1) 従来個別のステップとして取り扱われていた測定から結果の表示までのプロセス（測定操作、力学的特性値計算、データ編成、因子分析、三次元グラフ表示：テクスチャーマッピング法）について、全操作を指令するプログラムを内蔵したパソコン、簡易迅速型圧縮試験機、データ出力するプリンタからなるシステムを組み立てた。

(2) 測定条件によるテクスチャーマッピング法に関連する力学的特性値への影響を検討した結果、試料の厚さが3 mm の場合はプランジャー速度が4.8 mm/min、厚さ4 mm の場合は7.2 mm/min が適切な測定条件と考えられた。従来の測定条件は厚さ2 mm、速度が1.2 mm/min であるのでより簡便で、実用的になり、このシ

ステムの有用性が期待される。

文 献

- 1) 西岡不二男：日水誌, **60**, 281 (1994).
- 2) 志水 寛・清水 亘：日水誌, **19**, 596 (1953).
- 3) 丹羽栄二・小長谷庸夫・三宅正人：農化, **46**, 295 (1972).
- 4) 田端義明・金津良一：*Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **41**, 233 (1975).
- 5) 志水 寛：*New Food Industry*, **23**, 65 (1981).
- 6) 青木久尚・望月 篤・露木英男：日食工誌, **29**, 180 (1982).
- 7) 森岡克司・志水 寛：日水誌, **56**, 531 (1990).
- 8) 神山かおる・西成勝好・志水 寛：日食工誌, **37**, 612 (1990).
- 9) 加藤 登：水産食品のテクスチャー。丹羽栄二編（恒星社厚生閣，東京），p. 77 (1987).
- 10) 姜 日峻・林 由佳子・松村康生・森 友彦：日本咀嚼学会雑誌, **1**, 33 (1991).
- 11) KANG, I.J., MATSUMURA, Y. and MORI, T.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **68**, 339 (1991).
- 12) 森 友彦：京都大学食糧科学研究所報告, **56**, 8 (1993).
- 13) 森 友彦：京都大学食糧科学研究所報告, **56**, 23 (1993).

(平成9年1月21日受付、平成9年5月2日受理)