

総

説

食 品 の 風 味 と Texture

安 松 克 治*

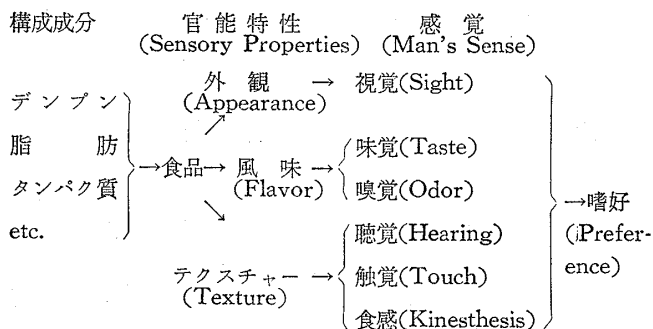
1. はじめに

われわれは毎日食物を摂っているが、無意識のうちに食物を評価している。そしてある食物が好きだとか嫌いだとか、いわゆる嗜好として表現するわけである。

各食品の嗜好がどのようにして定まるのかは、食品の研究者にとってきわめて興味深いことである。そこでここでは食品の Texture を食品の評価という立場から考え、関連文献をまとめ、またわれわれが行なった研究の一部も紹介したい。

食物を化学的にみると第1図に示したようにデンプン、脂肪、タンパク質を主成分としており、そしてさらに色、味、香りを出す化合物とかビタミン、ミネラルなどの栄養素が含まれ構成されている。一方これを食べて評価する人間の側から考えてみると、第1図の官能特性に記載されているように、外観、風味、Texture という特性をもっている。そして人間はこの特性をおのおの視覚、味覚、嗅覚、聴覚、触覚、食感として感じとり、これらの感覚を総合して今までの経験からくる判定基準にしたがって評価しているわけである。

第1図 食品の特性



これらを取扱う学問で分類すると、食品の成分を研究するのは化学、食品化学であり、また色とか Texture について考えれば、物理学の領域でもある。また構成成分

をどのような手段で変化させ、どのような特性を付与させるかを検討するのが食品工学の1分野である。また人間の感覚だけを取りあげれば生理学の問題であり、嗜好の問題は心理学の課題である。

ところで Texture を例にとって食品を製造する立場から考えると、食品の粘弾性（レオロジー特性）を人間の感覚はどのように受容するのか（サイコロロジー）、そしてまたどのような感覚が一般の人に好まれるのかが知りたいわけである。このようなことが定量的に解明されれば、食品のレオロジー特性を測定することによってその市場価値が推定できるわけであり、また逆に考えれば、そのような物理特性をあたえるような製造法を検討すればよいことになる。すなわち市場の情報が効率よく研究者にフィード・バックされることになる。

最近サイコロロジー、計量心理学のような境界領域の学問が広く研究され、上述のような理想的な情報が流れる時代となりつつあることは、まことにありがたいことである。

2. 食品の評価と Texture

第1図に食品の官能特性は外観、風味、Texture にわけられることを示した。ところでこれらの特性のうち Texture がどの程度重要視されるかについて、人間が使用する言葉の面から考察した非常に面白い研究がある。これは米国の General Foods 社の Szczesniak の研究である¹⁾。すなわち男女、一般人、技術者、食品研究従事者などを含む100名に、74種類の食品の名前を提示し（コーヒー、サラダ、ハム、サンドイッチ、スープ、牛肉、米、トースト、レタス、マッシュポテトなど）、これらの食品名を聞いて20分間に連想する言葉を挙げさせた。そしてその結果を第1表のように分類している。

