かまぼこの足について—I. 足の測定

志 水 寛 ・ 清 水 亘

(京都大学農学部水産学教室)

Studies on Jelly-strength of Kamaboko—I.
Estimation of Jelly-strength of Kamaboko.
Yutaka SHIMIZU and Wataru SIMIDU.

For the purpose of showing "Asi" or the jelly-strength of "Kamaboko", a kind of fish cake, we designed by the way of experiment an apparatus with which the strain for a piece of fish-cake is measured when it is ruptured by stretching in the constant rate of load.

Seventeen sorts of fish cakes gathered from several countries were used for experiment with that instrument and the relations among strain L , stress F and jelly-strength X were observed. The result is as follows :

$$X=4.28 \cdot \log F+9.10 \cdot \log L+0.02$$

かまぼこの品質は香味、外観及び足によつて決り、なかんずく足は品質鑑定上最も重要な要素である。足の強さは押したり、引張つたり、曲げたり、噛んだりして判断しているが、これを客観的に表現する方法が見出されれば、かまぼこを研究する上に甚だ便利である。

清水・竹林⁽¹⁾はさきに plunger をかまぼこの表面に押しつけてそれを破断し、それに要する力を以て足の強さを表わし、同時に表面が破断する時それが凹む深さを柔らかさとして製品の品質を比較した。この方法で足の強さをかなりよく表わすことが知られたが、しかし足の強さを表わすには破断応力のみでは十分でなく破断時における表面の伸びがむしろ重要な要素になると思われる。即ち柔らかさを表わすのに用いた凹みの深さは単に柔らかさを表わすばかりでなく、足の強さの要素として取り入れるべきであろう。また plunger によるこの方法では破断時の終点がやや不明瞭を欠ききらいがある。本報では一定の太さのかまぼこ片を引き伸ばし、その破断時における破断応力と伸びを測定して考察を与えることにした。

最近松本・新井⁽²⁾も清水等と同様の方法により、足を凹みの強度と破れの強度との2種に分けて測定した。“凹みの強度は plunger がかまぼこの表面を押しつつ、一定の距離を沈下するために要する荷重により”、“破れの強度は plunger が充分にかまぼこの表面を押し込み、かまぼこが裂けて plunger が速かに降下するときの荷重によつて比較”した。この場合破れの強度は破断時における破断応力に相当し、凹みの強度は応力と凹みの関係、即ちヤング弾性率に関係する。本報ではそれらの点についても考察を試みた。

実 験 方 法

測定のために Fig. 1 の如き装置を考案した。試料は Fig. 2 の A の如き木型を作り、これに摺身をつめて加熱して作つた。その形は従つて B の如くなる。試料 S の両端をつまみ (Clip) Cl ではさみ、引き伸ばすのであるが、つまみの部分も伸びるおそれがあるので、それを防ぐためにつまみの端を少しく曲げ

て爪を作り、試料の太い部分の端に掛けるようにした。

試料の一端を固定し他端を糸で鉛鎖 C に連結する。一定速度でハンドル H を廻すと鉛鎖が下降してドラム D を廻転すると同時に試料に荷重が加わる。それに応じて試料は歪み(伸び)を生じ、それが拡大されペンによ

Fig. 1 The apparatus for measuring the jelly-strength of fish cake; C: Lead chain, Cl: Clip, D: Drum, H: Handle, P₁-P₃: Pulley, S: Sample piece, W₁-W₃: Wheel.

Fig. 2 The mould (A) with which the sample (B) is prepared.

Fig. 3 An example of the stress-strain curve.

つてドラム上の紙に自記される。荷重速度は大体 $80 \text{ g/cm}^2, \text{sec}$ になるようにハンドルを廻転させた。結果の例をあげると Fig. 3 の如くである。初め荷重の増加に比例して歪が増して行くが、弾性限界を過ぎると応力-歪曲線は図の如く彎曲し、更に荷重を増すと遂に破断するに至る。その時の応力と伸びを図から求め、ヤング率は始めの直線部分の傾きから計算した。

実験結果

本装置によつて求めた破断応力 F 、破断伸張 L 及びヤング率 E がどれ位の精度をもつかを調べるために、スケソウの摺身で8箇の試料を作り、それぞれの実験誤差を求めた。その値を示すと Table 1 の如くで、まず満足すべき精度であることが知られる。

Table 1. The probable error for the experiments.

