こんにゃくのテクスチャーとその評価†

志 水 寛*・島 原 英 夫*

Texture Evaluation of “Konnyaku”

YUTAKA SHIMIZU and HIDEO SHIMAHARA

“Konnyaku”, a traditional food of Japan, is a moist and elastic gel made from the flour (glucmannan) of the devil's tongue, *Amorphophallus konjac* K. Koch. The organoleptic analysis of the texture characteristics of this food was carried out on 20 samples of different grades. Close relationships were found between “quality” and “toughness” score, as well as between “quality” and “hardness” score. These subjective reactions were related to 2 kinds of objective indexes: the breaking strength S (g) and the breaking deformation d (cm), both of which were obtained for the specimen of 3.0 cm thick by the penetrating test using Okada's jelly-strength tester fitted with a plunger of diameter 0.80 cm. The logarithm of S varied directly with the “hardness” score, and that of $S \cdot d$ varied directly with the “toughness” score. The d value varied directly with the “quality” score. The desirable ranges for this food were estimated to be 500–700 g for S and 700–1,000 g·cm for $S \cdot d$.

(Received Nov. 20, 1978)

こんにゃくは、コンニャク精粉を水に膨潤させて粘稠な糊とし、これにアルカリ（石灰）を加え、加熱、凝固させて作るわが国独特の伝統食品であるが、その製造工程はまだ経験と勘に頼って管理されている部分が少なくない。著者らは、この食品の製造方法の定量的追跡を企図し、その手初めとして品質評価の問題を取り上げることとした。

こんにゃくの品質は、色沢外観、におい、味、テクスチャーを総合的に評価してきめられているが、その場合テクスチャーの良し悪しが特に重要視される。本報は、この食品のテクスチャーの最も重要な要素である“硬さ”と“腰の強さ”を取り上げ、品質との関係を調べると共に、これらの食感をプランジャー押込み試験で得られる指標を用いて推定できるかどうかを検討したものである。

試料および実験方法

1. 試料

Table 1 に示したように、コンニャク精粉の種類、加

水量およびアルカリ添加量をそれぞれ変えて組み合わせることによって、テクスチャーの異なる 20 種類のこんにゃくゲルを調製した。この場合、精粉は市販の特等粉、1 等粉、3 等粉および生芋（在来種、3 年生）を用い、加水量と精粉の 17～45 倍量、石灰（水酸化カルシウム）添加量は精粉の 2～4%とした。

精粉の膨潤時間は、加水量が 30 倍量以下のものは室温（15°～20℃）で 3 時間、それ以上ものは 2 時間とし、得られた糊にアルカリを添加攪拌した後、素早く内径 4.0 cm、高さ 3.0 cm の円筒形の型わくに入れて成形し、70～80℃の熱湯中で 3～3.5 時間加熱して凝固させた。1 種類の試料についてこのような円柱状ゲルを 10～12 個調製し、室温まで急冷してから官能検査とプランジャー押込み試験に供した。

2. 官能検査

専門家パネルによって、“硬さ”と“腰の強さ”の程度を評価すると共に、総合的なテクスチャーの良否を判定した。パネル・メンバーには、5 年から 10 年間実際に工場においてこんにゃくの製造あるいは品質検査の経験

† 1967 年 4 月 25 日、日本食品工業学会第 14 回大回（東京）において発表した。本報を、こんにゃくに関する食品製造学的研究（第 1 報）とする。

* 高知大学農学部（〒783 南国市物部乙 200）

Faculty of Agriculture, Kochi University, Otsu-200, Monobe, Nankoku-shi, Kochi-ken

