

大豆紡糸タンパク質のタクスチュア特性

勝田, 啓子
新潟大学教育学部

早川, 功
九州大学農学部食品製造工学教室

<https://doi.org/10.15017/22322>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 38 (4), pp.175-180, 1984-03. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

大豆紡糸タンパク質のテクスチャ特性

勝田啓子*・早川 功

九州大学農学部食品製造工学教室

(1983年12月27日 受理)

Texture Properties of Fiber Spun from Soy Protein

KEIKO KATSUTA* and ISAO HAYAKAWA

Laboratory of Food Technology, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-09, Fukuoka 812

緒 言

これまで我々は、大豆タンパク質の繊維化に関する研究を進めて来た(勝田ら, 1982 a, b, c; 勝田・早川, 1983 a, b; Katsuta and Hayakawa, 1984; Hayakawa et al., 1981; 1982). 大豆タンパク質を繊維化する目的の1つは、新しい食用タンパク資源の確保である。現在、地球は45億強(41,344万人; FAO, 1982)の人口を抱えているが、西暦2000年には60億に達するであろうと予想されている。これに反し、耕地面積は4%の伸びしか見込まれていない(NHK取材班, 1982; 斎藤 誠, 1982)。そこで、油糧種子としてその大半が家畜の飼料とされている大豆タンパク質を人間が直接的に、そしてより有効に利用する事が、食糧問題解決の一方策となる。何故なら、畜肉1kgを得るのに鶏は2kg, 豚は4kg, 牛に至っては8kgもの飼料を必要とし(NHK取材班, 1982), このようなリサイクルでタンパク質を得るのは非常に効率が悪いためである。

しかし、大豆タンパク質のより重要な目的は一肉食化した人類の嗜好を満たす事にある。目下、欧米は元より、日本を始めとして、中国や中東諸国で急速に肉食化が進行しており、歴史上一度肉食化した民族が元の食生活に戻ることはほとんどないと言われている(NHK取材班, 1982)。とすれば、求められるのは豆腐や組織状タンパク質という形態の食品ではなく、より畜内に近い肉様製品の開発である。球状の大豆グロブリンを天然肉の筋原繊維の形に加工する最良の方法

は紡糸法である。それにより得られた spun-fiber を結着、抽し固めれば肉類以製品が出来る。従って、得られた spun-fiber は畜肉代替素材として、より天然肉に近いテクスチャ(Texture)を持つものでなければならない。

テクスチャという語は、元来衣服領域において織物の“風合い”という意味で使用されていたものである(中浜, 1976)。これが食品についても、外観や風味と三位一体となつて消費者の嗜好を支配する重要な性質として取り上げられるようになって来た(Mohsenin, 1982)。テクスチャ特性を評価する方法は、(1)主観的評価即ち官能評価と(2)客観的評価即ち機器測定に分類されるが、官能評価はあくまで心理学的試験であり、パネルに完全な信頼性がなく、絶対的な評価とはいえない。この意味では、特に加工の初期段階においては、客観的測定の方が、より有効である。

そこで本研究では、我々が製造した spun-fiber (勝田ら, 1982 a) を畜肉代替素材として実用化する為の基礎として、テクスチャの客観的測定を行い、spun-fiber の品質評価を試みた。

実験材料および方法

1. 供試材料

1) 供試 spun-fiber

Spun-fiber: タンパク質濃度15% (0.6% NaOH), 20% (1.2% NaOH), 25% (1.8% NaOH), 30% (2.5% NaOH) の dope を試作湿式紡糸装置 Hayakawa et al., 1981) で紡糸し(勝田ら, 1982

* 現在: 新潟大学教育学部 (Present address: Faculty of Education, Niigata University, 8050 Ninocho Igarashi, Niigata-shi 950-21)

Table I. Analytical Data of Fiber Spun from Soy Protein and Commercial Fibrous Soy Protein SP-90 (Dry Basis). (%)

Dope conc. (%)	Spun-fiber				
	15	20	25	30	SP-90
Protein	91.6	92.2	92.6	90.6	91.6
Carbohydrate	3.1	3.1	3.1	3.8	3.2
Lipid	4.2	4.4	4.5	4.8	4.0
Ash	1.1	0.8	0.9	1.1	1.2

