

## 起泡卵白混合マシュマロのテクスチャーとクリープ

加藤 和子・河村 フジ子

(昭和62年9月28日受理)

### Texture and Creep of Marshmallows Mixed with Whipped Egg Whites

Kazuko KATO and Fujiko KAWAMURA

(Received September 28, 1987)

#### 1. 緒 言

気泡混合高濃度ゼラチンゲル(以下ゲルと記す)であるマシュマロのおいしさは、スポンジ状のやわらかさと弾力ある口当たりにある。この製法には、高濃度ゼラチンゾルを用いてゾル自体の起泡性を利用する場合とゾルに起泡卵白を混合する場合がある。一般に、工業的製法は前者であり、調理書<sup>1-3)</sup>による製法は後者である。そこで、本報では、起泡卵白混合マシュマロをとりあげ、市販品の一種をおいしいマシュマロの基準として、この物性に近づくような材料配合と調製法について、既報の研究成果<sup>4-5)</sup>と田辺らの報告<sup>6)</sup>を参照して検討した。また、これらの報告は、主としてレオロジー的測定のうち、模擬的測定の一つであるテクスチャー解析によるものである。本報では、基礎的測定の一つであるクリープ解析を併用して、マシュマロ特有の物性が両解析値にどのように示されるかについてもあわせて検討したので報告する。

#### 2. 実験方法

##### 1) 試料調製

基準用マシュマロ：製造業者および製造日より実験日までの日数の異なった4種の市販マシュマロ(a：(株)エイワ製, b：(株)明治屋MYNC製, c：(株)サンリオEW製)を5℃で3時間保持してテクスチャーを測定し、その特性値が平均の値に近い1種を選び、これを基準とした。なお、これらの各マシュマロは、ゼラチンゾル自体を起泡させたものである。

材料配合検討用試料：材料配合はゼラチン(新田ゼラチン)と砂糖(市販上白糖)40%、卵白10~20%、残りを水(蒸留水)とした。卵白は、個体差を少なくするため乾燥卵白(榊キューピータマゴ製, 水分7.0%)に水分が88%になるように水(20℃)を加えてビーカーに入れ、30℃の湯浴に20分つけて溶解させた後品温を20℃に調製して直ちに実験に供した。調製法は、ゼラチンに定量の水を加えて20分膨潤させた後、湯浴につけて攪拌しつつ溶解させ、ゾルの温度を40℃に保持して5分後に砂糖を加え、攪拌しつつ10分保持して、泡立て器で最大限に起泡させた卵白(品温20℃, 攪拌回数45回/10sec, 起泡時間1分)を加えて30秒定速で攪拌して内径32φのペトリ皿に高さ15mmのゲルになるように流し、5℃で2時間保持したものをテクスチャー測定用、3時間保持したものをクリープ測定用の各試料とした。

調製法検討用試料：材料は、上記と同じでその配合は、ゼラチン8%、砂糖40%とし、卵白は実用性を考慮して生卵白を綿布で濾したものを0または15%として上記同様にした。ゼラチンゾルの起泡は、ハンドミキサー(G・E社製, スピード12)を用いて40℃に保って行った。調製法は、実験結果および考察の項に明記したのでここでは省略する。

2) テクスチャー測定とその解析  
レオロメーター(鞍山電製, レオナーRE-3305)を用いて、硬さ、凝集性、ガム性を測定した。測定条件はプランジャー12φ, 圧縮量13mm, 電圧1V, 試料台スピード5mm/sec, 運動回数2回とした。解析値の算出は、自動解析装置(鞍山電製, CA-3305-8)を用いて行った。なお、硬さの単位はgであるが、他の項目の解析値はR. U. (レオロメーター単位)を用いた。

