

大豆たん白質の物性付与能の評価と制御要因に関する研究

STUDIES ON MECHANICAL AND TEXTURAL PROPERTIES OF THERMALLY INDUCED SOY PROTEIN GELS

森 友彦(京都大学食糧科学研究所)

Tomohiko MORI

Research Institute for Food Science, Kyoto University, Uji 611

ABSTRACT

Heat-set gels were prepared from 11S globulins of various soybean cultivars at protein concentrations of 18 to 20%. The gels were measured for mechanical parameters by means of a compression-decompression test. Textural properties of the gels were evaluated in terms of three-dimensional representation of the gels through factor analysis of instrumental data and calculation of factor scores. The data were composed of the values taken for 16 variables: CW, RS, CM, and F at small, medium, and large compression levels and at rupture for the gel samples examined. The results demonstrated that textural properties of the 11S globulin gels can be characterized by their positions in the three-dimensional diagram in which textural attributes involved were hardness, toughness, elasticity, and fracturability. Differences in textural characteristics among soy 11S globulin gels, gels from other food proteins, and gel-like foods were evaluated by their positions in the diagram prepared through factor analysis of instrumental data of those samples. *Rep. Soy Protein Res. Com., Jpn.* **14**, 112-116, 1993.

大豆たん白質の機能特性の1つである加熱ゲル形成性は、食品の物性発現に密接な関係を有し、食品にテクスチャーを付与する役割(物性付与性)を担っている。このため、大豆たん白質のゲル化機構やゲル物性の制御要因について従来から多くの研究がなされてきた^{1,2)}。しかし、大豆たん白質ゲルについてテクスチャーの観点から客観的に分析する研究は行われていない。このため、大豆たん白質ゲルのテクスチャー的な位置づけが不明なままとなっている。

テクスチャーはもともと感覚的な評価に属する性質であり、テクスチャーの特徴を表現したり区別を行う場合に種々の用語を選択して用いている。つまり、テクスチャーの表現とか評価には一定の基準が設けられていない。このため、テクスチャーを物性値に基づいて表示するための方法について多くの研究が行われている³⁻⁸⁾。著者らは、ゲル状食品について、圧縮試験か

らの力学的特性値を尺度にしてテクスチャーを数値的に表現する方法について研究を進めている^{9,10)}。

本研究では、この力学的特性値を尺度とするテクスチャー評価法を大豆たん白質ゲルに適用し、テクスチャー的な位置づけおよびテクスチャーを変化させる要因について検討した結果を報告する。

実験方法

11S グロブリンのサブユニット組成が異なる大豆品種として、白鶴の子、Hill、雷電、York、松浦の5品種を選択した。これらの品種は農水省農業生物資源研究所原田久也氏より供与された。

11S グロブリンは既報の方法(冷沈法)によって調製した¹¹⁾。

11S グロブリンゲル(厚さ2 mm)は100℃で30分間加熱する既報の方法によって調製した¹⁰⁾。

ゲルの物性は、Fig. 1に示したように、小変形、中変形、大変形、破断の4段階について圧縮試験を行うことにより測定した。それぞれの圧縮試験において、圧縮仕事量(CW)、回復仕事量(DW)、圧縮回復性(RS)、圧縮率(CM)、弾性率(E)、荷重(F)を求めた¹⁰⁾。これらのうち独立性を具えるものはCW(小～破)、RS(小～破)、CM(小～破)、F(小～破)の16種力学的特性値である。

