

# サゴ澱粉ブラマンジェのテクスチャー特性および 官能評価に及ぼす材料配合比の影響\*<sup>1</sup>

平尾 和子, 濱西 知子\*, 五十嵐喜治, 高橋 節子\*

(山形大学農学部, \* 共立女子大学家政学部)

原稿受付平成 13 年 8 月 28 日; 原稿受理平成 14 年 5 月 7 日

Effect of the Ingredient Ratio of Sago Starch, Soybean Protein Isolate and  
Soybean Oil on the Physical Properties and Sensory Attributes of Blanc mange

Kazuko HIRAO, Tomoko HAMANISHI,\* Kiharu IGARASHI and Setsuko TAKAHASHI\*

*Faculty of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka, Yamagata 997-8555*

*\* Faculty of Home Economics, Kyoritsu Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8433*

Effects of various proportions of sugar, sago starch, soybean protein isolate, and soybean oil, which were used as the raw materials for blanc mange and were used to determine 10 lattice points for Scheffé's simple lattice design, on the physicochemical, sensory and electron microscopic properties of the gels formed by heating the raw materials were determined. The relationship between each characteristic value of the textural properties or of the sensory evaluation and the ingredient ratio was used to deduce a secondary equation from which estimated curves were drawn. The gels with a higher ratio of starch showed higher values of firmness and springiness. In contrast, the gels with a higher ratio of oil showed lower values for these two parameters. An increase in the ratio of protein in the mixture increased the mold-shape retention and stickiness. Observation by electron microscopy showed the gels with a higher ratio of starch to have a finer network structure. Blanc mange prepared from 9% of starch, 3% of soybean protein isolate, and 4% of soybean oil was the most favored from the results of the sensory evaluation.

(Received August 28, 2001; Accepted in revised form May 7, 2002)

**Keywords:** blanc mange ブラマンジェ, sago starch サゴ澱粉, ingredient ratio 材料配合比, soybean protein isolate 分離大豆タンパク質, Scheffé's simple lattice design シェッフエの単純格子計画法, textural property テクスチャー特性.

## 1. 緒 言

サゴヤシの樹幹に蓄積されるサゴ澱粉は収穫量が多く, 低価格であり, 種々の優れた調理特性を持つことから, 優れた食品加工素材としての活用が考えられ<sup>1)2)</sup>, ブラマンジェ<sup>3)4)</sup>等の澱粉ゲルにも利用されている. 前報<sup>5)</sup>において, サゴ澱粉あるいはとうもろこし澱粉に配合比の異なる分離大豆タンパク質, 大豆油を加え, その混合液の加熱過程の粘度変化およびゲルのテクスチャー特性, 保型性を検討したところ, 各特性値に 2 次の推定式および推定曲線が得られた. しかし, この実験は澱粉, 分離大豆タンパク質, 大豆油の

基本系で行ったため, ゲルの嗜好性については蔗糖を添加したゲルを用いて検討する必要があると考えられた.

そこで, 本研究では Scheffé の単純格子計画法<sup>6)</sup>を用いて, サゴ澱粉, 分離大豆タンパク質, 大豆油の 3 成分の配合比を変化させて 10 格子点を求めた. それぞれの格子点の配合比に蔗糖を添加し, 加熱過程の粘度曲線の作成およびゲルのテクスチャー, 保型性, 離水量の測定, さらには官能評価を行った. 次いで得られた各特性値と材料配合比との関係について検討した. さらにはまた, 走査型電子顕微鏡を用いてゲルの内部組織の観察もあわせて行った.

\*<sup>1</sup> サゴ澱粉ゲルの調理学的研究 (第 4 報)

## 2. 試料および実験方法

### (1) 試 料

澱粉はマレーシア連邦サラワク州産のサゴ澱粉（島田化学工業（株））を用いた。分離大豆タンパク質（フジプロー E）はフジピュリナプロテイン（株）製、大豆油は東洋製油（株）製、蔗糖は三井製糖（株）製を用いた。

### (2) 材料配合

澱粉ゲルの材料配合は、Scheffé の単純格子計画法<sup>6)</sup>に従って、 $X_1$ ：サゴ澱粉（以後、澱粉とする）、

$X_2$ ：分離大豆タンパク質（以後、分離タンパク質とする）、 $X_3$ ：大豆油（以後、油とする）の3成分を水準として10格子点の配合比を求め、Fig. 1にその格子点と試料番号を示した。また、Table 1にそれぞれの格子点水準および材料配合比を示した。各水準の最大値と最小値は、ゲルの保型性およびテクスチャーの測定が可能な濃度範囲とした。すなわち、蒸留水100 ml 当たり澱粉は5.0～11.0 g、分離タンパク質は3.0～9.0 g、油は2.0～8.0 g の範囲で調製し、全量を450 g とした。蔗糖を添加する場合は、いずれの配合比の場合も全量に対して9%の蔗糖を加えた。

### (3) 試料の調製

試料用ゲルはブラベンダーアミログラフ VS 6 E 型（西独ブラベンダー社）を用いて調製した。調製方法は前報<sup>3)</sup>と同様に行った。蔗糖は予め澱粉および分離タンパク質と混合し、次いで蒸留水を加えて混合した後、油を添加して測定容器に入れた。アミログラフは25℃で10分間予備攪拌した後、95℃まで昇温速度1.5℃/minで昇温させ、さらに95℃で10分間攪拌しながら恒温保持して加熱を終了した。加熱過程で得られた粘度曲線から、粘度上昇開始温度、最高粘度、最高粘度に達した時の温度、95℃に達した時の粘度および95℃に達してから10分間恒温保持した後の粘度を求めた。

95℃で10分間加熱した試料はレオロメーター用容器に25 g ずつ、タンバール型（径5.6×6.5 cm）に50 g ずつ分注し、30分間室温に放置後、5℃で24時