3) クリープ測定とその解析

クリープ測定と解析ができる上記の機器を用いた。測定条件は、予備実験を行ってプランジャー40φ、荷重100g、試料台スピード1mm/sec、荷重時間60secに設定した。なお、荷重は予備実験により、歪が20%の範囲で応力と歪の間に線形性があることが認められたので、全歪がこの範囲内になるように設定した。また、試料自体が温度変化を受けやすい点を考慮して、荷重時間を設定し、恒温チャンバーを用いて試料を5℃に保持して測定を行った。

4) ゲル中の気泡の観察

調製直後の気泡混合ゾルをスライドガラスに薄くのばして直ちに顕微鏡で観察した。

3. 実験結果および考察

1) 材料配合の異なるゲルのテクスチャーとクリープ

表1に市販品のテクスチャー解析値を示す。このうち平均値に近いa-1を市販品の基準としてゼラチンを6, 8, 10%, 起泡卵白はいずれも15%としたゲルと、ゼラチンを8%とし、起泡卵白を10, 20%としたゲルのクリープ曲線を図1に、テクスチャーとクリープの解析値を表2に示した。なお、砂糖は、嗜好試験によりいずれも40%としてゼラチンゾルに加えた。

図1より、ゲルはすべて瞬間変形部、遅延変形部、流

表1 市販マッシュマロのテクスチャー解析値

試料	a-1	a-2	b	c	平均
製造日より実験日までの日数	32	41	40	31	36
硬さ ×10 <sup>2</sup> (g)	8.15	9.12	4.61	10.46	8.09
凝集性 (R.U.)	0.73	0.71	0.76	0.68	0.73

動変形部に分かれ、フォークト体とマックスウェル体の直列型4要素模型とみなすことができる。表2より、テクスチャー解析値をみると、硬さはゼラチン量が少ない程、卵白量が多い程やわらかいゲルとなり、ゼラチン8%—卵白20%ゲルが基準に近い。凝集性は、卵白量が多い程わずかに高くなるが、いずれも基準より顕著に低い。ガム性は、ゼラチン10%—卵白15%が基準に近い。調理学上関心があるのは以上のような模擬的測定結果と基礎的測定結果の関連をみることである。そこで、クリープ解析値を対応させてみると、各試料間では、硬さが低いゲル程瞬間弾性率、遅延粘性率、遅延粘性率、定常粘性率ともに低い値となり、遅延時間がやや増す。しかし、凝集性が顕著に高い値を示す基準は、硬さがほぼ同じであるゼラチン8%—卵白20%ゲルより顕著に遅延弾性率が低い値を示し、遅延時間が長い。また、ガム性が基準とほぼ同じであるゼラチン10%—卵白15%ゲルは瞬間弾

表2 材料配合の異なるゲルのテクスチャーとクリープ解析値

ゼラチン量 (%) 卵白量 (%)		6 15	8 15	10 15	8 10	8 20	市販品 (基準)
テク ス チ ャ ー	硬さ ×10 <sup>2</sup> (g)	6.87	10.44	12.59	15.69	8.38	8.15
	凝集性 (R.U.)	0.45	0.46	0.46	0.42	0.48	0.73
	ガム性 ×10 <sup>2</sup> (R.U.)	3.09	4.80	5.79	6.59	4.02	5.95
ク リ ー プ	瞬間弾性率(E <sub>0</sub> ) ×10 <sup>4</sup> (dyne/cm <sup>2</sup> )	7.23	11.89	13.10	13.22	9.93	8.23
	遅延弾性率(E <sub>1</sub> ) ×10 <sup>5</sup> (dyne/cm <sup>2</sup> )	7.36	12.02	13.20	13.79	9.53	3.52
	遅延時間(T <sub>1</sub> ) (Sec)	4.87	4.68	4.23	4.03	4.67	8.84
	遅延粘性率(N <sub>1</sub> ) ×10 <sup>6</sup> (dyne/cm <sup>2</sup> )	3.50	5.65	6.50	7.56	4.45	3.42
	定常粘性率(NN) ×10 <sup>6</sup> (dyne・Sec/cm <sup>2</sup> )	0.72	1.26	1.48	1.41	1.18	0.63