No.	$F(\text{g/cm}^2) \times 10^3$	Δ_F	$L(l/l_0)$	Δ_L	$E(\text{g/cm}^2) \times 10^3$	Δ_E
1	1.462	0.018	1.26	0.03	1.17	0.12
2	1.443	-0.001	1.27	-0.02	1.35	0.06
3	1.387	-0.057	1.21	-0.08	1.25	-0.04
4	1.490	0.046	1.26	-0.03	1.35	0.06
5	1.475	0.031	1.24	-0.05	1.33	0.04
6	1.481	0.037	1.35	0.06	1.28	-0.01
7	1.433	-0.011	1.27	-0.02	1.28	-0.01
8	1.377	-0.067	1.46	0.17	1.35	0.06
Mean	1.444		1.29		1.29	
μ	0.042		0.08		0.06	

Δ : The difference between the observed value and the mean value.

$$\mu^2 = \frac{1}{n-1} \sum (\Delta^2)$$

次に市販かまぼこについて測定を行つた。かまぼこを縦の方向に直径 2 cm の円柱に抜き、更に中央部を長さ 1.5cm、直径 1cm になるように削つて Fig. 2, B と同形のあれい状となし試験に供した。試料は横浜、小田原、京都、大阪、下関、宇和島、新潟の代表的 7 業者から 17 種類を集め、その弾性変形の測定と同時に各製品を触感によつて A, B, C の 3 級に大別し、A 級の中特にすぐれた足をもつものを A* として区別した。結果は Table 2 の如くで、数値は 3~6 回測定 of 平均値である。

考 察

まずヤング率 E の値と足の強さとの関係を調べてみる。触感によつて判定した A*, A, B, C の 4 階級にそれぞれ 4, 3, 2, 1 なる値を与え、グラフに表わすと Fig. 4 の如くなる。この結果は足の強さと E との間には明かな関係が認められないことを示す。

しかしこれを産地別に小田原式、関西式、山口・宇和島式に大別して見ると、一般に小田原式は E の値が小さく、関西式は値が大きい。そして山口・宇和島式は例外はあるが、大抵その中間に位するように見える。このように産地の特徴がヤング率に現われていることは興味がある。

次に Table 2 に見られるように、かまぼこの足は破断応力 F 及び破断伸張 L の一方だけで規定されるのではなく、その両者が同時に関係していることが窺われる。今 F を横軸に L を縦軸にとつてグラフを書いてみると Fig. 5 の如くなり、 F と L との組合わせによつて等級がきまるように見える。ことに

Table 2. The strain and stress of fish cakes when they are ruptured by stretching, and Young's modulus calculated from their stress-strain curves.

No.	Sample	Classification	$F(\text{g/cm}^2) \times 10^3$	$L(\Delta l/l_0)$	$E(\text{g/cm}^2) \times 10^3$
1	小田原	C	1.06	1.19	0.97
2	"	B	1.27	1.37	1.08
3	横浜	B	1.52	1.38	1.27
4	小田原	A	1.89	1.72	1.34
5	横浜(関西式)	C	1.62	1.00	1.87
6	大阪	B	1.61	1.40	1.64
7	京都	B	1.56	1.34	1.56
8	"	A	2.15	1.31	2.03
9	大阪	B	1.55	1.28	1.59
10	"	A	1.93	1.65	1.70
11	宇和島	C	1.52	1.12	1.80
12	"	A*	2.63	1.66	2.13
13	"	A	1.73	1.44	1.70
14	下関	A	1.75	1.56	1.44
15	"	A*	2.10	1.82	1.46
16	新潟	C	1.55	1.17	1.95
17	"	B	1.91	1.48	1.92

A*s are judged to be the upper class than A.

Fig. 4 The relation between the jelly-strength judged by the sense and Young's modulus of elasticity.