そしてこの分類法にしたがって、回答の中に出てくる頻度を示したのが第2表である。これをみると1番多く出てくるのはやはり料理に関するもので、たとえばトー

* 武田薬品、研究開発本部 食品研究所

食品の風味と Texture

第1表 反応の分類

分 類	典型的反応例
メニューに関するもの	
他の食物	トースト → バター
成分	サラダ → レタス
機会	魚 → 金曜日
調理法と食事法	アメリカチーズ → 焼き肉
	スープ → ボール
食品特性に関するもの	
Texture	レーズン → chewy
Flavor	酢 漬 → すっぱい
色	トマト → 赤い
型と温度	紅茶 → ホット
	水 → 氷
外観	ココナツ → 細片
匂い	パルメザンチーズ → くさい
その他	水 → refreshing
	エビ → 高価
Type に関するもの	
食品の type	パン → ライ麦
食品の分類	キュウリ → 野菜
ブランド	マヨネーズ → クラフト
個人の嗜好に関するもの	
好き	ケーキ → good
嫌い	トウモロコシ → ウッー
健康と栄養に関するもの	スパゲティ → 太る
発生地に関するもの	チャーメン → 中国
その他	ホウレン草 → ポパイ

第2表 反応の要約

分 類	%
メ ニ ュー	38.3
他の食物	49.4
成分	30.7
機会	11.7
調理法と食事法	8.3
食 品 特 性	23.7
Texture	32.1
Flavor	26.7
色	16.0
型と温度	12.5
外 観	6.5
匂 い	2.1
その他	4.0
Type	7.2
食品の type	48.6
食品の分類	37.9
ブランド	13.5
個 人 の 嗜 好	3.2
好 き	51.6
嫌 い	48.4
健 康 と 栄 養	2.3
発 生 地	1.0
そ の 他	4.4

ストと聞いてバター、スープと聞いてスープ皿を連想するようなものである。次に多いのが品質特性に関するものであって、しかもその品質特性のうちでも、1番多いのが Texture に関するものである。このことは食品一般の品質特性を考える場合、Texture がかなり重要な意味をもっていることを示している。

3. 食品の Texture 測定法

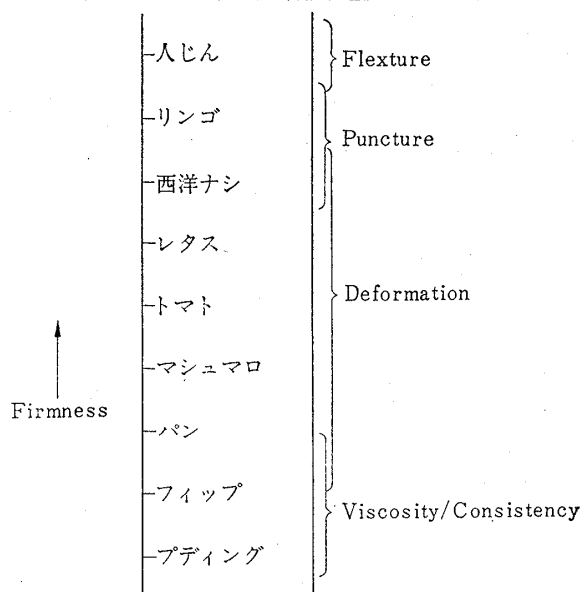
3-1 人間が食品の硬さを評価する方法

食物はあくまで人間が食べて評価するものである。Texture も人間が感覚的に行なう（官能検査）のが一番直接的である。ところが人間は一体食物の硬さをどのようにして判断しているのだろうか。Texture をみるときの動作を考えてみると、食べる前に、まず押したり、切ったりなど何等かの方法で触れてみて、それから口に入れるのが普通である。

先述の Szczesniak は 131 名の専門家、非専門家を集め種々の硬さの食品を提示して、パネルがそれをどのようにして判断するかを分析している²⁾。すなわち第3表に示したような、おのおの硬さの異なる10種の食品を一対ずつ提示して、「Firmness を比較せよ。口に入れなければどのような方法を用いてもよい」と指示した。机上にはサジなどを置く。そしてパネルのテスト方法を観察し、その結果を第3表のように分類している。