測定に供した全てのゲル試料についての前述16種力学的特性値に関する測定データをセットとして因子分析(マイクロシステムズ社の多変量解析プログラムを使用)を行った。

結果と考察

力学的特性値を尺度とするテクスチャーの評価

各種のゲル状食品およびゲル標品を対象として測定した力学的特性値のデータについて因子分析を行った。

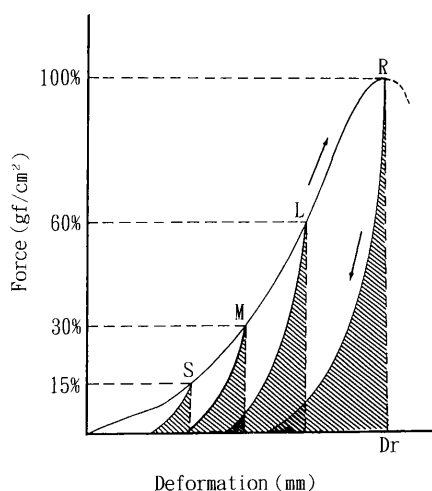


Fig. 1. Generalized force-deformation tracing of the compression-decompression test. R denotes rupture point; Dr, absolute deformation at rupture; L, M, and S, large, medium, and small compression levels, respectively.

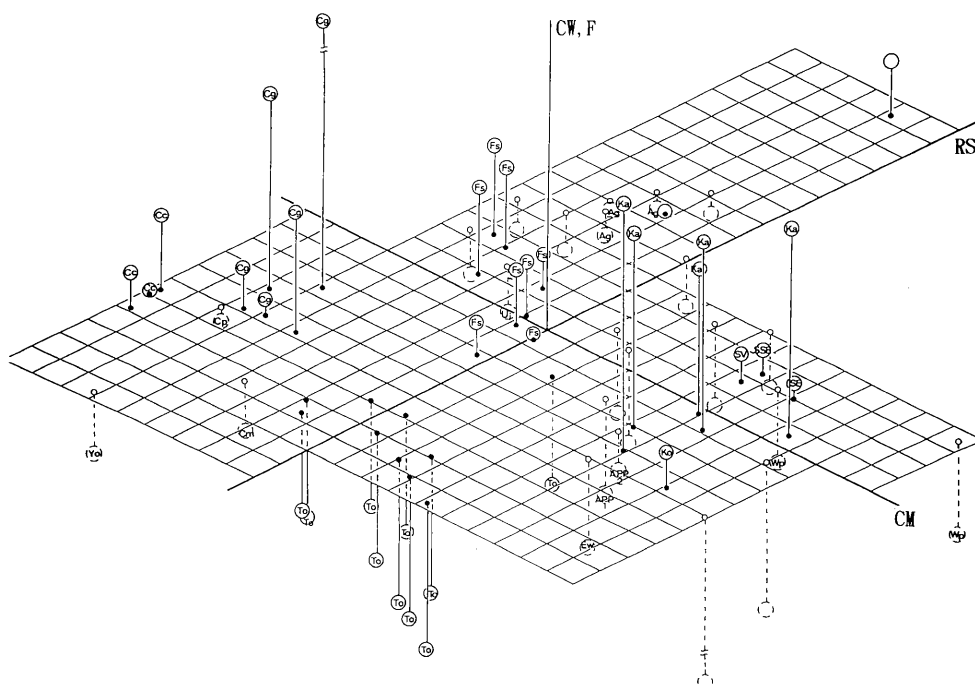


Fig. 2. Three-dimensional representation of gel-like foods. The coordinate axes of CM, RS, CW, and F represent fracturability, elasticity, toughness, and hardness, respectively. Cc, Cg, and Cm denote cheeses of cheddar, gouda, and mozzarella types, respectively; Yo, yokan; To, tofu; Fs, fish sausages; Ui, uiro; Ag, agar gels; Ka, kamaboko; SV, SSE, and SE, heat-induced gels of New Fujipro products V, SE, and E; Ew, heat-induced gel of egg white protein; APP (1, 2), heat-induced gels of acid-precipitated soy protein; Ko, mannan gel; Wp, heat-induced gels of milk whey protein.