Fig. 5 The relations among the jelly-strength judged by the sense, the stress F and the strain L when the sample is ruptured.

1例だけA級区へB級が入っているが、これは足の強さはA級に入れられるべきであつたが、味が劣つていたので錯覚的にB級と判定されたのである。

さて今足の強さを X で表わし、等級 A^* , A , B , C にそれぞれ 4, 3, 2, 1 なる値を与えて実際に X と F , L 及び E との間の相関をみてみる。 X と F , X と L 及び X と E との相関係数を、それぞれ r_{XF} , r_{XL} 及び r_{XE} とすれば、

$$r_{XF}=0.629, \quad r_{XL}=0.886, \quad r_{XL}=0.146$$

となり、足の強さ X は E とは関係が薄く、 F と L , 特に L とは密接な相関関係にあることが知れる。

次に三次元空間における点 (X_i, F_i, L_i) の分布を考えてみる。 F と L との関係によつて X が決つていると仮定すると、これらの点はある一つの平面で代表されるであろう。そこで X の F , L への回帰方程式を求め、次いでこの平面の周りにおける点 (X, F, L) の標準偏差及び重相関係数を求めてみた。Table 1 から X , F , L の平均

$$\bar{X}=2.29, \quad \bar{F}=1.73, \quad \bar{L}=1.41,$$

X , F , L の標準偏差

$$\sigma_X=0.9557, \quad \sigma_F=0.2755, \quad \sigma_L=0.2175,$$

X と F , X と L , F と L の相関係数

$$r_{XF}=0.629, \quad r_{XL}=0.886, \quad r_{FL}=0.545$$

が与えられる。 X の F , L への線状回帰方程式を

$$X=\bar{X}+\beta_1(F-\bar{F})+\beta_2(L-\bar{L})$$

とすれば、

$$\begin{cases} \beta_1 = \frac{r_{XF}-r_{XL} \cdot r_{FL}}{1-r_{FL}^2} \cdot \frac{\sigma_X}{\sigma_F} = 0.7205 \\ \beta_2 = \frac{r_{XL}-r_{XF} \cdot r_{FL}}{1-r_{FL}^2} \cdot \frac{\sigma_X}{\sigma_L} = 3.3936 \end{cases}$$

であるから、上式は

$$X=0.72F+3.39L-3.74 \quad (1)$$

となる。この平面の周りにおける点 (X, F, L) の標準偏差を $\sigma_{X \cdot FL}$, 重相関係数を $r_{X \cdot FL}$ とすれば、それぞれ、

$$\begin{aligned} \sigma_{X \cdot FL} &= \sigma_X \sqrt{1-r_{X \cdot FL}^2} = 0.4141 \\ r_{X \cdot FL} &= \frac{\sqrt{r_{XF}(r_{XF}-r_{XL} \cdot r_{FL})+r_{XL}(r_{XF}-r_{XF} \cdot r_{FL})}}{\sqrt{1-r_{FL}^2}} \\ &= 0.9012 \end{aligned}$$

となり、かなりよい相関が得られる。

しかし FECHNER によると人間の感覚は刺激強度の対数に比例するという。そこで点 $(X_i, \log F_i, \log L_i)$ の場合について上と同様にその回帰方程式を求めると、

$$X=4.28f+9.10l+0.02 \quad (2)$$

となる。ここに $f=\log F$, $l=\log L$ である。この平面の周りの点 (X, f, l) の標準偏差及び重相関係数はそれぞれ、

$$\sigma_{X \cdot fl}=0.33, \quad r_{X \cdot fl}=0.937$$

となり、足の強さは F 及び L の対数をとつて表わした方がより高い相関を示すことが知られる。

このようにして得られた回帰方程式 (2) に f , l の値を入れて X を計算すると Table 3 の $X_{(2)}$ の如くなる。比較のために式 (1) から計算した値を $X_{(1)}$ としてあげておいた。

Table 3. The relation between the quality of kamaboko and the result calculated from our expression.