Table 1. Preparations of konnyaku-gel used for the texture evaluation

Sample number	Konjac flour* (g)	Water (ml)	Calcium hydroxide, mg (% of flour)	Flour/Water (%)
1	14.07 (C)	320	422 (3.0)	4.4
2	15.35 (B)	320	384 (2.5)	4.8
3	12.80 (B)	320	320 (2.5)	4.0
4	11.20 (B)	320	280 (2.5)	3.5
5	330 (D)	0	300 (—)	—
6	9.60 (A)	320	288 (3.0)	3.0
7	13.76 (A)	320	344 (2.5)	4.3
8	330 (D)	0	300 (—)	—
9	9.60 (B)	320	288 (3.0)	3.0
10	7.10 (A)	320	294 (4.0)	2.2
11	15.37 (C)	320	400 (2.6)	4.8
12	16.64 (C)	320	416 (2.5)	5.2
13	8.00 (B)	320	320 (4.0)	2.5
14	11.20 (A)	320	280 (2.5)	3.5
15	19.20 (C)	320	480 (2.5)	6.0
16	8.00 (A)	320	240 (3.0)	2.5
17	16.00 (A)	320	320 (2.0)	5.0
18	3.97 (A) 5.96 (C)	320	300 (3.1)	3.1
19	330 (D)	0	200 (—)	—
20	17.60 (B)	320	352 (2.0)	5.5

* A: excellent grade flour from domestic ('native') species.

B: 1st grade flour from domestic ('native') species.

C: 3rd grade flour from domestic ('native') species.

D: raw tuber of domestic ('native') species.

をもつ熟練者 5 名を選び、官能検査の実施に当たっては、20 種類の試料ゲルに無作為に番号をつけ、厚さ 1 cm にスライスして番号順にテーブル上に並べ、繰り返し試食しながら Fig. 1 に示した数値尺度上のそれぞれの食感に応じた位置に試料番号を記入するようにした。

"Hardness" (硬さ)

"Toughness" (腰の強さ)

"Quality" (品質)

Fig. 1. Rating scales used in the sensory evaluation of texture of konnyaku-gel.

得られた結果は、順位あるいは評点に置き換えて統計的に処理した。

3. ブランジャー押込み試験

上記の直径 4.0 cm、高さ 3.0 cm の円柱状試料について、直径 0.80 cm の球状先端をもつブランジャーを装着した岡田式ゼリー強度試験器 (中央理研製)⁸⁾を用い、荷重速度 750 g/min で破断強度 S (ゲル表面を破壊するのに要する荷重の大きさ, g) の凹みの大きさ d (ブランジャーに接したゲル表面の破断歪み, cm) を求めた。測定は 1 つの試料について 4~7 回繰り返して行ない、その平均値をとった。

実験結果と考察

1. "硬さ"と"腰の強さ"がテクスチャーの総合評価に及ぼす影響

まず、今回の官能検査におけるパネルの評価の一致性を検定してみた。5 名のパネル・メンバーの判定結果を順位に置き換えて処理し、KENDALL の一致性の係数¹⁾を求めたところ、"硬さ"については 0.907, "腰の強さ"については 0.799, "品質"については 0.811 と、いずれも 1% の危険率で判定結果の一致性が確かめられた。そ

Table 2. Texture scores for 20 kinds of samples evaluated by rating test and their mechanical strengths measured by penetrating test

Sample number	Sensory test			Penetrating test	
	"Hardness"	"Toughness"	"Quality"	Breaking strength, S (g)	Breaking deformation d (cm)
1	-2.0	-2.1	-2.1	92	0.95
2	1.1	0.8	-0.1	739	1.45
3	0.6	1.0	0.9	558	1.49
4	-0.4	0.0	0.3	358	1.29
5	1.3	0.4	-0.4	894	1.36
6	-0.1	-0.2	0.6	497	1.53
7	1.5	1.3	0.4	1,083	1.55
8	0.6	-0.6	-0.4	542	1.29
9	-0.4	-0.4	-0.9	254	1.23
10	-0.6	-0.9	-0.6	171	1.33
11	-1.9	-1.9	-2.0	139	1.02
12	-1.3	-1.3	-1.3	209	1.16
13	-1.6	-1.7	-1.9	90	1.13
14	0.8	0.8	1.0	707	1.40
15	0.7	0.1	-0.2	501	1.26
16	-0.3	0.2	0.3	317	1.50
17	1.9	1.5	0.4	>1,200	>1.58
18	-1.6	-1.4	-1.6	116	1.42
19	-1.4	-1.2	-1.5	296	1.16
20	2.1	1.6	0.2	1,090	1.46

こで、各パネル・メンバーの判定結果を数値として表わし、その平均値を評点として扱うことにした。Table 2 にその値を示す。

“硬さ”の評点と“品質”の評点の関係を Fig. 2 に、また“腰の強さ”と“品質”の関係を Fig. 3 に図示した。これら2つの食感とテクスチャーの良否の判定結果との間の極めて密接な関係が明らかになっているが、この場合、“硬さ”も“強さ”も“品質”と直線関係にあるのはある限度（評点 1.0 附近）までであって、それ以上

Fig. 2. Relationship between "hardness" score and "quality" score.