これは、各試料のテクスチャーを区別するための共通な尺度を探り出す手法である。因子分析の過程で得られる因子負荷量から、共通の尺度として3つの因子が設定されることがわかった。第1因子にはCWとFが、第2因子にはCMが、第3因子にはRSが強く関連していることから、これら3つの因子はテクスチャー用語で言えば「かたさ、タフさ」、「もろさ」、「弾力性」を表わすものと解釈される。ついで、因子分析の最終段階で因子得点が得られ、したがって、試料の各々は3つの因子(尺度)に関する得点により数量的に表現されることになる。そこで、これら因子を直交の3軸にとって3次元グラフ上に各試料を表示した(Fig. 2)。この3次元グラフにおける各試料の分布を見ると、食品の種類によってそれぞれ特定の分布が示されていることから、本表示法によりテクスチャーの区別がなされていると考えられる。力学的特性値測定—測定データの因子分析—試料の3次元グラフ表示という本手法はテクスチャーレベルの評価を数量的に行うことのできる有用な方法になるものと思われる。なお、本3次元グラフ上の位置から、大豆たん白質ゲル(ニューフジプロS, SE, V)は各種ゲル状食品のうちカマボコに近いテクスチャーを有すると評価することができる。

11S グロブリンゲルのテクスチャー評価

11S グロブリンゲルのテクスチャーが大豆品種によ

ってどのように異なるかを知るために、それらゲル試料の測定データセットについて因子分析を行い、「もろさ」と「弾力性」を尺度としてグラフ表示を行った(Fig. 3)。ゲルのテクスチャーは11S グロブリンの濃度(18~20%)によって多少変化するが、品種によりテクスチャーに違いがあることが明らかにわかる。特に、「もろさ」が品種間差異の大きな要素であり、白鶴の子、HillとYork、雷電と松浦の3つのグループに大別しうような分布が見られる。なお、SPIは11S グロブリンゲルよりも「弾力性」に富むテクスチャーであることがわかる。また、構造的に類似性の高いソラマメの11S グロブリンは大豆と異なるテクスチャーを示している。これらの結果は、たん白質組成やたん白質化学的・構造的性質がテクスチャーの制御要因となっていることを示唆している。

Fig. 4は11S グロブリンのサブユニット組成について品種間の比較を示したものである。ここでは特に酸性サブユニットに注目しているが、A₁~A₄の組成が品種によって異なっていることがわかる。これら酸性サブユニット組成の差異がゲルのテクスチャーにどのように関連しているかについて今後検討を加えたいと考えている。

文 献

- 1) Hermansson AM (1986): Soy protein gelation.

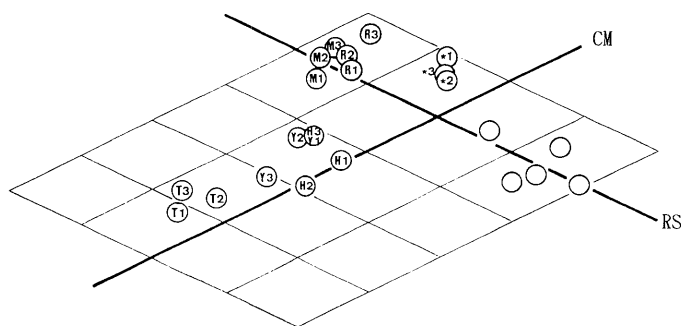


Fig. 3. Simplified texture representation of 11S globulin gels from various soybean cultivars. The representation was done on the plane of the fracturability (CM) and elasticity (RS) axes. T, Y, H, M, and R denote Shiotsurunoko, York, Hill, Matsuura, and Raiden, respectively; *, 11S globulin gels from broad beans: 1, 2, and 3, protein concentrations of 18, 19, and 20%, respectively; open circles, gels of New Fujipro products.