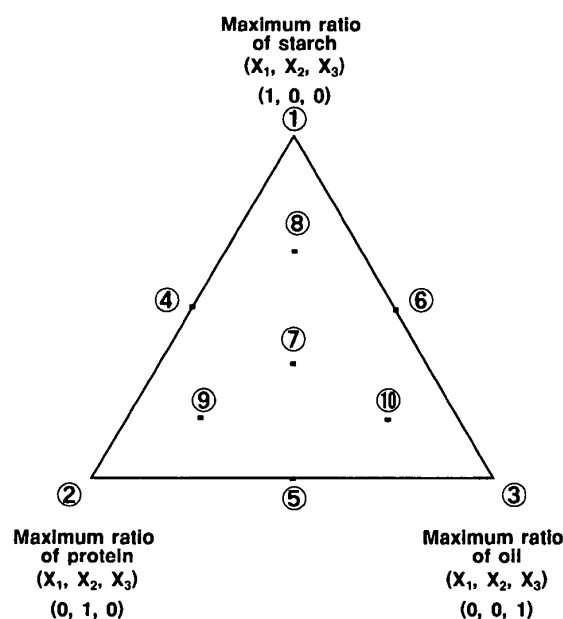


Fig. 1. Ten ingredient ratios for Scheffé's simple lattice design of the three components

Table 1. Ingredient ratios of the blanc mange gels for Scheffé's simple lattice design

Sample number	Lattice point level ( $X_1, X_2, X_3$ )	Ingredient ratio (g/100 ml of H <sub>2</sub> O)		
		Starch	SPI	Soybean oil
①	(1, 0, 0)	11.0	3.0	2.0
②	(0, 1, 0)	5.0	9.0	2.0
③	(0, 0, 1)	5.0	3.0	8.0
④	(1/2, 1/2, 0)	8.0	6.0	2.0
⑤	(0, 1/2, 1/2)	5.0	6.0	5.0
⑥	(1/2, 0, 1/2)	8.0	3.0	5.0
⑦	(1/3, 1/3, 1/3)	7.0	5.0	4.0
⑧	(2/3, 1/6, 1/6)	9.0	4.0	3.0
⑨	(1/6, 2/3, 1/6)	6.0	7.0	3.0
⑩	(1/6, 1/6, 2/3)	6.0	4.0	6.0

The total amount was adjusted to 450 g with 378 ml of H<sub>2</sub>O. SPI: soybean protein isolate.

## サゴ澱粉ブラマンジェのテクスチャー特性および官能評価に及ぼす材料配合比の影響

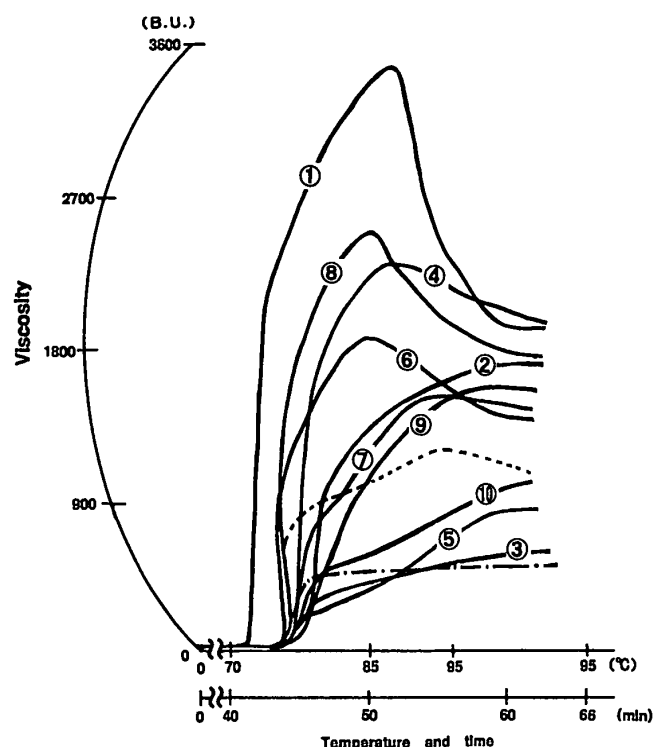


Fig. 2. Amylograms of mixtures with various ratios of sago starch, soybean protein isolate, soybean oil and sucrose

① to ⑩ are as shown in Fig. 1. ----- Blanc mange made from sago starch (35 g), milk (500 ml) and sucrose (45 g). --- Blanc mange made from corn starch (35 g), milk (500 ml) and sucrose (45 g).

間冷却した。タンバール型に入れた試料は保型性、離漿量の測定および官能評価に用いた。

#### (4) テクスチャーの測定

ゲルのテクスチャーはレオロメーター (MAXRX-1600, アイテクノ (株)) を用いて測定し、硬さ、凝集性、付着性、弾力性の各特性値を求めた。測定は試料を 5℃ の低温室から室温 23℃ に放置して 40 分後、ゲルの中心部の温度が 20℃ になった時点で行った。測定条件はロードセル 20 kg, 感圧軸 40 mm, サイクル速度 12 cycle/min, クリアランス 2 mm とした。

#### (5) 保型性

保型性<sup>7)</sup>の測定は試料を低温室 (5℃) から室温 23℃ に移し、50 分間放置後に行った。まず、タンバール型に入ったゲルの中心部に竹串を立てて高さを計った後、型から取り出して 1 分後に再びゲルの高さを測定した。保型性は次式により求めた。

$$\text{保型性} = (a - b) / a \times 100 \quad (1)$$

$a$ : タンバール型に入っている時のゲルの高さ

$b$ : 型から出して 1 分後のゲルの高さ

#### (6) 離漿量<sup>8)</sup>

5℃ で 24 時間冷却したゲルを室温 23℃ で 50 分間放置後、測定用試料とした。メスシリンダーの上に、予め重量を測定したろ紙をろ過できるように密着させた三角ロートを置き、その上に試料を移した。蒸発を防ぐために試料に付かないようにラップ材をかけた。23℃ の室内で 30 分間放置後、メスシリンダーとろ紙に流出した水の量を測定し、離漿量とした。