(注) 試料の砂糖量はすべて40%

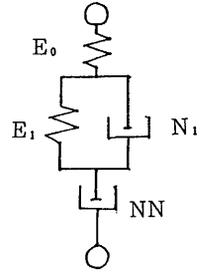
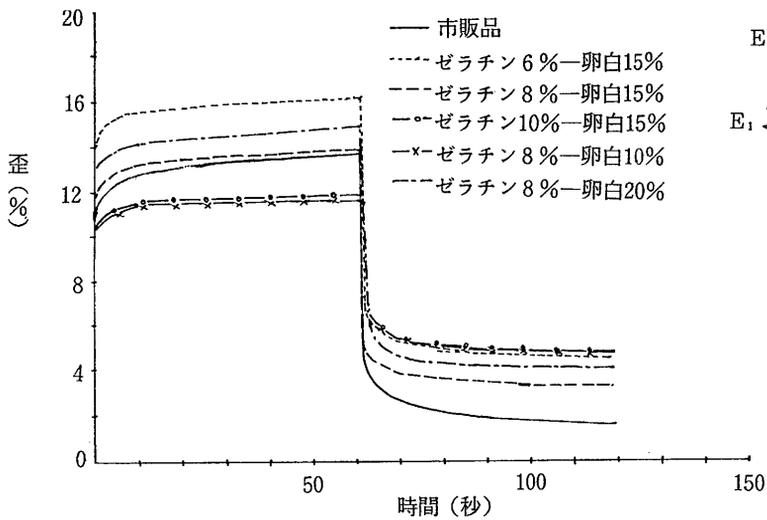


図1 材料配合の異なるゲルのクリープ曲線

性率、遅延弾性率、遅延粘性率、定常粘性率ともに基準より高く、遅延時間が短い。以上の結果をもとに、次に、基準の特性であるテクスチャー解析値では、ある程度の硬さがある凝集性が高く、クリープ解析値では遅延弾性率が低く、遅延時間が長くなるゲルの調製法について

検討した。

2) 調製法の異なるゲルのテクスチャーとクリープ

材料配合は、嗜好試験および既報の研究結果<sup>1)</sup>をふまえて、ゼラチン8%、砂糖40%、卵白(生)15%とした。調製法は、a: 砂糖全量をゼラチンゾルに加えて、起泡

表3 調製法の異なるゲルのテクスチャーとクリープ解析値

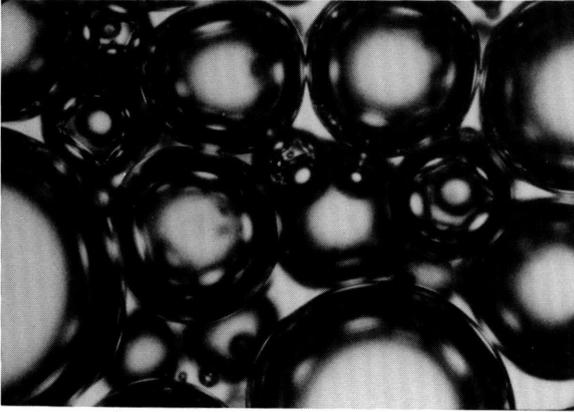
試料の記号		a	b	c	d	e
砂糖量 (%)	ゾル	40	20	20	20	40
	卵白	0	20	20	20	0
調製法		ゾル + 卵白	ゾル + 卵白	起泡ゾル + 卵白	bを2分起泡	ゾルのみ10分起泡
テクスチャー	硬さ $\times 10^2$ (g)	6.78	7.51	5.06	5.19	6.75
	凝集性 (R.U.)	0.48	0.51	0.71	0.69	0.71
	ガム性 $\times 10^2$ (R.U.)	3.25	3.84	3.59	3.58	4.79
クリープ	瞬間弾性率 ( $E_0$ ) $\times 10^4$ (dyne/cm <sup>2</sup> )	8.87	10.36	7.95	6.74	6.07
	遅延弾性率 ( $E_1$ ) $\times 10^5$ (dyne/cm <sup>2</sup> )	10.60	11.17	5.84	4.74	5.85
	遅延時間 ( $T_1$ ) (Sec)	4.70	5.73	6.47	6.05	6.38
	遅延粘性率 ( $N_1$ ) $\times 10^6$ (dyne/cm <sup>2</sup> )	5.40	6.13	4.40	4.12	3.11
	定常粘性率 (NN) $\times 10^8$ (dyne·Sec/cm <sup>2</sup> )	0.83	1.02	0.72	0.69	1.06