すなわち人間の硬さを見る方法を、Consistency を見ている方法、Deformation, Puncture, Flexure などを見る方法に各々分類すると、食品の硬さによって測定方法を自主的に選択していることがわかる。それを図示すると第2図のようになる。すなわちやわらかいものは必然的に Consistency を見るような動作をするし、中位の

第2図 食品の固さと、人間が官能検査で固さを測定する方法



第3表 食品, テスト方法, 正答数の関係

	Consistency Test				Defomation Test				Puncture Test				Flexture Test				Other Test	
	誤答	同じ	正答	計	誤答	同じ	正答	計	誤答	同じ	正答	計	誤答	同じ	正答	計	正答	計
着色プディング	49	2	65	116	2	0	5	7	0	0	1	1				0		0
白色プディング	24	1	90	115	3	0	6	9	0	1	0	1				0		0
フィップ・トッピング	31	3	77	111	1	0	6	7				0				0		0
白 パン				0	10	5	116	131				0				0		0
イタリアン・パン				0	58	7	66	131				0				0		0
マシユ・マロ				0	1	0	129	130				0				0	1	1
赤色トマト				0	0	0	131	131				0				0		0
赤と緑のトマト				0	1	1	126	128				0				0	3	3
レタス				0	2	1	128	131				0				0		0
西洋ナシ				0	4	4	61	69	1	0	58	59	0	0	1	1	2	2
リンゴ				0	11	10	26	47	3	2	73	78				0	6	6
人じん				0	0	2	12	14	0	0	1	1	1	0	115	116		0

第4表 食品工業で用いられる実用計器

物理的分類	食品例	実用計器
液状飲料 ゲル状食品 不均一ゲル食品 脂肪エマルジョン	牛乳, シロップ, 蜂蜜 プリン, 豆腐 米飯, 餅, うどん バター, マーガリン	粘度計, アミログラフ カードメーター ゼリーテスター, ファリノグラフ プラストメーター ペネトロメーター シエアメーター コンプレシメーター 破壊試験器 同上
せんい状食品 スポンジ状食品 空隙固体状食品 ガラス状食品	野菜, 肉 パン, ケーキ, 凍豆腐 ビスケット, クラッカー, せんべい ドロップ, 氷砂糖	

硬さのものは押さえて変型の度合 (Deformation) を見て硬さを比較することになる。さらに硬くなると当然切断したり, 穴をあけたり (Puncture) して硬さをみる人が多くなる。これらの人間の評価方法も充分考慮に入れて測定機を選択を行なうべきであろう。

3-2 機器での測定方法

機器で食品の Texture を測定することを考えてみる。食品といっても決して例外ではない。クリープ, 応力緩和, 動的粘弾性などの測定を行なって, それから弾性率粘性率のように力学的に明確に定義された値で表現するのが最もよいのは当然である。したがって一般によく用いられる測定器が食品研究にも用いられるのは当然である。これらの測定器については成書に詳細に記されている。

一方そのような基本的特性の測定ばかりでなく, 工場などで工程管理として利用される測定器も多い。その例を吉川は第4表のようにまとめている²⁾。

これらの測定器の構造, 原理も多く報告されているので略すが, 力学的には何を測定しているかわからないものが多い。しかしこれらで測定した数値と製品の官能特性

との関係が経験的に明らかにされており, したがって食品を製造する際の工程管理の目的には十分役立つものである。

4. 物理特性値と官能特性値との関係

以上一般的な食品の Texture の測定法を記述したが, 食品の場合最終評価は人間が判断するものであるから, 品質設計や管理が人間の評価との関連を目標として行なわれるのは当然である。したがってどのような測定法, 測定値が人間の感覚と一番よく一致するかを考える必要がある。

そのアプローチの方法としての次の2つの研究方法がある。1つは既存の測定器の測定値と人間の感覚との相関を検討して相関係数の高い測定値, 方法をとるという考え方である。2番目は人間の動作 (口の動き, あるいは硬さの測定方法) を解析し, それに似た測定方法を考案する考え方である。以下そのような考え方で行なわれた研究を紹介する。