- a) Kjeldahl N×6.25
 b) Phenol-sulfuric acid method
 c) Chloroform-methanol mixture (1:1)

Spun-fibers were spun with various composition dopes which had good spinnability by a trial spinning machine, and a commercial fibrous soy protein SP-90 was obtained from Fuji Oil Manufacturing CO., Ltd. Numbers of spun-fiber show the protein concentration in dope: 15% soy protein and 0.6% NaOH (15), 20% soy protein and 1.2% NaOH (20), 25% soy protein and 1.8% NaOH (25), 30% soy protein and 2.5% NaOH (30).

a), 水洗後 2~3 cm の長さに切断し, 真空乾燥して保存した。その一般分析値を Table I に示した。

これら dope は即報(勝田ら, 1982 a) で述べたように優れた可紡性を示したものである。しかし, 30% dope の場合は, 凝固液中を索引される時の相分離速度が遅く, 繊維内部まで凝固が達せず, 水洗工程で崩壊してしまつた。そこで, 本実験では, 巻き取り後, 繊維を 30 分間凝固液中に浸漬し, 凝固を十分行つた後, 水洗した。

市販繊維状大豆タンパク質: 不二製油社の繊維状大豆タンパク質 SP-90 を使用した。その一般分析値は, 同じく Table I に示した。

2) テクスチャ測定用対照試料

一般市販品, コーンビーフ(株式会社・明治屋製), フランクフルト・ソーセージ(日本ハム株式会社製), かまぼこ(トクスイ製, 中級かまぼこ)を用いた。

3) 結着剤

Dope 調製に用いたと同じ分離大豆タンパク粉末・フジプロ R (不二製油社製) と, 乾燥卵白(太陽フーズ製, 粗タンパク含量 90%) を用いた。

2. 保水性の測定

Sherman (1960) の方法に準じて, 遠心法で行つた。

3. 模擬食品の試作

結着剤に前述の分離大豆タンパク質と乾燥卵白を使用し, 以下の二種類の模擬食品(Meat analogues)を試作した。

試作 A: spun-fiber を 20 分間水に戻した後, 布巾で付着水をふき取つた。この spun-fiber 50 g を 20% (w/w) 卵白溶液 50 ml によく混和し, 内径 22 mm の塩化ビニリデンチューブ(呉羽化学製)に詰め, 両

端を縛つて 90°C の湯浴中に垂直に立てて入れた。50 分間加熱後, 直ちに氷水中に 15 分間つけて, 過熱を避けた。

試作後, 恒温測定室(22~23°C)に一夜放置後, テクスチャ測定に供した。

試作 B: 乾燥卵白 10 g と分離大豆タンパク質 10 g に 80 g の水を加えて石川式攪拌搗潰機 101 号にて 10 分間搗潰し, この混液に 10 g の spun-fiber を 20 分間水につけて水戻し後, 加え, 再び 10 分間搗潰した。搗潰後塩化ビニリデンチューブ(22φ)に詰め, 以下試作 A と同様の操作を行つた。

4. テクスチャ測定

Universal Tensilon-Compression Testing Machine (万能引張り圧縮試験機)(東洋ポールドウィン製, テンシロン UTM-III) を用いて以下の実験を行つた。

1) 圧縮試験

模擬食品を 2 cm 幅の輪切りにし, 円筒状の試料片(22φ×20 mm)を作製し, 試料断面積より大きな 2 枚の平行金属平板間で試料を圧縮した。クロスヘッドスピード 200 cm/min, チャートスピード 500 cm/min で測定を行つた。

2) 貫入試験

試作 A の模擬食品から 22φ×10 mm (試料 a), 試作 B の模擬食品から 22φ×20 mm (試料 b) の試料片を作製し, 以下の条件で貫入試験を行つた。

クロスヘッドスピード: 200 cm/min

チャートスピード: 500 cm/min

クリアランス: 試料 a 1.5 mm (85%変形)

試料 b 4.0 mm (80%変形)