#### (7) 走査型電子顕微鏡による観察

走査型電子顕微鏡 (日本電子 (株) JOEL JSM-5200) を用いて、各材料の最大水準を示す格子点 ①, ②, ③ のゲルの組織を観察した。ゲルはグルタルアルデヒドおよびオスミウム酸で二重固定を行ったのち臨界点乾燥を行い、金蒸着したものを試料とした。

#### (8) 官能評価

官能評価は「特性」および「嗜好」について、-3 から +3 までの 7 段階評点法を用いて行った。-3 は非常にない, 非常に嫌い, 0 はどちらでもない, +3 は非常にある, 非常に好きの評価とした。試料は ①~⑨ までの 9 個とし、パネルは共立女子大学調理学研究室員および学生の 12 名で行った。9 個の試料はつり合い不完備型計画法<sup>9)</sup>に従って 3 個ずつ組み合わせ、1 名のパネルが 3 個ずつの試料の評価を行うことにした。

#### (9) 推定式および推定曲線

測定によって得られた各特性値と配合比の関係は Scheffé の方法<sup>6)</sup>に従い、2 次の推定式を次式のように求めた。

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{13} X_1 X_3 \quad (2)$$

ただし、 $Y$  は特性値の推定値、 $X_1$  は澱粉、 $X_2$  は分離タンパク質、 $X_3$  は油の配合比を示す格子点水準である。推定式の係数は特性値の実測値により次のように求められた。

$$\beta_i = \eta_i \quad (i=1, 2, 3) \quad (3)$$

$$\beta_{ij} = 4 \eta_{ij} - 2(\eta_i + \eta_j) \quad (4)$$

$$(i=1, 2, 3 \quad j=1, 2, 3)$$

ここで  $\eta_1, \eta_2, \eta_3$  は ①, ②, ③ の特性値、 $\eta_{12}, \eta_{23}, \eta_{13}$  は ④, ⑤, ⑥ の特性値の各実測値である。算出した推定式が各力学的特性値を推定する式であるかを検討するため、Scheffé の方法を用いて推定値と実測値 ⑦, ⑧, ⑨, ⑩ の適合性を調べた。t 検定を行って適合性が認められた場合、2 次の推定式から任意の格子点の推定値を求め、正三角形の格子点にプロッ

Table 2. Measured parameter and secondary equation

Measured parameter	Secondary estimation equation	
Gelatinization temperature (°C) *	$Y_{GTN}=73.0 X_1+74.3 X_2+73.75 X_3+2.0 X_1 X_2+4.9 X_2 X_3+0.5 X_3 X_1$	(5)
	$Y_{GTA}=75.5 X_1+77.5 X_2+76.75 X_3+3.0 X_1 X_2+3.5 X_2 X_3-1.5 X_3 X_1$	(6)
Maximum viscosity (B.U.) *	$Y_{MVN}=3090 X_1+1210 X_2+435 X_3-2040 X_1 X_2-1030 X_2 X_3-1290 X_3 X_1$	(7)
	$Y_{MVA}=3885 X_1+1745 X_2+612.5 X_3-2180 X_1 X_2-1315 X_2 X_3-1515 X_3 X_1$	(8)
Temperature for the maximum viscosity (°C) *	$Y_{TMN}=84 X_1+95 X_2+95 X_3+22 X_1 X_2+0 X_2 X_3+8 X_3 X_1$	(9)
	$Y_{TMA}=85.5 X_1+95 X_2+95 X_3+11 X_1 X_2+0 X_2 X_3+3 X_3 X_1$	(10)
Viscosity at 95°C (B.U.) *	$Y_{VN}=1675 X_1+1020 X_2+380 X_3+1170 X_1 X_2-1370 X_2 X_3+1410 X_3 X_1$	(11)
	$Y_{VA}=2705 X_1+1475 X_2+492.5 X_3+660 X_1 X_2-1875 X_2 X_3+665 X_3 X_1$	(12)
Viscosity 10 minutes after holding at 95°C (B.U.) *	$Y_{VAN}=1050 X_1+1197.5 X_2+435 X_3+525 X_1 X_2-1005 X_2 X_3+630 X_3 X_1$	(13)
	$Y_{VAA}=1950 X_1+1745 X_2+612.5 X_3+350 X_1 X_2-1315 X_2 X_3+825 X_3 X_1$	(14)
Firmness (kg) **	$Y_{FN}=6.164 X_1+5.049 X_2+0.542 X_3-0.21 X_1 X_2-5.654 X_2 X_3-1.856 X_3 X_1$	(15)
	$Y_{FA}=7.951 X_1+6.421 X_2+0.972 X_3+3.932 X_1 X_2-4.058 X_2 X_3+0.746 X_3 X_1$	(16)
Stickiness **	$Y_{ADN}=3.487 X_1+5.416 X_2+0.675 X_3+0.678 X_1 X_2-4.266 X_2 X_3+2.728 X_3 X_1$	(17)
	$Y_{ADA}=6.176 X_1+7.662 X_2+1.74 X_3-5.656 X_1 X_2-2.76 X_2 X_3+1.296 X_3 X_1$	(18)
Springiness **	$Y_{SPN}=0.919 X_1+0.878 X_2+0.537 X_3-0.342 X_1 X_2+0.198 X_2 X_3+0.623 X_3 X_1$	(19)
	$Y_{SPA}=0.945 X_1+0.892 X_2+0.623 X_3+0.158 X_1 X_2+0.058 X_2 X_3+0.800 X_3 X_1$	(20)
Mold-shape retenyion (%)	$Y_{MN}=9.2 X_1+13.15 X_2+23.95 X_3+16.82 X_1 X_2+12.28 X_2 X_3-2.78 X_3 X_1$	(21)
	$Y_{MA}=11.85 X_1+7.32 X_2+14.56 X_3+6.98 X_1 X_2+16.44 X_2 X_3+0.78 X_3 X_1$	(22)
Syneresis amount (g)	$Y_{SN}=0.710 X_1+0.805 X_2+1.613 X_3+0.542 X_1 X_2+0.466 X_2 X_3-0.833 X_3 X_1$	(23)
	$Y_{SA}=0.547 X_1+0.611 X_2+1.260 X_3-0.075 X_1 X_2+0.105 X_2 X_3-0.864 X_3 X_1$	(24)