Fig. 3. Relationship between "toughness" score and "quality" score.

硬くなっても強くなってもかえって品質は下がるという点が注目される。このような傾向は、岸田²⁾の嗜好テストの結果からもうかがえるが、実際製造に当たって注意すべき点であろう。

一方、“硬さ”と“腰の強さ”の関係をしてみると、Fig. 4 に示したように極めて高い正の相関 ($r=0.972$) が認められた。今回の官能検査に当たって熟練技術者の話を総合してみても、“硬さ”は歯で噛んで一定の微小変形を与えたときの応力の大きさで表せる食感、また、“腰の強さ”は一定の厚さの試片を噛み切るのに要する力の

Fig. 4. Relationship between "hardness" score and "toughness" score.

大きさをきまる食感であると理解したのであるが、両者の間の高い相関性から考えると、この2つの食感は必ずしも独立したものでなく、お互いに密接な関係にあることが分る。

2. ブランジャー押込み試験で得られるパラメーターと食感評点との関係

供試 20 種の試料こんにゃくについて求めた破断強度 S と凹みの大きさ d の値を Table 2 に示した。そのうち No. 17 の試料はその強度が試験装置の測定範囲を越えて測定できなかったため、これを除く 19 種について S と d の "品質" に対する関係をみたのが Fig. 5 である。その品質レベルに対応したプロットの分布状態から、テクスチャーの良否が S にも d にも関係していることが明らかであるが、 d の場合は値が大きい程品質レ

Fig. 5. Relationship among S , d and "quality" score. Symbols in the figure mean the "quality" scores: □, <-1.5 ; △, $-1.5 \sim -0.5$; ○, $-0.5 \sim 0.5$; ●, >0.5 .

ベルも高くなるのに、 S の値はあまり大きくなるとかえって "品質" は下がっている。後述のように S が "硬さ" や "腰の強さ" の重要な要素になっているからであるが、これらのパラメーターを品質の目安として用いるときには注意すべき点であろう。

結局、こんにゃくのテクスチャーにとって最も好ましい S と d の範囲は、 S が 500~700 g で d が 1.4 cm 以上ということになる。岸田ら²⁾ も同じ装置を用いて破断強度と凹みの大きさを測っているが、破断強度 80 g 以上、凹みの大きさ 30 mm* 以上のこんにゃくが好まれるとしている。同氏らの試料は厚さが 2.0 cm で、ブランジャー径も 0.5 cm と、著者らの測定条件と異っており、直接比較することはできないが、破断強度の場合ブランジャー径 0.80 cm では 0.50 cm のときの約 2 倍、また凹みの大きさは試料厚さ 3.0 cm、ブランジャー径 0.80 cm では厚さ 2.0 cm、ブランジャー径 0.50 cm のときの約 1.5 倍の値を示すのが普通である** から、今回の $S=500 \sim 700$ g, $d > 1.4$ cm は岸田らの値よりもかなり大きいといえる。

S と d のいろいろな組み合わせについて "硬さ" あるいは "腰の強さ" との相関性を比較し、これらの食感の目安となり得るパラメーターを探し求めたところ、"硬さ" については破断強度 S , "腰の強さ" については破断強度と凹みの大きさの積 $S \cdot d$ が最も適当であることが分った (Table 3)。Fig. 6 及び 7 に見られるように "硬さ" は S の対数と、また "腰の強さ" は $S \cdot d$ の対数とそれぞれ直線関係にあるが、こんにゃくにとって最も好ましい "硬さ" の範囲は $S=500 \sim 700$ g, 同じく "腰の強さ" の範囲は $S \cdot d=700 \sim 1,000$ g·cm と推定できる。

岡田式ゼリー強度試験器は元来かまぼこの "足の強さ" を測るために作られた装置であって、 S あるいは $S \cdot d$ がその指標として用いられているが³⁾、同じ指標がこ

Table 3. Correlation coefficients between texture scores evaluated by sensory test and their objective measures obtained by the penetrating test.