ストローク: 試料 a 20 mm

試料 b 30 mm

プランジャー：4φ および 12φ の円筒状プランジ
ジャー

得られた咀嚼曲線（荷重—変位曲線）は、岡部（岡部 嶺, 1971）による方法に従って分類し、機械的特性のパラメーター（岡部 元雄, 1971; Szczesniak, 1963）は、Brandt ら（1963）による修正テクスチャ・プロファイル法を用いて解析した。

結果および考察

1. Spun-fiber の保水性

Szczesniak は（1963）、テクスチャ特性を（1）機械的特性、（2）幾学的特性、（3）その他の特性に分類した。このうち（3）のその他の特性は試料の水分や脂肪含量などに左右される特性である。従って、保水性は、食品素材としての spun-fiber に要求される重要な機能特性の一つと考えられる。しかし、JAS にも spun-fiber の保水性に関する規定はなく、又、その保水性の程度は目的とする肉類似食品の用途に応じて異なると思われる。そこで、ここでは、大豆タンパク質濃度の異なる dope で製造された spun-fiber 間で差があるかどうかを検討した。

Fig. 1 に、タンパク質濃度 15, 20, 30% の dope で製造された spun-fiber と、市販繊維状大豆タンパク質 SP-90 を所定の時間水戻しし、その保水量を測定した結果を示した。

各 spun-fiber は 10 分間の水戻しで一定値に達し、その後平衡状態となった。この時の保水量は 20% dope による spun-fiber が最も大きく、15%, 30% dope による spun-fiber の保水量は、20% のそれぞれのそれぞれ約 95%, 80% であり、30% dope による spun-fiber の保水量は他の 2 つの spun-fiber に比較して、かなり劣っていた。30% dope による spun-fiber の保水性が劣るのは、タンパク質濃度が高過ぎて、dope 状態でのゲルネットワーク構造が強固、あるいは緻密過ぎたことに原因がある。その結果、spun-fiber 内部に“芯”が残り、これが保水性を妨げていると思われる。

又、市販繊維状大豆タンパク質 SP-90 は、外観（色沢）、保水性共、この 30% dope による spun-fiber に非常によく似ていた。この事は、現在市販されている繊維状大豆タンパク質は、一度乾燥した後に畜肉代替素材として使用するには、保水性の面で若干問題があることを示している。

2. Spun-fiber のテクスチャ特性

1) 圧縮試験

20, 25, 30% dope による spun-fiber と市販繊維 SP-90 を用いて、試作 B の方法で作製した模擬食品の圧縮率を測定した結果を Fig. 2 に示した。

Spun-fiber を素材とした模擬食品の荷重—圧縮率

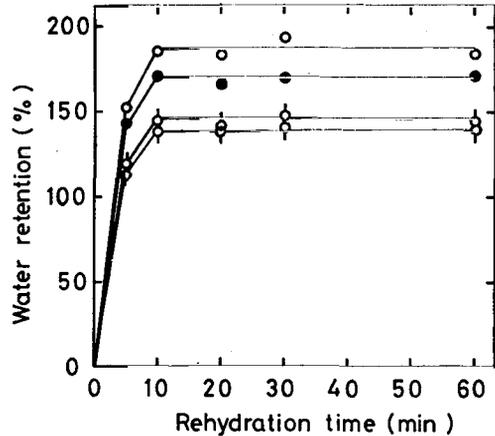


Fig. 1. Relationships between Water Retention and Rehydration Time on Fiber Spun from Soy Protein. Symbols in the figure show the difference of dope composition: 15% protein and 0.6% NaOH (●), 20% protein and 1.2% NaOH (○), 30% protein and 2.5% NaOH (△) and commercial fibrous soy protein SP-90 (□).

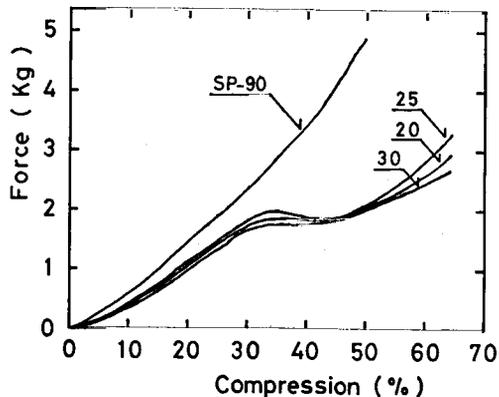


Fig. 2. Force-compression Curve for trial Meat Analogue prepared with Spun-fiber and Commercial Fibrous Soy Protein SP-90. Numbers show protein concentration in dope (see Table 1). Cylindrical samples (22φ×20 mm) were prepared from meat analogues with the trial method B, and measured at 200 cm/min crosshead speed.