$Y_{GTN}$ ,  $Y_{MVN}$ ,  $Y_{TMN}$ ,  $Y_{VN}$ ,  $Y_{VAN}$ ,  $Y_{FN}$ ,  $Y_{ADN}$ ,  $Y_{SPN}$ ,  $Y_{MN}$ ,  $Y_{SN}$ : property values without sucrose.  $Y_{GTA}$ ,  $Y_{MVA}$ ,  $Y_{TMA}$ ,  $Y_{VA}$ ,  $Y_{VAA}$ ,  $Y_{FA}$ ,  $Y_{ADA}$ ,  $Y_{SPA}$ ,  $Y_{MA}$ ,  $Y_{SA}$ : property values with sucrose. \*Calculated from the values obtained by an amylogram.

\*\*Calculated from the values obtained by a rheometer.

とし、等しい推定値を結んで推定曲線を得た。

### 3. 結果および考察

#### (1) 各配合比の加熱過程における粘度変化

Fig. 2 に蔗糖を添加した各格子点のアミログラムを示した。材料配合比のうち、澱粉の水準が高い格子点の①、④、⑥、⑧はアミログラムの変化が大きく、最高粘度が顕著な山形のピークを示した。特に澱粉の水準が最も高い①は糊化が開始すると急速に粘度が高くなり、その後急激に粘度が低下して大きいブレークダウンが認められたが、分離タンパク質、油の水準が増加するとブレークダウンは小さくなった。油の水準が高い格子点③、⑤、⑥、⑩のうち、澱粉の水準が高い⑥を除いてブレークダウンは示さず、粘度が徐々に上昇する曲線を描いた。一方、分離タンパク質の水準が高い格子点②、⑦、⑨のアミログラムは、

油の水準が高い場合と同様の傾向を示し、粘度が徐々に上昇し、ブレークダウンを示さない曲線を示したが、油の水準の高い場合よりも全体的に粘度が高くなった。また、いずれの格子点においても蔗糖添加の方が無添加より粘度は高くなった。

#### (2) 粘度上昇開始温度

粘度上昇開始温度と材料配合比の水準との関係は Table 2 に 2 次の推定式 (5), (6) で示した。t 検定の結果、実測値と推定値に適合性が認められたので、Fig. 3-A に蔗糖添加の場合の粘度上昇開始温度の推定曲線を示した。粘度上昇開始温度は澱粉の水準が高いほど低く、早くから糊化の開始がみられたが、分離タンパク質の水準が高いほど粘度上昇開始温度は高温側に移行し、特に分離タンパク質と油が 1/2 ずつ混合した格子点⑤の点で最も高く、糊化の開始が遅れる傾向が認められた。蔗糖無添加の推定曲線は蔗糖添加の

## サゴ澱粉ブラマンジェのテクスチャー特性および官能評価に及ぼす材料配合比の影響

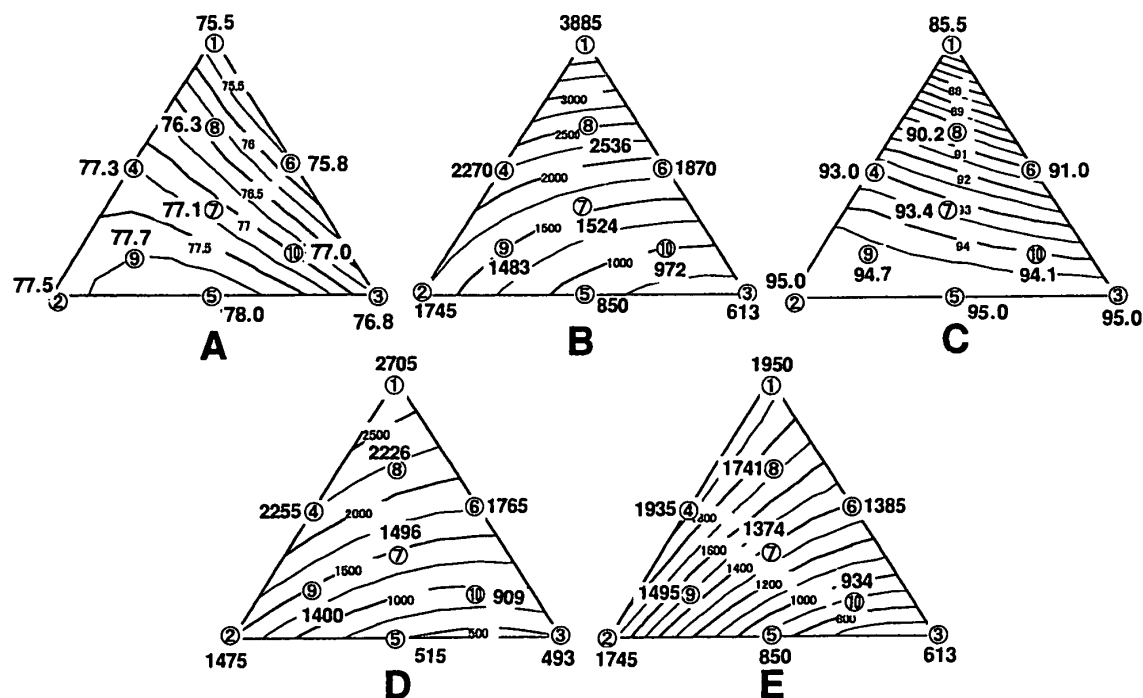


Fig. 3. Estimated curves for the viscosity of mixtures prepared from starch, soybean protein isolate, soybean oil and sucrose

A: gelatinization temperature (°C), B: maximum viscosity (B.U.), C: temperature for the maximum viscosity (°C), D: viscosity at 95°C (B.U.), E: viscosity 10 min after holding at 95°C (B.U.).