No.	Locality	Classification	X(2)	X(1)	Material	Starch	Cooking method
12	宇和島	A*	3.82	3.78	エソ	—	Steaming
15	下関	A*	3.77	3.94	エソ	Trace	Broiling
4	小田原	A	3.35	3.45	シログチ	—	Steaming
10	大阪	A	3.22	3.24	エソ・ニベ・ハモ・イカ	—	Broiling
14	下関	A	2.82	2.81	エソ	—	"
17	新潟	B	2.77	2.65	スケソウ	+	Steaming
8	京都	A	2.51	2.25	シログチ・クログチ・ハモ・サメ	+	"
13	宇和島	A	2.48	2.39	エソ	—	Broiling
6	大阪	B	2.23	2.17	ニベ・ハモ・グチ・エソ・サメ・イカ	+	Steaming
3	横浜	B	2.07	2.03	シログチ	—	"
7	京都	B	2.00	1.93	シログチ・クログチ・雑魚	+	"
9	大阪	B	1.81	1.72	エソ	—	"
2	小田原	B	1.71	1.82	シログチ・クログチ	+	"
16	新潟	C	1.46	1.34	スケソウ	+	"
11	宇和島	C	1.25	1.15	エソ・カナガシラ・グチ	+	"
5	横浜	C	0.92	0.82	キングチ・ハモ・シログチ	+	"
1	小田原	C	0.82	1.06	クログチ・スケソウ	+	"

X (2) Calculated from expression (2)

X (1): " " " (1)

この表は X₍₂₎ の値の大きい順に並べてみたが、この順序は市販価格ともかなり符合している。ただし市販価格は足ばかりでなく他の要素にも支配されるから例外なく一致することを望むのは無理である。また表中 1 例だけ B 級に高い X の値を示すものがあるが、これは前にも述べた通り誤つて判定されたもので、実際は A 級に入れるべきものであつたのである。

表で見ると最も足の強いかまぼこはエソ及びシログチを原料としたものに占められている。もちろんそれも新鮮であることが条件であつて、下関や宇和島のエソかまぼこが高位にあるのはエソの産地に近いためであらう。同じくエソやシログチのような強足魚類を原料としたものでも、下位にあるものもあるが、主として原料の鮮度が原因していると解せられる。逆にスケソウは最悪原料と考えられているにもかかわらず、新潟の製品 (No. 17) にかなりよい足をもつものが見られるのは、原料が新しいからであらう。

下位のものに澱粉を混入したものが多いが、これは澱粉のために足が落ちたのではなく、弱足原料又は鮮度の低い原料を使用したためと考えられる。澱粉混入の影響は足の強さよりも弾性常致 E に関係するのではないかと思えるが、今後検討してみたい。加熱方法も製品の足に影響をもつはずで、それを立証するかの如く上位のものに焼拔が多いが、しかしこれは焼拔には上質原料が使用されるので、直ちに加熱方法が原因するとは断定出来ない。ただ山口式は緩慢加熱法とられるので、その間に摺身の坐りが起り、そのために一層足が強くなることを考慮に入れてよいであらう。

要 約

1. かまぼこの足の強さを表わすために、一定の太さの肉片を定荷重速度で引きのばして破断せしめるときに弾性変形を測定する装置を試作し、全国から 17 種のかまぼこを集めて実測し考察を加えた。

2. 破断応力を F 、破断伸張を L とすれば、足の強さ X は、

$$X=4.28\log F+9.10\log L+0.02$$

なる式によつて表わし得ることを知つた。

3. 17種のかまぼこにつき観察し、足の強さは魚種及び新鮮度によつて著しく異なることを推察した。

本研究は文部省科学研究費による業績の一部である。また測定値の統計学的取扱ひに関して有益な示唆を与えられた川上太左英助教授、装置の製作に御助力を頂いた山田秀雄、実験に御協力を頂いた池内常郎、試料の蒐集に御尽力を仰いだ小谷権六、田辺藤作、池内豊三、鈴木広吉、堀川兵三郎、古田幸助、新野修三、田中金雄、上野豊の諸氏に深く謝意を表する。

文 献

- (1) 清水亘・竹林靖：水産製造会誌，3 (2)，63，(1935)。
- (2) 松本重一郎・新井とみ子：日本水産学会誌，17 (12)，377，(1952)。