曲線は、いずれも 35% 圧縮で降状値を示したが、市販繊維 SP-90 で作られた模擬食品には降状値が見ら

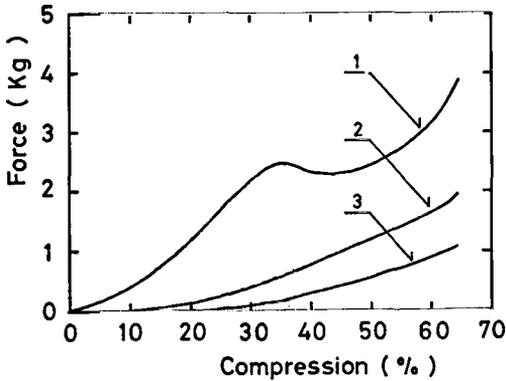


Fig. 3. Force-compression Curve for the trial Meat Analogue prepared with Spun-fiber of 25% Dope. The sample was prepared and measured in the same manner as Fig. 2. Numbers show the bite time: first bite (1), second bite (2), third bite (3).

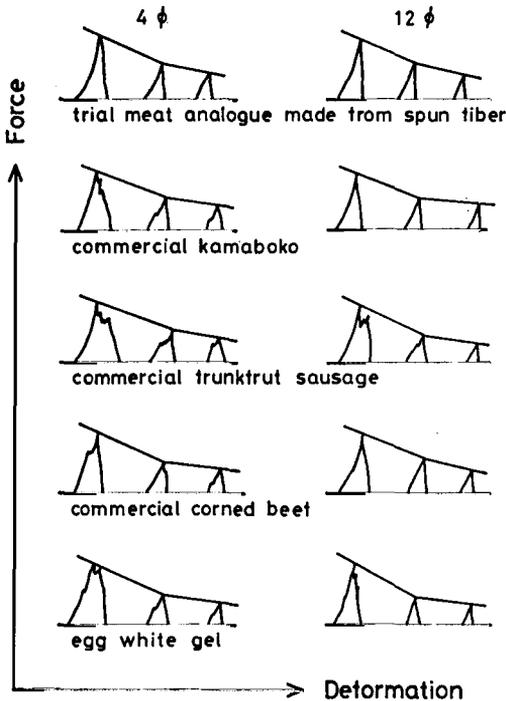


Fig. 4. Force-deformation Curve for trial Meat Analogue, Commercial Kamaboko, Frankfruit Sausage, Corned Beef and Egg White Gel. The meat analogue was prepared with the trial method A. Egg white gel was prepared to 20% concentration.

れず、荷重値が Spun-fiber に比べて非常に大きかった。これは、1つは市販 SP-90 の保水性が悪い (Fig. 1) 為と、もう1つの理由として SP-90 の繊維強度が強過ぎ、模擬食品作製の際の揉潰によつても繊維があまり崩壊しなかつた事によるものと思われる。

次に, spun-fiber の模擬食品を連続3回圧縮し, その圧縮率を測定した。Fig. 3 に, 25% dope で紡糸された spun-fiber による模擬食品の測定結果を示した。2回目, 3回目の圧縮率曲線の立ち上がりが遅れてきているのは, 前回での圧縮による変形が回復しないうちに次の圧縮が始まつた為である。又, 1回目の荷重-圧縮率曲線のみが降状値を示し, 2回目, 3回目の曲線には降状値がみられなかつた事から, この模擬食品は, 1回の圧縮によつて繊維同士のかみ合いやこれを繋ぐ結着剤の結合が切断されたと考えられる。

20%, 30% dope による spun-fiber の模擬食品も同様の結果を示し, 三者の間で有意な差は認められなかつた。

2) 貫入試験

試作Aの方法で作製した spun-fiber の模擬食品 (試料a) について, 4φ と 12φ の2種の円筒状プランジャーを使用して, 連続3回の貫入を行った結果を Fig. 4 に示した。又, 比較の為に, 市販の中級かまぼこ, フランクフルト・ソーセージ, コーンビーフ, および結着剤として使用した乾燥卵白の20%ゲルの荷重-変形曲線を示した。なお, 20, 25, 30% 3種の dope による違いはみられなかつた。