(注) ゾル: ゼラチンゾル 卵白: 起泡卵白

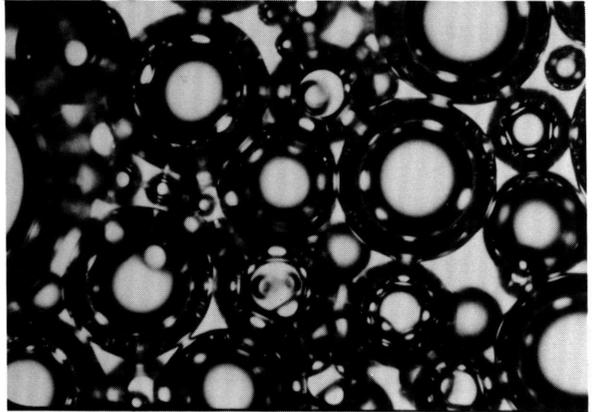
卵白を混合し30秒攪拌, b: 砂糖を20%ずつゼラチンゾルと起泡卵白に加えて混合し30秒攪拌, c: 砂糖の加え方はbと同じ, ゼラチンゾルを2分起泡して起泡卵白と混合し, 30秒攪拌, d: 砂糖の加え方はbと同じ, ゼラチンゾルに起泡卵白を混合して2分起泡, e: 砂糖40%添加ゼラチンゾルを10分起泡の5種とした. 各ゲルのテ

クスチャーとクリープ解析値を表3に示す.

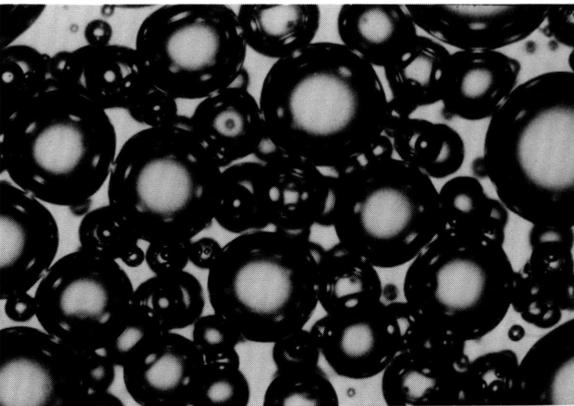
表2, 表3より, 生卵白の方が乾燥卵白よりテクスチャー解析値では硬さ, クリープ解析値では瞬間弾性率, 遅延弾性率が低くなる. ゼラチンゾルと起泡卵白に20%ずつ砂糖を加える(b)は, ゼラチンゾルに40%の砂糖を加えたもの(a)より, 各特性値ともやや高くなる. これは, 起



a: ゼラチンゾルに起泡卵白を混合



c: 起泡ゼラチンゾルに起泡卵白を混合



e: ゼラチンゾルを十分起泡する

図2 ゲル中の気泡の比較 (顕微鏡倍率×100)

泡卵白に砂糖を加えることにより、気泡が均質化し、かつ安定化するためと考えられる。しかし、砂糖20%添加ゼラチンゾルを2分起泡させた後砂糖添加起泡卵白を混合する(c)か同ゼラチンゾルに同起泡卵白を加えて2分起泡したゲル(d)は、テクスチャー解析値では硬さが基準より低下するが凝集性は基準に近い値となり、クリープ解析値では瞬間弾性率は基準より低下するが、遅延弾性率、遅延時間、定常粘性率は基準に近い値となる。また、砂糖40%添加ゼラチンゾルを10分起泡させたもの(e)も、cおよびdに近い特性を示す。