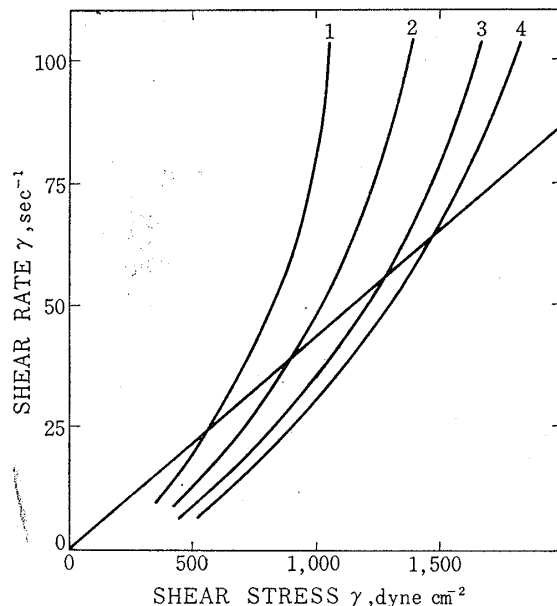
4-1 物理特性値と Texture 感覚

食品の場合, 理想的なニュートン流動をするものは少なく, 大部分は非ニュートン流動体である。ニュートン

食品の風味と Texture

流体の場合は Shear stress と Shear rate の関係が直線で現われるため、その傾斜が見掛け粘度となり一定であるが、非ニュートン流体では曲線となるため、傾斜は測定時の Shear stress によってかわる。したがって、見掛け粘度は測定時の Shear stress によって変わる。このようにして測定した粘度と人間の感覚の関係をみようとする、非ニュートン流体の場合、一体どの条件で測定した粘度と人間の感覚を比較するとよいかわからない。この点 Wood の実験は興味深い⁴⁾。

第3図 ニュートン流動を示すグルコースシロップと非ニュートン流動を示すソース 1, 2, 3, 4 の流動曲線。パネルは 2, 3 のソースがグルコースシロップと同じ粘度と感じた。



すなわち第3図に示したような種々の粘度カーブを持つソースを試作する。ソースは非ニュートン流体であるからこのような曲線となる。一方グルコース・シロップはニュートン流動を示すことがわかっている、一定の濃度の液をつくり標準とする。そしてどのソースとグルコース・シロップが同じ粘度に感じるかを官能検査で行なう。第3図の場合は、人間は2と3のソースが、グルコース・シロップと同じ粘度に感じるとしている。このことは2, 3のソースの流動曲線と、グルコース・シロップの直線の交点の条件で人間は比較したことを示している。

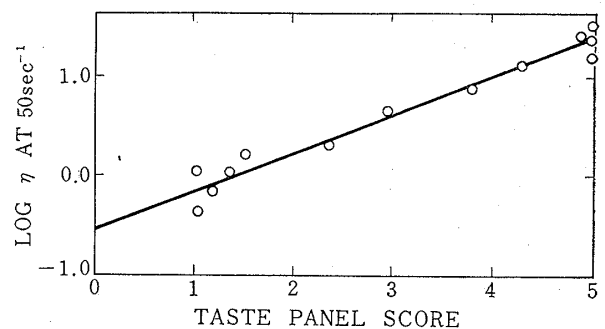
そこで種々の粘度をもつニュートン流体、この場合はグルコース・シロップをつくり、同様の検討を行ない第5表のような結果を得ている。第5表をみると Shearing stress, 見掛け粘度は変わっているが、Shear rate はほとんど一定である。このことから Wood は「人間は口の中で 50sec^{-1} の Shear rate が生じるよう物体を動か