	$\log S$	$\log S/d$	$\log S \cdot d$
"Hardness"	0.948	0.929	—
"Toughness"	0.918	—	0.937

* キモグラフの拡大比率 3.54 を考慮すると、同氏らの凹みの大きさ 30 mm は実際は 0.85 cm になる。

** 著者らの未発表データによる。

Fig. 6. Relationship between "hardness" score and its objective measure, S . Solid circles in the figure represent the 3 samples (Nos. 3, 6 and 14) evaluated as the most excellent ones in the "quality".

Fig. 7. Relationship between "toughness" score and its objective measure, $S \cdot d$. Solid circles in the figure represent the 3 samples (Nos. 3, 6 and 14) evaluated as the most excellent ones in the "quality".

にゃくの腰の強さに対しても成り立つということは、「足」と「腰」の食感の共通性を示すもので興味深い。

3. 精粉の等級とこんにゃくの品質

今回調製したこんにゃくの品質を原料精粉の等級と濃度の面から眺めてみると (Table 1, 2) "品質" 評点で上位を占めた6種の試料のうち5つ (Nos. 14, 6, 16, 17, 7) まだが特等粉で作られたものであり、他の1つ (No. 3) は1等粉で作られたものであることが分る。流通市場における品質評価の正確さを示すものと思われる。この場合、精粉濃度との関係をみると、特等粉 3.5% (No.

14) が最も優れ、次いで1等粉 4.0%, 特等粉 3.0%, 4.3%, 5.0%, 2.5%の順になっており、これらは市販こんにゃくの濃度範囲 2.5~4.0%の中にほぼおさまっている。

同じ特等粉を用い、加水量を変えて調製した6種の試料 (Nos. 6, 7, 10, 14, 16, 17) について、 S と d の大きさを比較してみると、 S は濃度によって大差があるが、 d はあまり変化していない。濃度の極端に低い No. 10の試料 (2.2%) は 1.33 とやや値が小さいが、他の5つの試料 (2.5~5.0%) は 1.4~1.6 の範囲内にあり、これらの平均値 1.52 は1等粉の 1.34, 3等粉の 1.10 に較べて明らかに大きい。このように、精粉の品質がこんにゃくゲルの凹みの大きさに現われるということは、精粉の品質を判定する上で注目すべき事実であるが、この点は更に検討を重ねて確めたい。

要 約

テクスチャーの異なる 20 種類のこんにゃくゲルを試作し、硬さと腰の強さの食感が品質の良否にどのように関係しているかを調べると共に、プランジャー押込み試験 (試料厚さ 3.0 cm, プランジャー径 0.80 cm) で求められる破断強度 S と凹みの大きさ d がそれらの食感や品質の客観的指標となり得るかどうかを検討した。得られた結果は次の通りである。

(1) こんにゃくのテクスチャーの良否は、「硬さ」と「腰の強さ」によってきまるといえる。この場合、ある程度までは「硬さ」と「強さ」はそのまま品質に反映するが、その限度を越すとかえって品質を低下させることが分った。

(2) S が「硬さ」の、 $S \cdot d$ が「腰の強さ」の、そして d が品質の目安となることが明らかになった。

(3) こんにゃくにとって最も好ましい「硬さ」の範囲は $S=500 \sim 700$ g, 同じく「強さ」の範囲は $S \cdot d=700 \sim 1,000$ g·cm であることが判明した。

本研究を行うに当たり、有益な助言を頂いた(株)清水萬蔵商店社長清水萬蔵氏、並びに官能検査に当たりパネル・メンバーとして御協力頂いた同社三原工場の諸氏に謝意を表する。

文 献

- 1) 小原哲二郎ほか編: 食品分析ハンドブック (建帛社) p. 446 (1969).
- 2) 岸田典子・沖増 哲: 家政学雑誌, 19 (6), 406 (1968).
- 3) 岡田稔ほか編: 魚肉ねり製品 (恒星社厚生閣) p. 372 (1974). (昭和 53 年 11 月 20 日受理)