場合と類似した曲線を示したが、蔗糖添加の各格子点の値は蔗糖無添加に比べてそれぞれの点で約2.5～3.0℃高く示された。

### (3) 最高粘度と最高粘度に達した時の温度

最高粘度と材料配合比の水準との関係は Table 2 の(7), (8) 式, 最高粘度に達した時の温度との関係は(9), (10) 式に示した。また Fig. 3-B, 3-C に蔗糖添加の場合の最高粘度および最高粘度に達した時の温度の推定曲線を示した。最高粘度は澱粉の水準が高くなるに従って高くなり、分離タンパク質や油の水準が高くなるにしたがって低くなった。特に最高粘度の値は油の添加量が増加するほど小さくなったため、最高粘度の低下は分離タンパク質の水準よりも、むしろ油の水準の方が大きく影響した。一方、最高粘度に達した時の温度は澱粉の水準が高いほど低く、分離タンパク質、油の水準が高いほど高くなる傾向が認められ、澱粉の水準が高いものと比べてその差は約10℃であった。これは分離タンパク質や油の添加により、澱粉の糊化・膨潤が抑制され、澱粉の粘度上昇開始温度が遅延するだけでなく、澱粉粒の最大膨潤がみられる温度も高温側に移行したことが考えられた。蔗糖無添加では蔗糖添加に比べて推定曲線の傾向に違いはみられなかった

が、最高粘度がそれぞれの格子点で高くなった。最高粘度に達した時の温度は蔗糖添加、無添加による差がなく、推定曲線も近似していた。

### (4) 加熱過程の最終粘度

95℃に達した時の粘度および95℃に達してから10分間恒温保持した時の粘度と材料配合比との間に2次の推定式が得られ、その推定式を Table 2 の(11), (12) 式および(13), (14) 式に示した。それぞれの推定値に適合性が認められたので、Fig. 3-D, 3-E に蔗糖添加の場合の推定曲線を示した。95℃で10分間恒温保持した時の粘度は澱粉の水準が高いものが高く、油の水準が高いものほど低かった。また、95℃に達した時の粘度と95℃で10分間恒温保持した後の粘度を比較すると、澱粉が高い水準のものは95℃で10分間加熱を継続することにより粘度は低下したが、分離タンパク質および油の水準が高いものは粘度が逆に上昇した。特に分離タンパク質と油の水準が1/2ずつの格子点⑤の粘度の上昇が最も大きく、次いで②, ③, ⑨, ⑩の順となり、油の水準よりも分離タンパク質の水準が高い方が、95℃で10分間恒温保持することによって粘度の上昇が高くなった。これらのことは分離タンパク質および油の配合割合が高いために膨潤・

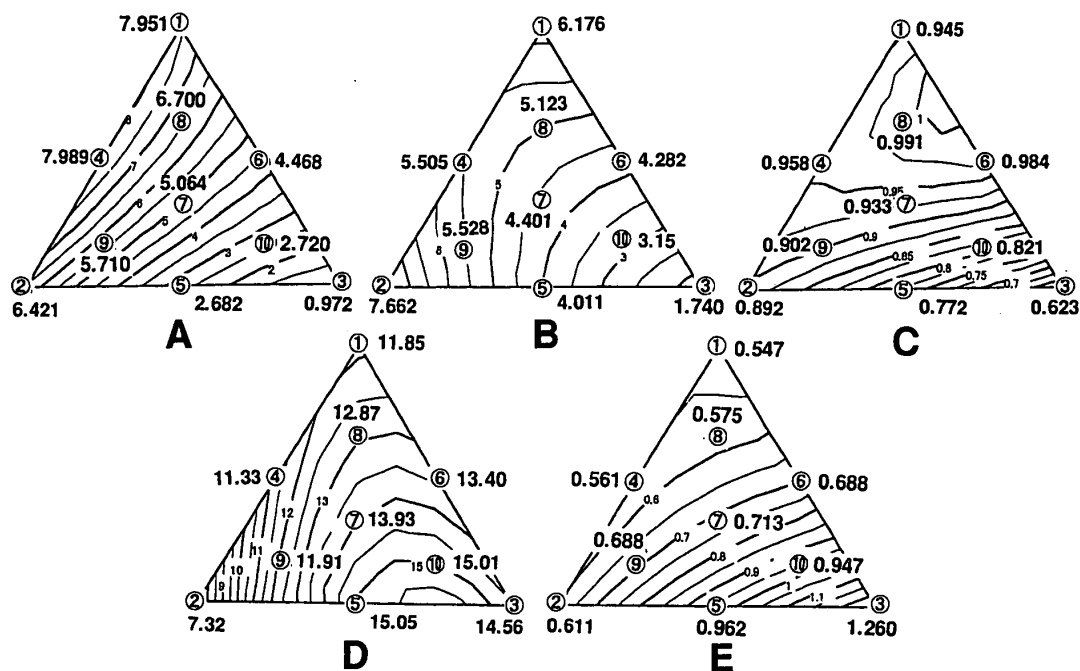


Fig. 4. Estimated curves for the physical properties of the gels prepared from mixtures of sago starch, soybean protein isolate, soybean oil and sucrose

A: firmness (kg), B: stickiness, C: springiness, D: mold-shape retention (%), E: syneresis amount (g).

