

# 大豆たん白質ゲルのテクスチャー特性に関与する因子

## ROLE OF 7S AND 11S GLOBULINS IN TEXTURAL PROPERTIES OF SOY PROTEIN GEL

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 7S globulin, 11S globulin, and acid-precipitated proteins of soybeans at various heating temperatures (80-100°C) and at 19% protein concentration. The gels were evaluated for mechanical parameters by means of a compression-decompression test. The onset of gelation coincided with the onset temperature of denaturation in 7S and 11S globulins. In acid-precipitated proteins, the onset of gelation was above the denaturation temperature of 7S globulin but below that of 11S globulin. The 7S/11S ratio affected the mechanical properties of the gels. The 11S globulin exhibited a large effect to make gels hard, tough and unfracturable. The 7S globulin showed significant contribution to gel elasticity. The changes of elasticity of the gels from the acid-precipitated proteins by the heating temperature were different from those of 7S and 11S globulins. This suggested that some interactions between the subunits of 7S and 11S globulins occurred in the case of the acid precipitated proteins. Such interactions may play an important role for mechanical properties of the gels in a mixed system of 7S and 11S globulins such as soy protein isolates. Textural properties of the gels were evaluated by three-dimensional representation of the gels through factor analysis of instrumental data. The results indicated that texture of soy protein gels may be either controlled or changed by means of 7S/11S ratio and heating temperature. *Rep. Soy Protein Res Com., Jpn.* **15**, 17-21, 1994.

大豆たん白質は加熱によりゲルを形成する性質を有している。大豆たん白質を利用する食品においてはこのゲル形成性が食品にテクスチャーを付与するうえで重要な役割を果たしている。このため、大豆たん白質のゲル化機構および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<sup>1-4)</sup>。しかし、食品へのテクスチャー付与の観点からは大豆たん白質それ自身が示すゲル物性に注目する必要がある。つまり、大豆たん白質ゲルの物性あるいはテクスチャーがどのようなタイプのものであり他のものと比べて何がどのように違っているのかを知る必要がある。また、ゲルの物性・テクスチャーはどの程度の範囲まで変化しうるのか、

それに関わる要因にはどのようなものがあるのかといった点を明らかにしていく必要があるものと思われる。

著者らは、食品の物性およびテクスチャーの測定に関する従来の研究<sup>5-11)</sup>をふまえて、ゲル状食品のテクスチャーを測定する機器的手法の開発を進めている<sup>12-16)</sup>。本研究では、このテクスチャー測定手法を応用することにより、大豆たん白質のゲルのテクスチャー的性質にその主要成分である7Sおよび11Sグロブリンがどのように寄与しているのかという点について検討した。

## 実験方法

低温脱脂大豆から酸沈法により酸沈たん白質画分 (APP-1) を、冷沈法<sup>17)</sup>により 11S グロブリンに富む画分 (glycinin) および 7S グロブリンに富む画分 ( $\beta$ -conglycinin) を調製した。また、glycinin 標品と  $\beta$ -conglycinin 標品とを混合し 7S および 11S グロブリンが等量に含まれるような大豆たん白質標品 (APP-2) を調製した。これらの 4 種類の大豆たん白質試料か

ら、既報の方法<sup>12)</sup>に従って、80~100℃で30分の加熱によりゲル (厚さ 2 mm) を作製した。

各ゲル試料について圧縮試験 (小・中・大変形および破断の 4 段階) を行い物性を測定した。これにより、4 通りの圧縮段階のそれぞれについて、圧縮仕事量、圧縮回復性、圧縮率、圧縮荷重の各力学的特性値を求めた<sup>12)</sup>。さらに、この力学的特性値データについて因子分析-ゲル試料の 3 次元グラフ表示を行うことによりゲルのテクスチャーの性質を評価した。

Table 1. The 2S globulin,  $\beta$ -conglycinin and glycinin proportion of the soy protein preparations

| Preparations         | Protein components |                      |          |
|----------------------|--------------------|----------------------|----------|
|                      | 2S Globulin        | $\beta$ -Conglycinin | Glycinin |
|                      |                    | (%)                  |          |
| $\beta$ -Conglycinin | 25.0               | 65.0                 | 10.0     |
| Glycinin             | 2.7                | 3.7                  | 93.6     |
| APP-1                | 19.4               | 25.1                 | 55.5     |
| APP-2                | 16.5               | 41.7                 | 41.8     |