し、その Shear rate を出すに必要な Stress を刺激として感受している」と報告している。したがって非ニュートン流動を示す食品の粘度と人間の感覚を比較する場合、 50sec^{-1} の Shear rate の見掛け粘度をとらないと相関が論じられないとしている。そして実際にクリーム・スープについて実験を行ない第4図に示したように、パネルのスコアと粘度が直線関係にあることを報告している。

第5表 シロップ粘度とソースの比較

シロップ Viscosity (poise)	流動曲線の交点		
	Shearing Stress (dyne/cm ²)	Shear Rate (sec ⁻¹)	見掛け粘度 (poise)
10.0	560	56	6.2
11.2	506	45	6.4
19.4	970	50	8.0
19.6	880	45	8.7
22.8	1140	50	10.4

第4図 クリームスープの見掛け粘度と人間の感覚の関係



4-2 口の動きに類似させた測定器

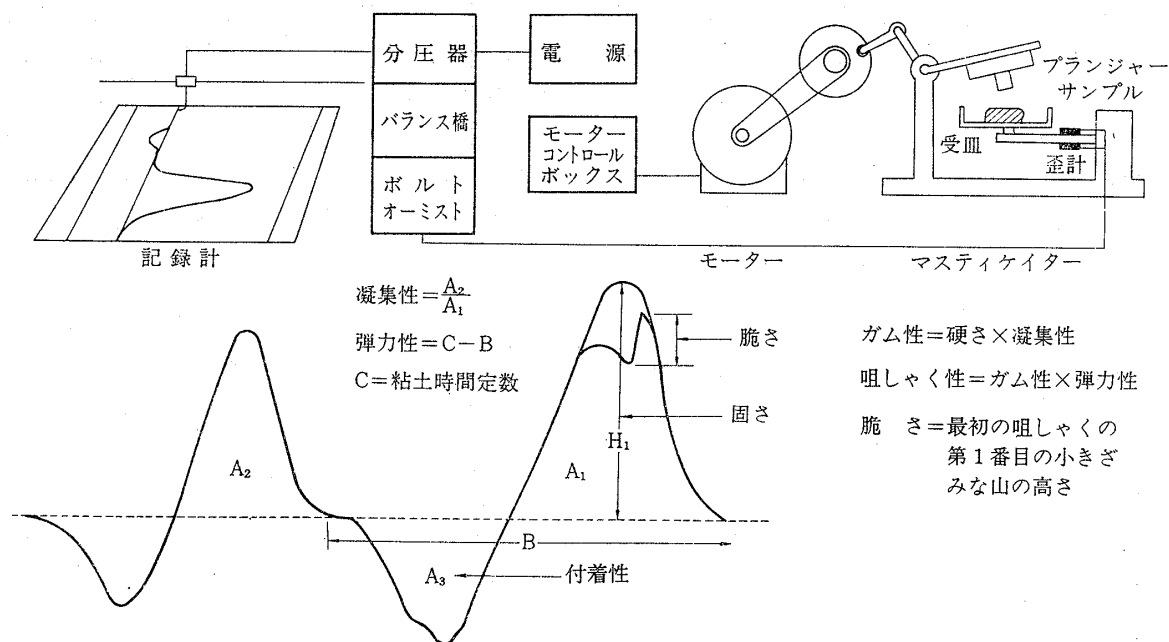
人間の口と同じ動きをする測定器をつくり、そのレスポンスを見るのが一番人間の感覚と一致することは容易に推定できる。そのような機械 Texturometer を Szczesniak は開発した。その機構を第5図に示す。

すなわちサンプル（食品）は一番右端の咀しゃく機の受け皿の上に置かれ、プランジャー（歯にあたる）の上下運動によって咀しゃくされる。そしてサンプルの硬さに応じて受け皿は下の方に歪むので、その歪が記録計に記録される。プランジャーが上方に上がる時は、この逆のことがおこるわけである。得られるチャートおよび特性値のとり方を第5図の下の方に示してある。