糊化が遅延した澱粉粒が、加熱を長く続けることによって糊化が進んだためと考えられた。

#### (5) テクスチャー特性値

レオロメーターによる測定で得られた硬さ、付着性および弾力性の特性値と材料配合比の水準との関係を求め、Table 2の(15)～(20)に2次の推定式が示された。それぞれ実測値と推定値に適合性が認められ、推定曲線が得られた。

##### 1) 硬 さ

Fig. 4-Aに蔗糖添加時の硬さの推定曲線を示した。硬さは澱粉の水準が高いと硬く、油の水準が高いほど軟らかくなる傾向がみられた。格子点④のゲルが最も硬く、その配合比は澱粉、分離タンパク質、油＝1/2, 1/2, 0の配合割合であった。硬いゲルの形成には配合割合の多い澱粉の網目構造と分離タンパク質独自のゲル形成能<sup>10)</sup>が関与しているものと推察された。硬さの推定曲線はアミログラムの95℃に達してから10分間恒温保持した時の粘度の推定曲線と類似の推定曲線パターンを示した。蔗糖を添加した各格子点におけるゲルの硬さは無添加のものに比べて硬さが高い値を示したが、推定曲線は類似の傾向を示した。

##### 2) 付 着 性

Fig. 4-Bに蔗糖添加の付着性の推定曲線を示した。

付着性は分離タンパク質の水準が高いものが大きく、油の水準が高いものでは小さくなった。サゴ澱粉ゲルの付着性は他の澱粉で調製したゲルより小さいため、べたつきの少ない、すっきりとしたブラマンジェが得られると報告されているが<sup>11)</sup>、油を添加したゲルの場合においてもすっきりとした食感が得られるかどうかについては、官能評価等により検討が必要である。蔗糖を添加したゲルでは蔗糖無添加のものに比べてそれぞれの格子点で付着性が増す傾向が認められた。

##### 3) 弾 力 性

蔗糖を添加したゲルの弾力性に関する推定曲線をFig. 4-Cに示した。弾力性は澱粉の水準が高い方が大きく、油の水準が高くなると小さくなる傾向がみられた。しかし、澱粉の水準が最も高い①の配合比のゲルよりも、澱粉を比較的高い水準にして分離タンパク質や油の水準を高めにした⑧、⑥の配合比のゲルが弾力性が高かった。最も弾力性の大きい配合比は①と⑥の間点で澱粉、分離タンパク質、油＝2/3, 0, 1/3の点であり、弾力性の推定値は1.016であった。分離タンパク質や油の添加水準が低い時は、それらによる澱粉ゲルの網目構造の形成阻害が比較的小さく、またその網目構造の中に分離タンパク質に含まれる固型物<sup>11)</sup>や糊化の不十分な澱粉粒<sup>12)</sup>が残って構造を補強

## サゴ澱粉ブラマンジェのテクスチャー特性および官能評価に及ぼす材料配合比の影響

し、弾力性が最も大きい値を示したと推察される。また蔗糖を添加した場合、無添加に比べて各格子点での弾力性が大きくなったが、その増加は他の特性値の増加よりも小さく、弾力性は蔗糖の添加による影響が小さい特性値の一つと考えられた。

## (6) 保型性

保型性と材料配合比の水準との関係を求めたところ2次の推定式が得られ、その式をTable 2の(21)、(22)式に示した。Fig. 4-Dに蔗糖添加の場合の保型性の推定曲線を示した。分離タンパク質の水準が高いものが保型性が良く、油の水準が高いものは保型性が悪く示された。澱粉の水準に比べて油の水準を増した場合も保型性の低下が認められ、サゴ澱粉ブラマンジェの保型性は3成分のうち特に油の水準に影響を受けやすいと考えられた。蔗糖を添加した場合、無添加に比べていずれの格子点でも保型性が増した。

## (7) 離漿量

離漿量と材料配合比の水準との関係を求めたところ、2次の推定式が得られたのでその式をTable 2の(23)、(24)式に示した。推定値の適合性が認められたため、Fig. 4-Eに蔗糖添加ゲルの離漿量の推定曲線を示した。離漿量は澱粉の水準が高いものは少なく、油の水準が高いものはやや多くなる傾向を示した。また蔗糖を添加することにより、無添加に比べて離漿量が低下した。これは材料に共存する蔗糖が親水性をもつため、生成したゲルの水保持容量が増加したためと考えられた。

## (8) 走査型電子顕微鏡による観察

走査型電子顕微鏡により内部組織の観察を行った。配合比の中で澱粉、分離タンパク質、あるいは油の水準が最も高い格子点①、②、③について観察した結果をFig. 5に示した。Aは澱粉の水準が最も高いゲル(①)の様相を示しており、澱粉ゲルの細かな網目構造が観察された。Bは分離タンパク質の水準が最も高いゲル(②)であり、Aのような細かい網目構造はみられなかった。Cは油の水準が最も高いゲル(③)の様相を示した。油が多量に添加されたために網目構造が凝縮されたためか、はっきりとした網目構造は観察されなかった。このような内部構造の違いがゲルのテクスチャー特性や保型性、離漿量の違いに関与している可能性が十分に考えられた。