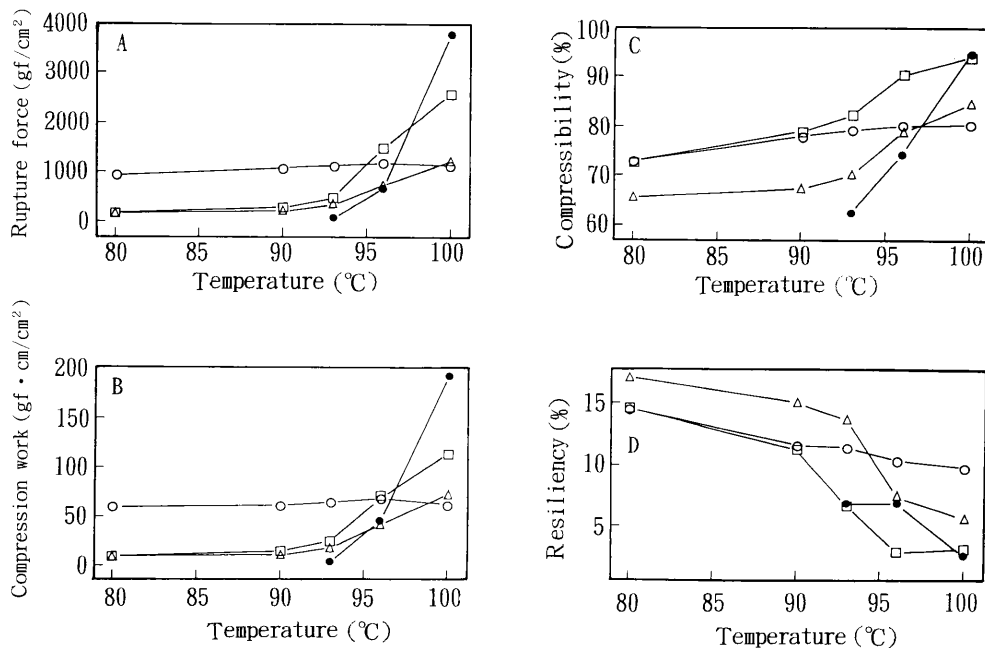


Fig. 1. Effect of heating temperature on gel properties. A denotes rupture force; B, compression work; C, compressibility; D, resiliency, respectively. Symbols ○ denotes  $\beta$ -conglycinin; △, APP-2; □, APP-1; ●, glycinin, respectively.

## 結果と考察

### 大豆たん白質試料のグロブリン成分組成

本研究では大豆たん白質のゲル物性への主要グロブリン成分の各々の寄与を調べる目的から、各グロブリンの含量比の異なる4種類の試料を実験に用いた。Table 1に各試料のグロブリン成分組成を示した。 $\beta$ -conglycinin および glycinin はそれぞれ 7S および 11S グロブリンの単一成分系としての試料である。APP-1および APP-2は 11S と 7S の比率がそれぞれ 2.21と1.0であり、主要グロブリン成分の含量比を異にする大豆たん白質に相当するものとして用いた試料である。

### ゲル形成およびゲル物性へのグロブリン成分の関わり

本実験では19%たん白質溶液を用いて80~100℃の加熱によりゲル形成とゲル物性を検討した。7S グロブ

リンの単一成分系に相当する  $\beta$ -conglycinin, APP-1, APP-2は80℃以上で保形性ゲルを形成したが、11S グロブリンの単一成分系に相当する glycinin は93℃以上でゲルを形成した。Fig. 1は80~100℃の加熱で形成されたゲルの力学的特性値の加熱温度による変化を各大豆たん白質試料について示したものである。Fig. 1のAとBはそれぞれ圧縮荷重と圧縮仕事量についての結果であり、この両力学的特性値はいずれも「かたさ」に対応するものである<sup>18)</sup>。それは、Fig. 1のA, Bがほぼ同様のパターンを示していることからうなづける。glycininに見られる93℃以上の加熱温度での「かたさ」の増加は、11S グロブリンが疎水相互作用力およびジスルフィド結合により会合していることを示している。これに対して、 $\beta$ -conglycinin では温度を上げてほぼ一定の値を示している。このことは、7S グロブリンがシステインを含まないこと<sup>19)</sup>を考慮すると、加熱の