Szczesniak はさらに Texturometer で得られた特性値が人間の感覚尺度とよく一致することも報告している。

要するに従来の食品のレオロジー的性質測定器が「物理的な性質を測定する計器を食品に利用した」というのに反して、Texturometer は人間の口の食品を咀しゃくする運動をそのまま模倣する点が特徴である。この測定

第5図 Texturometer の構造, チャート, 特性値



値の物理的な定義付けは困難かもしれないが、人間の感覚とよく一致する点に興味をもたれ、食品科学の研究者の間で最近よく利用されるようになった。

5. 測定器間の関係

以上食品の Texture を測定する場合に考慮すべき問題点を列挙した。一方食品の Texture を測定する機械は最近非常に多くなってきている。そこでこれらの測定機で測定された特性値間の関係、あるいは機械の間関係をわれわれは検討した⁵⁾。

これは植物タンパク質（主として大豆タンパク質）を用いて行なったものである。用いた測定機は次の3種である。その簡単な模式図と得られるチャート特性値を以下に示す。

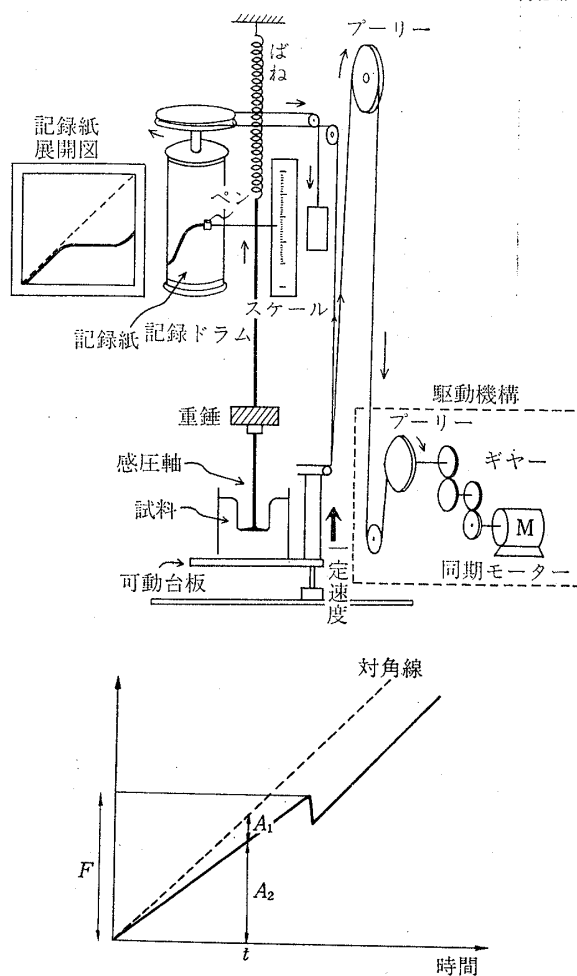
A) カード・メーター

詳細は本誌に飯尾が記載している⁶⁾。牛乳が凝固してできる「カード」の硬さを測定する目的で開発されたもので、ヨーグルト、チーズなどの硬さを測定するのに用いられる。すなわち可動台板が一定速度で上昇し、感圧軸が試料に接触し始めるとバネがちぢみ、そのちぢみに比例して試料に下向きの力が加わる。試料が剛体ならば45°の対角線のチャートとなり、軟かいときはその下にカーブが表われる（第6図）。

B) 岡田式ペネトロメーター

カードメーターとほぼ同じである。主としてカマボコの硬さを測定するのに用いられる。プランジャーが試料の表面を破るに要する力(a), 表面が破れた後プランジャーが試料の中を侵入する速度(α), 表面が破れるまで