## (9) 官能評価

蔗糖を添加した格子点①から⑨の試料について官能評価を行い、その各特性値と各配合比の関係から推

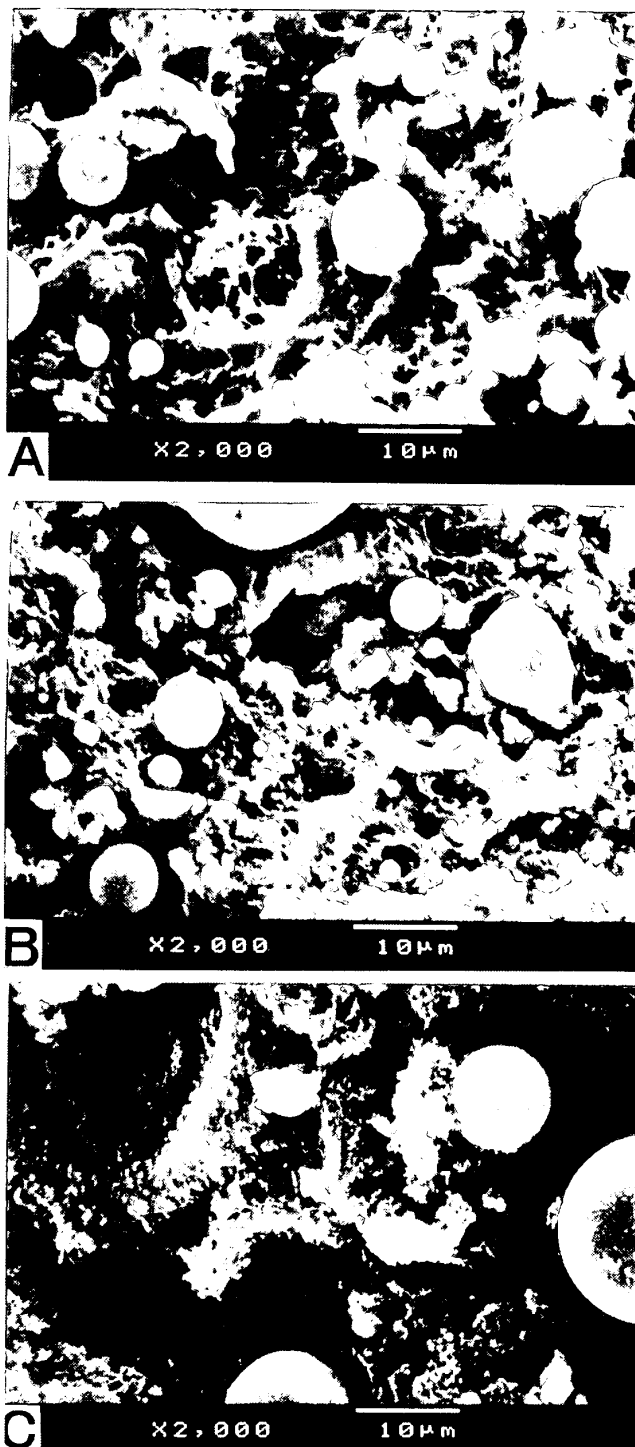


Fig. 5. Scanning electron micrographs of gels prepared from various mixtures of sago starch, soybean protein isolate, soybean oil and sucrose

A: higher level of starch (①), B: higher level of soybean protein isolate (②), C: higher level of soybean oil (③).

定式を算出した。検定を行ったところ推定値と官能評価の各特性値との間に適合性が認められた。Fig. 6に

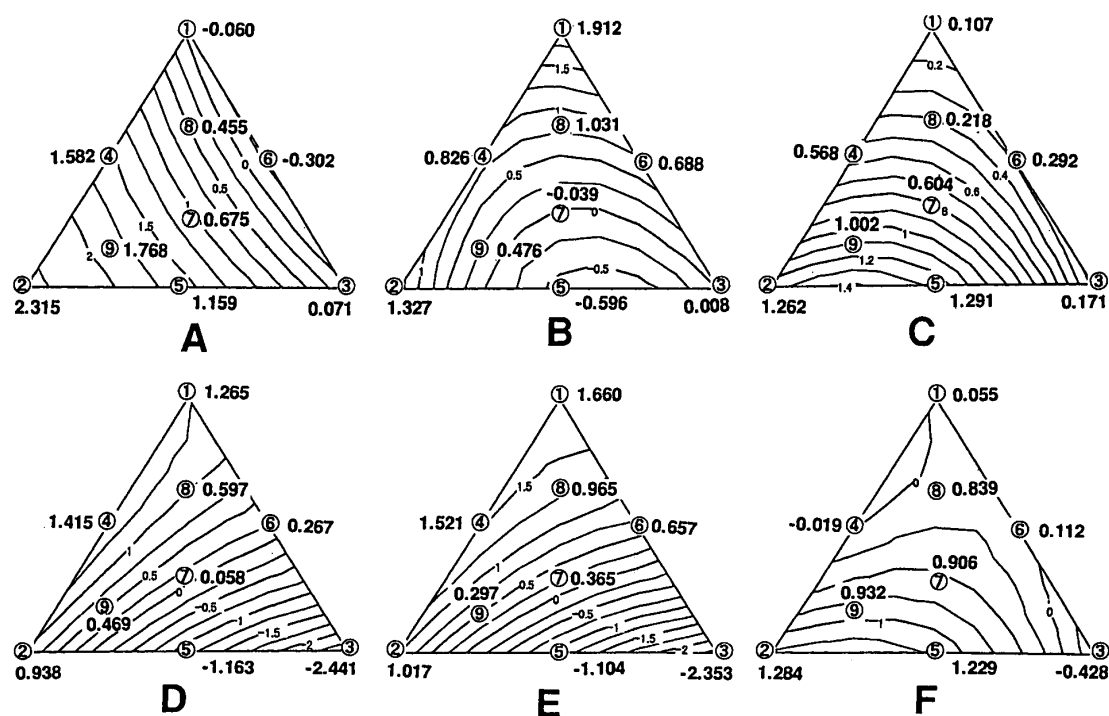


Fig. 6. Estimated curves for the relative strength of the gels evaluated by the sensory test  
A: color, B: luster, C: smell, D: firmness, E: springiness, F: stickiness.