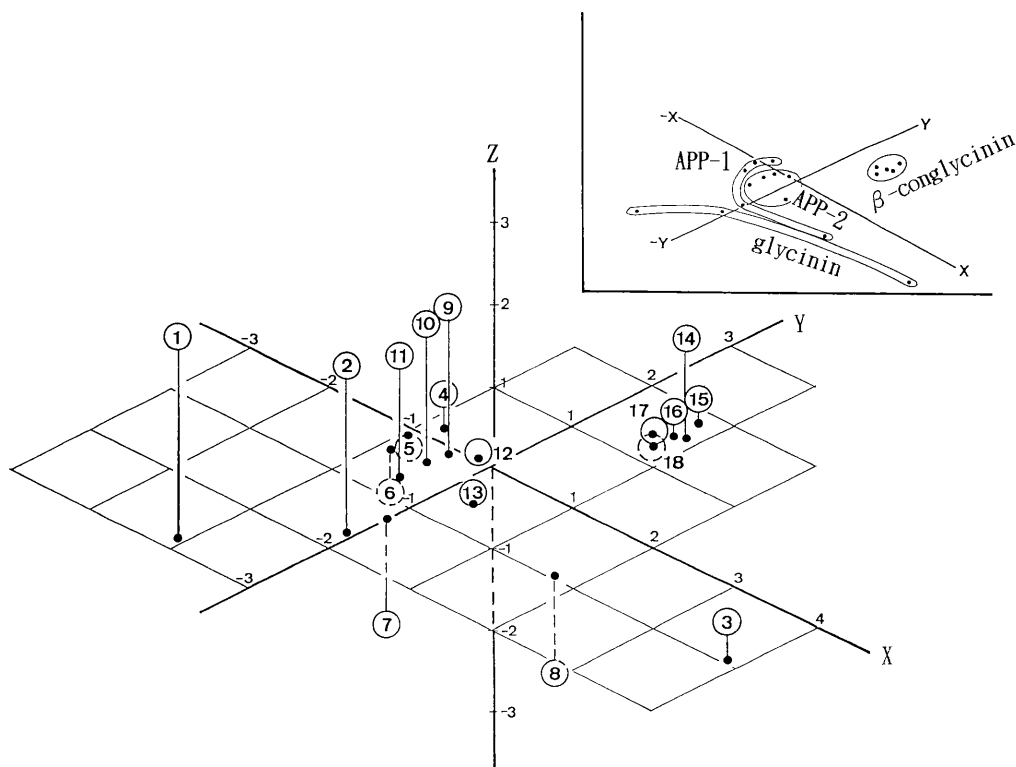


Fig. 2. Three dimensional representation of gel samples. The coordinate axes of X, Y and Z represent the factors 1, 3 and 2, respectively. The circled numbers, 1 to 3 denote glycinin gels formed at 93, 96 and 100℃. 4 to 8 denote APP-1 gels; 9 to 13, APP-2 gels(1 : 1); 14 to 18,  $\beta$ -conglycinin gels formed at 80, 90, 93, 96, 100℃, respectively, shown in Table 4.

際に疎水相互作用力により 7S グロブリン分子は会合し、その後物性測定までの冷却 (20℃) 過程において水素結合が加わり、ゲル構造が形成されることを示唆している。一方 APP-1 と APP-2 では、80~93℃ではば一定の値を示し、93℃以上で顕著な増加が見られる。93℃以上での増加の程度は 11S グロブリンの含量比が高くなるとともに大きくなることから、ゲルの「かたさ」には 11S グロブリンの寄与が大きいことがわかる。Fig. 1 の C は圧縮率についての結果を示したものである。圧縮率は「脆さ」に対応するものと考えられている<sup>18)</sup>。加熱温度による変化は「かたさ」のそれと類似しており、「脆さ」に対して 11S グロブリンが寄与することを示している。しかし、APP-1 は他のいずれよりも高い値を示している。7S および 11S グロブリンの混合系では両者のサブユニット間で相互作用を生じることが知られている<sup>20)</sup>ことから、そのようなサブユニット間の会合がゲルネットワークの不連続性を補足することにより、ゲルをくずれにくくしているものと推定される。Fig. 1 の D は圧縮回復性についての結果であり、この力学的特性値は「弾力性」に対応させることができる<sup>18)</sup>。圧縮回復性の加熱温度による変化は、他の力学的特性値の変化の場合とは異なり、APP では 7S および 11S グロブリンの単一成分系のいずれとも異なる変化が見られることである。このことは、7S および 11S グロブリンのサブユニット間の相互作用による会合がゲルネットワーク中での局所的な構造の形成と強化に関与することを示唆している。以上のような結果から、大豆たん白質のゲル物性は、その主要グロブリン成分の含量比によって多様なゲルネットワーク構造を生じ、スペクトルの広い変化を示すといえる。