岡部 (岡部 魏, 1971) は, この荷重-変形曲線を咀嚼曲線として, 大きく4つの型に分類している。即ち, 完全弾性型, 遅延弾性型, 塑性流動型, 脆性破壊型である。更に, 遅延弾性型を完全回復と不完全回復の型に細分している。

この岡部の咀嚼曲線型に準じて, Fig. 4 の荷重-変形曲線を分類すると, 模擬食品とコーンビーフは同じ不完全回復遅延弾性型に, フランクフルト・ソーセージと卵白ゲルは脆性破壊型に, かまぼこは4φのプランジャーでは脆性破壊型, 12φプランジャーでは不完全回復遅延弾性型に属した。模擬食品が筋原繊維を有するコーンビーフと同じパターンを示すことは, spun-fiber が畜肉代替素材として優れた咀嚼性を持っている事を示している。

Fig. 5 には, 揉潰操作をほどこした試作Bの方法による模擬食品 (試料b) の荷重-変形曲線を示した。20%と25% dope の spun-fiber で作製した模擬食品は図に示したA (上図) の不完全回復遅延弾性

Table II. Texture Parameter of Trial Meat Analogue Prepared with Spun-fiber.

Sample	Dope conc. (%)	Hardness (Kg)	Springness (mm)	Cohesiveness
A	20	2.80	15.0	0.44
B	25	3.00	15.0	0.45
C	30	2.70	11.0	0.36

Meat analogues were prepared with spun-fiber by the trial method B. Parameter was analysed from force-deformation curve by the texture profile method.

型のパターンを示したが、30% dope のものはB(下図)のような第2咀嚼の山が第1咀嚼の山に比べてかなり細い塑性流動的パターンとなった。

そこで、テクスチャの機械的特性の差を具体的に把握する為に、テクスチャ・プロファイル法により、この荷重-変形曲線を解析し、硬さ(Hardness)、弾力性(Elasticity あるいは Springness)、凝集性(Cohesiveness)の一次パラメーター値を求め、結果をTable IIに示した。

20%と25% dope の spun-fiber による模擬食品の間には、ほとんど差がみられなかったが、30% dope のものは弾力性、凝集性の値が他の2つより低かった。これは30% dope の spun-fiber による模擬食品の荷重-変形曲線の第2の山が第1の山に比べてかなり細い(Fig. 5) 為である。

このような結果の原因として、30% dope による spun-fiber は相対的に固く不均一である事が考えられる。その結果、搗潰の際、部分的に繊維が大きく崩れ、模擬食品を作製した場合、繊維間のからみ合いや結着が弱く、第1回の貫入によつて大きく破壊され、

保型効果が減少したと考えられる。

要 約

畜肉代替素材としての使用を目的として、試作湿式紡糸装置で紡糸された大豆タンパク質紡糸繊維(spun-fiber)のテクスチャを検討する為に、spun-fiberの保水性を測定し、試作模擬食品の圧縮試験と貫入試験を行い、以下の事が明らかとなった。

1) 試作湿式紡糸装置で紡糸された spun-fiber は、市販繊維状大豆タンパク質 SP-90 より適度な保水性を示した。Spun-fiber の中では、タンパク質濃度20%(1.2% NaOH)のdopeで製造されたものが、最も優れた保水性を示した。

2) 大豆タンパク質 spun-fiber は、市販繊維 SP-90 より適度な硬度を有していた。又、貫入による荷重-変形曲線は、市販コーンビーフと同じパターン(不完全回復遅延弾性型)を示し、畜肉代替素材としての使用の妥当性が認められた。