図2はa, c, eの各ゲルの気泡状態を顕微鏡倍率100倍で観察したものである。

図2より、aよりcおよびeの方が、気泡が細かく、密であり、この要因がテクスチャー解析値ではゲルの凝集性を高め、クリープ解析値では遅延弾性率を低下させ、遅延時間を長くしてマシュマロ特有の口当たりにすると思われる。なお、100gのゼラチンゾルを40℃に保って泡立て器を用いて2分起泡した場合、体積は約3倍となり、ハンドミキサーの場合とほぼ同程度になるので、ゼラチンゾルを2分起泡させて起泡卵白を加える(c)またはゼラチンゾルに起泡卵白を加えて2分起泡させる(d)の方法は、泡立て器を用いて手軽に調製できる手法といえる。一方、ゼラチンゾルを10分起泡させる(e)の方法は、起泡の終点付近でゲル化が進み、操作がやや困難となる。

#### 4. 要 約

起泡卵白を混合したマシュマロの調製要領を明らかにするため、砂糖量を40%にして、材料配合と調製法を変えたゲルについて、市販品を基準としてテクスチャーと

クリープ解析を行った結果を要約すると次のようになる。

1) 市販品のテクスチャー特性は、ある程度の硬さがあるが、凝集性が極めて高い。市販品のクリープ特性は、遅延弾性率が低く、遅延時間が長い。

2) ゼラチン6~10%、卵白10~20%でゼラチンゾルに起泡卵白を混合したゲルは、いずれも市販品より凝集性が低く、遅延弾性率が高く、遅延時間が短い。

3) ゼラチン8%、卵白15%にして起泡ゼラチンゾルに起泡卵白を混合したゲルと、ゼラチンゾルに起泡卵白を加えてさらに起泡したゲルは、硬さ、瞬間弾性率は市販品より低い、凝集性、遅延弾性率、遅延時間、定常粘性率が、市販品に近い値となる。

終わりに、本研究の概要は、日本家政学会第36回年次大会において発表した。また、本研究の実験に御協力頂きました武蔵野栄養専門学校赤川和子さんに深く感謝致します。

#### 引用文献

- 1) 香川綾：家庭で作るお菓子，女子栄養出版部，東京（1974）
- 2) 野間省一：ファミリークック第8巻お菓子・飲み物 講談社，東京（1977）
- 3) 高井恒昌：Cook 料理全集第11巻お菓子と飲みもの ㈱千趣会，東京
- 4) 河村フジ子，中島茂代：家政誌，30. 731（1979）
- 5) 河村フジ子，高柳茂代：調理科学，13. 284（1980）
- 6) 田辺洋子，飯島真喜子，島田淳子，吉松藤子：家政誌，37. 357（1986）

### Summary

We investigated the texture and creep of marshmallows mixed with whipped egg whites (including the sugar with the same of 40%) by testing several ratio of gelatin to egg whites and cooking way.

The results obtained were as follows ;

1. Market product which was used as a standard was found to have stiffness. It has large cohesiveness, small retarded elastic modulus and long retardation time.
2. Marshmallows prepared with gelatin sol and whipped egg whites including 6~10 % gelatin and 10~20% of whipped egg whites have less cohesiveness, larger retardation time in comparison with those of marshmallows in a market product.
3. Both marshmallows prepared with whipped gelatin through mixing with whipped egg white and that prepared by whipping the mixture of gelatin sol and whipped egg white, including 8 % of gelatin and 15% of egg white, are more soft than standard, however, cohesiveness, retarded elastic modulus, retardation time, stationary viscosity modulus, which are close to the level of market product.