#### ゲルテクスチャーの評価

ゲルの物性に関して力学的特性値による説明を前述したが、ここでは、さらにゲルのテクスチャー的性質を直感的にわかりやすく表示して (Fig. 2) 説明することにする。なお、図中の座標軸 X, Y, Z は因子分析から得られる第 1 因子、第 3 因子、第 2 因子に相当し、また、第 1 因子は「かたさ」、第 3 因子は「弾力性」、第 2 因子は「脆さ」を表わしている。すなわち、Fig. 2 はこれら 3 つのテクスチャー要素によりゲルのテクスチャーを表示している。7S グロブリンの単一成分系 ( $\beta$ -conglycinin) では加熱温度によりテクスチャーの変動が少ないが、11S グロブリンの単一成分系 (glycinin) の場合は大きく変動している。APP の場合にもテクスチャーの変動がみられ、11S グロブリンの多い方が変動が大きい。これらの結果は、7S および

11S グロブリンの含量比や加熱温度を変えることにより大豆たん白質ゲルのテクスチャーを変化あるいはコントロールしうる可能性があることを示唆している。さらに、異種食品たん白質との混合系はテクスチャーの開発に発展することが期待される。

#### 文 献

- 1) Hermansson AM (1986): Soy protein gelation. *J Am Oil Chem Soc*, **63**, 658-666.
- 2) 森 友彦 (1988): 大豆蛋白質のゲル形成機構. 日本農芸化学会誌, **62**, 882-885.
- 3) 山内文男 (1994): 大豆蛋白質の構造と食品特性. 日本食品工業学会誌, **41**, 233-240.
- 4) Mori T, Mohri M, Artik N and Matsumura Y (1988): Rheological properties of heat-induced gel of soybean 11S globulin under high ionic strength. *J Texture Studies*, **19**, 361-371.
- 5) Szczesniak AS (1963): Classification of textural characteristics. *J Food Sci*, **28**, 385-389.
- 6) Szczesniak AS, Brandt MA and Friedman HH (1963): Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. *J Food Sci*, **28**, 397-403.
- 7) Friedman HH, Whitney JE and Szczesniak AS (1963): The texturometer—a new instrument for objective texture measurements. *J Food Sci*, **28**, 390-396.
- 8) Brennan JG (1980): Food texture measurement. In: Developments in Food Analysis Techniques-2. King RD, ed., Applied Science Publishers, London. pp. 1-78.
- 9) Szczesniak AS (1987): Correlating sensory with instrumental texture measurements—an overview of recent developments. *J Texture Studies*, **18**, 1-15.
- 10) 柳沢幸江, 田村厚子, 赤坂守人, 寺元芳子 (1985): 食品の物性と摂食機能に関する研究—第 1 報 食品物性の器機的測定, 並びに食品分類について. 小児歯科学雑誌, **23**, 962-983.
- 11) Drake B (1989): Sensory textural/rheological properties—a polyglot list. *J Texture Studies*, **20**, 1-27.
- 12) 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.
- 13) 姜 日晔, 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.
  - 14) Matsumura Y, Kang IJ and Mori T (1991): Instrumental method for evaluation of mechanical/textural properties of soy protein gels. *In*: Proceedings of the International Conference on Soybean Processing and Utilization (Japan Part). Okubo K, ed., Sendai Kyodo Printing, Sendai. pp. 121-126.
  - 15) Inaba H, Hoshizawa M, Adachi T, Matsumura Y and Mori T (1994): Characterization of texture and mechanical properties of starch gels. *Food Hydrocoll*, **8**, 33-44.
  - 16) 中川恭子, 太田隆男, 中塚正博, 田中達郎, 林由佳子, 松村康生, 森 友彦 (1994): 卵白ゲル物性へのチキン粉末添加の影響. 日本食品工業学会誌, **41**, 321-326.
  - 17) Thanh VH, Okubo K and Shibasaki K (1975): Isolation and characterization of the multiple 7S globulins of soybean proteins. *Plant Physiol*, **56**, 19-22.
  - 18) Mohsenin NN and Mittal JP (1977): Use of rheological terms and correlation of compatible measurements in food texture research. *J Texture Studies*, **8**, 395-408.
  - 19) Badley RA, Atkinson D, Houser H, Oldani G and Stubbs J (1975): The structure, physical and chemical properties of the soybean protein glycinin. *Biochim Biophys Acta*, **412**, 214-228.
  - 20) Nakamura T, Utsumi S and Mori T (1986): Interactions during heat-induced gelation in a mixed system of soybean 7S and 11S globulins. *Agric Biol Chem*, **50**, 2429-2435.