3) Dope タンパク質濃度20~25%のものが spun-fiber として優れた保水性とテクスチャを有していた。

参 考 文 献

- Brandt, M. A., E. Z. Skinner and J. R. Coleman 1963 Texture Profile Method. *J. Food Sci.* 28: 404
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 1982 1981 *FAO Production Yearbook*, Vol. 35. FAO Publications
- 勝田啓子・早川 功・野村男次 1982a 大豆タンパク質の紡糸特性とレオロジー的性質. *農化*, 56: 189-194
- 勝田啓子・早川 功・野村男次 1982b 低濃度dopeのリジンアラニン防止効果と紡糸特性. *農化*, 56: 435-440
- 勝田啓子・早川 功 1982c ゲル化に及ぼす大豆タンパク質dopeの粘弾性挙動とSH基との関係. *農化*, 56: 1143-1147
- 勝田啓子・早川 功 1983a 低濃度大豆タンパク質dopeの粘弾性挙動と紡糸特性. *日食工誌*, 30:

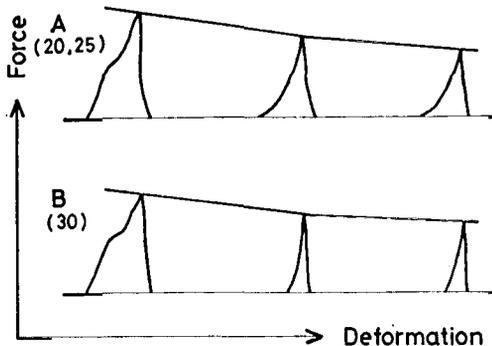


Fig. 5. Effect of Dope Concentration on Force-deformation Curve for the trial Meat Analogue. The meat analogue was prepared with trial method B. Sample made from 20 and 25% dope showed the pattern A, but sample made from 30% dope showed the pattern B.

- 20-24
 勝田啓子・早川 功 1983b 大豆タンパク質の紡糸
 繊維強度に関する研究. 日食工誌, 30: 264-269
 Katsuta, K. and I. Hayakawa 1984 Effects of
 Reducing Agents on Rheological Property,
 Inhibition of Lysinoalanine (LAL) Forma-
 tion and Spinnability of Soy Protein. *Agric.
 Biol. Chem.*, 48: 727-731
 Hayakawa, I. and K. Katsuta 1981 A Study
 of Fiber Spun from Soy Protein. *Nippon
 Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 28: 347-354
 Hayakawa, I., K. Katsuta and S. Kawasaki
 1982 Effects of Rheological Properties and
 Molecular Weight Distribution on the Spin-
 nability of Soy Protein. *Agric. Biol. Chem.*,
 46: 1997-2001
 Mohsenin, N. N. 1982 食品の特性 (林弘道訳) 光
 琳. 東京, 298 頁
 中浜信子 1976 調理の科学. 三共出版, 東京, 30 頁
 NHK 取材班 1982 日本の条件 6 食糧①穀物争奪
 の時代. 日本放送協会, 東京, 1-9 頁, 139-245
 頁
 岡部 纈 1971 食品のテクスチュアに関する研究
 (第 4 報) 咀嚼曲線のレオロジカルな解析の検討.
 調理科学, 4: 232-238
 岡部元雄 1971 テクスチュロメーターによる新しい
 考察. 調理科学, 4: 156-162
 斎藤 誠 監訳 1982 FAO 2000年の農業—21世紀
 への挑戦—. 国際連合食糧農業機関, 184-203 頁
 Sherman, P. 1961 The Water Binding Capa-
 city of Fresh Pork I. *Food Technology*, 15:
 79-87
 Szczeniak, A. S. 1963 Objective Measurements
 of Food Texture. *Food Technology*, 18: 410

Summary

The water retention of fiber spun from soy protein by using a trial wet spinning machine and the texture properties of trial meat analogue prepared with the spun-fiber were studied for practical usage to prepare meat analogues.

Fibers spun from soy protein by using the spinning machine had the suitable rigidity to prepare meat analogues as compared with a commercial fibrous soy protein (SP-90), and the meat analogue prepared with the spun-fiber showed the force-deformation curve like one of commercial corned beef when penetrating test was carried out with a tensilon UTM-III. The force-compression curve of the meat analogue prepared with spun-fiber showed a yield value about 35% compression, but the meat analogue prepared with SP-90 did not show the yield value because of too strong tissue and less bindability. The spun-fibres made from 20-25% protein concentration dope had excellent water retention and texturability as a materials of meat analogue.