第6図 カードメーターの機構, チャートおよび特性値

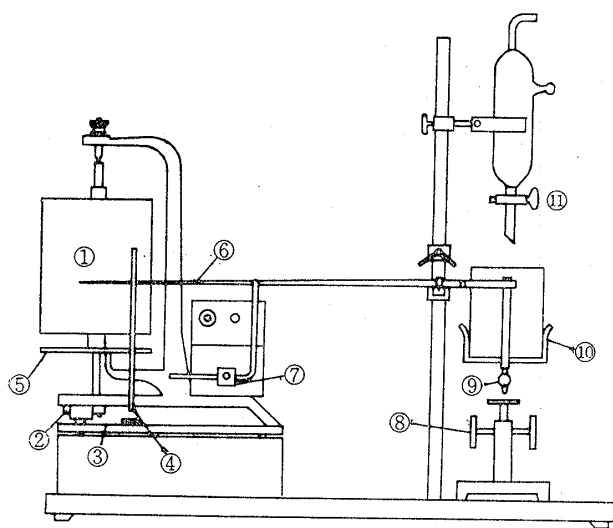


$$\text{破断力 (ゼリー強度)} = \frac{F}{S} \cdot g (\text{dyne/cm}^2)$$

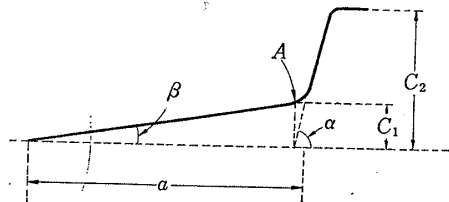
食品の風味と Texture

の歪の大きさ(b), および一定の力を加えたときの試料面の凹み (β =軟かさ) を特性値としてとる (第7図)。

第7図 ペネトロメーターの機構, チャートおよび特性値



- ①キモグラフ ②空転ピン ③キモグラフ調節台
④クランプ棒 ⑤駆動輪 ⑥天秤棒 ⑦分銅
⑧試料台 ⑨プランジャー ⑩受皿 ⑪水準付ロート



A: 破断点, a: 破断応力, b: 歪の大きさ($c_1/c_2 \times 100$)

α : プランジャーの侵入速度, β : 軟かさ

C) Texturometer

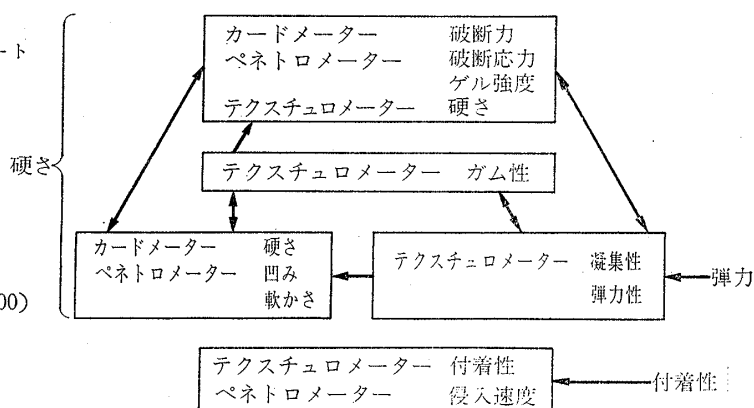
4—2で記載したので略す。第5図を参照されたい。

以上の3種の測定器で約70種の硬さの異なる大豆タンパク質ゲル(カマボコ様)の物性を測定した。その測定値の間の相関を第6表に示す。この表では相関の高いものを中央を集めてある。

第6表をさらに理解しやすくするため、この相関行列に主成分分析を行なうと、第1～3固有値で累積寄与率83.7%という結果を得る。このことは、これらのゲルの特性が3つの特性値(主成分)をとるとほとんど完全にその区別がつけられることを示している。この3つの特性値が何であるかを解明するため、各主成分への寄与率の大きい測定値をみると、第1主成分は Texturometerの硬さ、ガム性、ペネトロメーターの破断応力、ゲル強度、カードメーター破断力である。すなわち第1主成分は、いわゆる硬さをあらわす主成分であることがわかる。