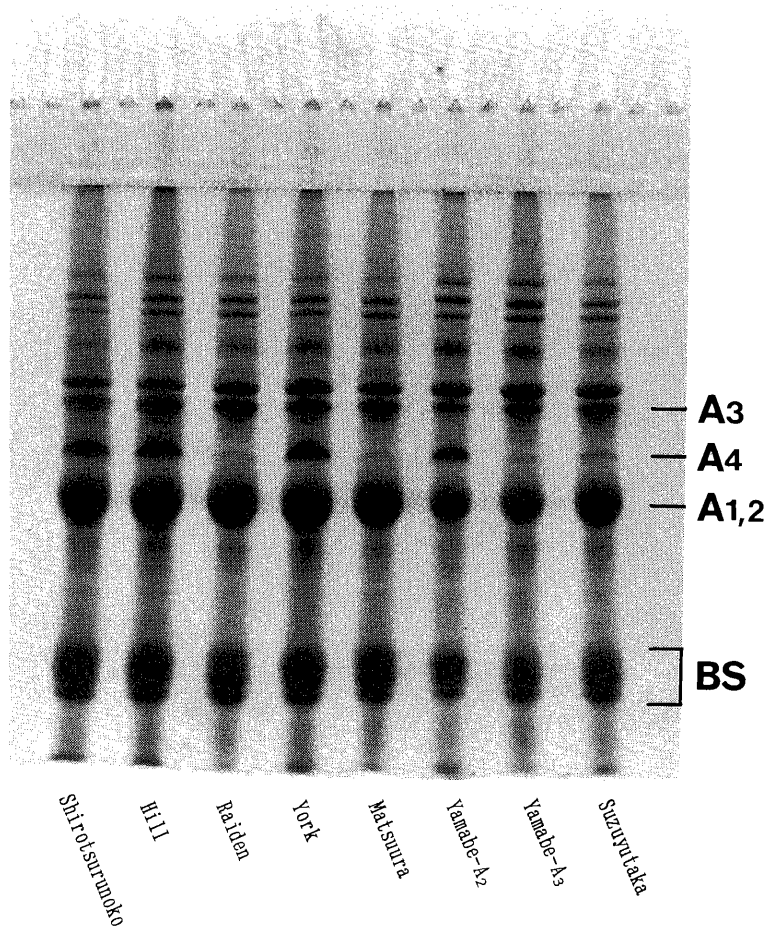


Fig. 4. Resolution of the subunit proteins of 11S globulins from various soybean cultivars. A1, 2, A3, and A4, denote major, larger, and noncovalently linked components of acidic subunits, respectively; BS, basic subunits. Electrophoresis was performed in the presence of 6 M urea.

- J Am Oil Chem Soc*, **63**, 658-666.
- 2) Mori T, Mohri M, Artik N and Matsumura Y (1989): Rheological properties of heat-induced gel of soybean 11S globulin under high ionic strength. *J Texture Stu*, **19**, 361-371.
 - 3) Szczesniak AS (1963): Classification of textural characteristics. *J Food Sci*, **28**, 385-389.
 - 4) Sherman P (1969): A texture profile of foodstuffs based upon well-defined rheological properties. *J Food Sci*, **34**, 458-462.
 - 5) Mohsenin NN (1970): Application of engineering techniques to evaluation of texture of solid food materials. *J Texture Stu*, **1**, 133-154.
 - 6) Mohsenin NN and Mittal JP (1977): Use of rheological terms and correlation of compatible measurements in food texture research. *J Texture Stu*, **8**, 395-408.
 - 7) Bourne MC (1978): Texture profile analysis. *Food Technol*, **32**, 62-66.
 - 8) Drake B (1989): Sensory textural/rheological properties—A polyglot list. *J Texture Stu*, **20**, 1-27.
 - 9) 姜 日峻, 林由佳子, 松村康生, 森 友彦(1991): 力学的特性値によるテクスチャーの数量化表示

の手法. 日本咀嚼学会雑誌, **1**, 33-37.

- 10) Kang IJ, Matsumura Y and Mori T (1991): Characterization of texture and mechanical properties of heat-induced soy protein gels. *J Am Oil Chem Soc*, **68**, 339-345.

- 11) Thanh VH, Okubo K and Shibasaki K (1975): Isolation and characterization of the multiple 7S globulins of soybean proteins. *Plant Physiol*, **56**, 19-22.