第2主成分に寄与率の高いものは、Texturometerの凝集性および弾力であって、いわゆる弾力に関連する。

第8図 特性値間の関係



第6表 ゲル物性測定値間の相関係 (×10⁻²)

Oka.....岡田式ペネトロメーター			Curd.....カードメーター			Tex.....Texturometer						
	Oka	Curd	Oka	Oka	Tex	Tex	Curd	Oka	Oka	Tex	Tex	Tex
	へこみ	破断力	破断 応力	ゲル 強度	硬さ	ガム性	硬さ	軟かさ	侵入 速度	凝集性	弾力性	付着性
Oka	へこみ											
Curd	破断力	63										
Oka	破断応力	66	99									
Oka	ゲル強度	78	94	96								
Tex	硬さ	64	99	99	95							
Tex	ガム性	67	94	93	94	96						
Curd	硬さ	27	76	76	62	75	65					
Oka	軟かさ	-23	-63	-65	-57	-61	-55	-56				
Oka	侵入速度	-01	-37	-34	-32	-35	-37	-29	62			
Tex	凝集性	10	17	13	24	19	32	-06	19	-09		
Tex	弾力性	13	18	16	22	19	23	03	16	26	70	
Tex	付着性	01	13	11	13	11	06	05	-04	-23	11	03

さらに第3主成分は Texturometer の付着性およびペネトロメーターの侵入速度が関連し、いわゆる「付着」に関する主成分である。これらをわかりやすく図式化すると第8図のようになる。すなわち□で囲まれた測定値はほぼ同一特性を測定していると考えてよい。

6. ま と め

文中にも述べたように食品の品質特性はあくまで人間が食べて評価するものである。したがって品質の設計や管理が、人間の感覚で評価されることを目標に置いている。すなわち人間が快よく感じるような Texture を目標とするわけであり、食品の Texture-レオロジーを考える場合、いわゆるサイコロロジーが重要な役割りを果たす。これらの研究結果を有効に利用し、より改良された Texture をもつ嗜好度の高い食品を開発するのがわ

れわれの目的である。読者の方々の御助言、御指導をお願いする。

文 献

- 1) A. S. Szczesniak・D. H. Kleyn : J. Food Sci. 17, 74 (1963)
- 2) A. S. Szczesniak・M. C. Bourne : J. Texture Studies 1, 52 (1969)
- 3) 吉川 : 食品工業 11, 12 (1968)
- 4) F. W. Wood : S. C. I. Monograph No. 27, p. 40, (1968)
- 5) 戸田・三崎・和田・安松・石井 : 30th Annual Meeting of IFT in San Francisco, May (1970)
- 6) 飯尾 : 調理科学 2, 54 (1969)

新 刊 紹 介

速水 洸・橋本 タニ・山本 麻喜子 共著

「病 弱 者 栄 養」

(A5判 200 ページ 定価 750 円 光生館発行)

◆病気の治療は単に医薬によって行なわれるものではなく、食事についても考慮が払われなければならない。食餌療法を行なうには病気の本態を知る必要があることを著者らが長年病弱者栄養を講義して感じ、各論において病気の原因、病変、症状を簡単に示し、それに対応する食餌療法との関連を示している。

◆内容は総論として栄養療法の意義、栄養療法の種類、治療食に対する注意、各論として一般食、胃腸疾患、肝臓疾患、循環器障害、腎臓疾患、代謝性疾患、貧血、

結核、術前・術後食、経管栄養、食事性アレルギーからなっている。

◆本書の特長は、献立の作り方として単位式食糧構成を採用していることである。多くの食品を取扱う場合容易にかつ迅速に献立を立てられるという点から筆者が推せんしている方法であるが、各献立例についてこれを併記しており、利用価値が多いものであろう。また、この方法を使い易くするため食品交換表を別刷にしてあるのは便利である。 (元山)