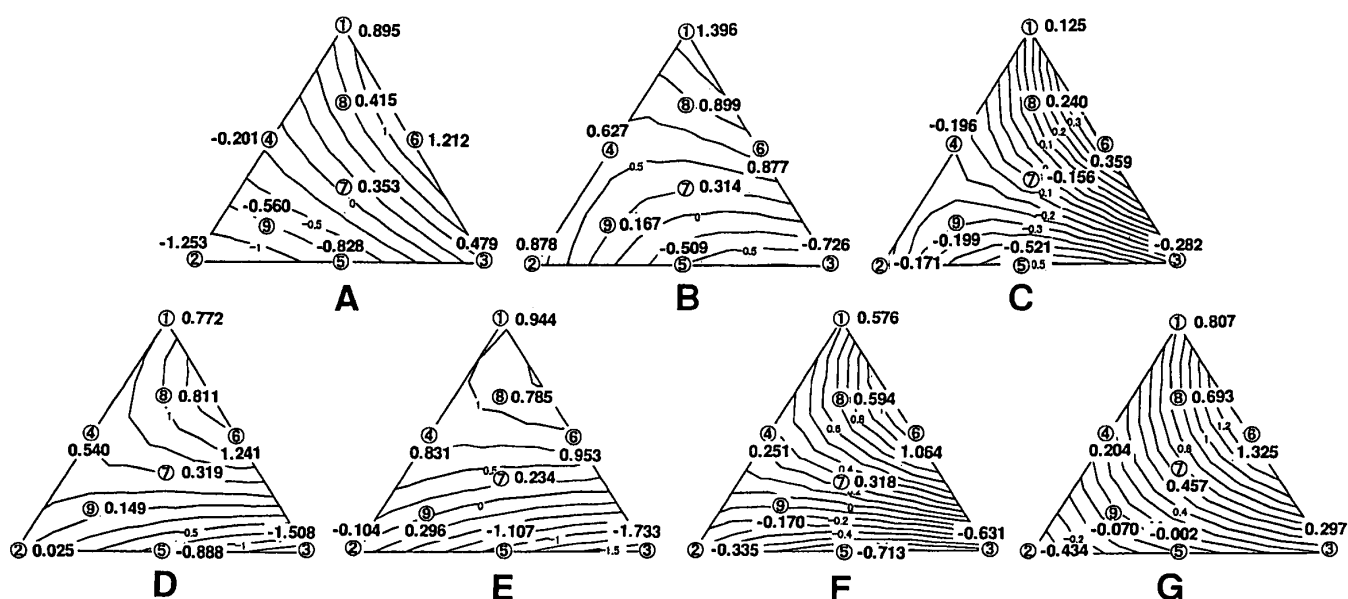


Fig. 7. Estimated curves for the palatability of the gels evaluated by the sensory test  
A: color, B: luster, C: smell, D: firmness, E: springiness, F: stickiness, G: smoothness.

官能評価（特性）による推定曲線，Fig. 7に官能評価（嗜好）による推定曲線を示した。特性の色の項目ではタンパク質の水準が高い②が「黄色味があり」，⑥の格子点では「黄色味がない」と評価された。つやは澱粉の水準の高い点で「ある」と評価され，香りは分

離タンパク質の水準が高い格子点で特性が「ある」と評価された。硬さ，弾力性は澱粉の水準が高いものが「ある」と評価され，油の水準が高くなると逆に「ない」と評価された。

嗜好においては色は「黄色味がない」と評価された



## サゴ澱粉ブラマンジェのテクスチャー特性および官能評価に及ぼす材料配合比の影響

格子点(⑥)で好まれ、「黄色味がある」と評価された分離タンパク質の水準が高い格子点(②)のものが好まれなかった。また、つやは「ある」とされた格子点(①)のものが好まれる結果となった。香りは「ない」と評価されたもののうち、澱粉の水準が高く、タンパク質、油の水準が比較的少ない点(①, ⑥, ⑧)のものが好まれた。硬さ、弾力性および粘りは「ある」と評価されたタンパク質の水準が高い格子点(②)よりも、澱粉に油が少し混ざり、タンパク質の水準が最も低い格子点(⑥)のものが好まれる傾向を示した。総合評価の推定曲線(Fig. 8)は嗜好の硬さ、弾力性、粘り、滑らかさについて得られた推定曲線と非常に似た曲線で示された。またテクスチャー特性値の弾力性の推定曲線とも類似していた。従って、官能評価で最も好まれた格子点は⑥の配合比、すなわち澱粉8%、タンパク質3%、油5%であった。これは⑥の配合比が黄色味や香りがなく、ほどよい硬さと弾力を持ち、滑らかさのある食感が好まれていたためと考えられた。さらに推定曲線から判断すると、格子点①と③の

1/3の所に位置する点( $X_1, X_2, X_3 = 2/3, 0, 1/3$  = 澱粉9%, 分離タンパク質3%, 油4%)の推定値が1.490で最も値が高く、最も好まれるブラマンジェの配合比と考えられた。

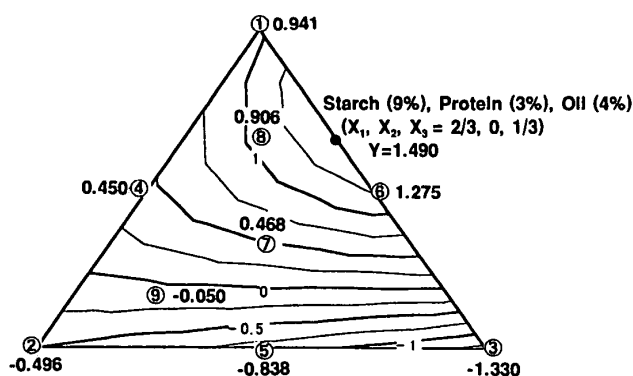
澱粉の水準が高いブラマンジェは硬く、弾力があり、油の水準が高いブラマンジェはべたつきが多く、軟らかすぎて弾力が感じられなかった。分離タンパク質の多いブラマンジェは大豆臭や黄色みが強く、べたつきのあるゲルとなったが、独特の匂いや色は香料、ココアや抹茶などを一緒に使うことによってマスキングされることが考えられた<sup>4)</sup>。

## (10) テクスチャー特性値および官能評価の相関性

Table 3に官能評価における特性評価とテクスチャー特性値の相関係数を示した。官能評価の硬さ、弾力性はテクスチャー特性値の硬さ、凝集性、付着性、弾力性の項目と有意に高い正の相関が認められた。

Table 4には官能評価における嗜好とテクスチャー特性値の相関係数を示した。嗜好のつやはテクスチャー特性値のすべての項目と高い正の相関が認められた。また、嗜好の硬さ、弾力性は付着性を除いたテクスチャー特性値の項目と有意に高い正の相関が認められた。嗜好の総合評価はテクスチャー特性値の弾力性の項目のみと高い正の相関が認められ、サゴ澱粉を用いたブラマンジェの嗜好性には弾力性の項目が関与していることが示唆された。

Table 5に官能評価における特性と嗜好の相関係数を示した。特性と嗜好のつや、硬さ、弾力性の項目同士では有意に正の相関が認められた。また色の項目同士では有意に負の相関が認められた。ブラマンジェは分離タンパク質の添加量が少なく、黄色の色が少ない方が好まれた。嗜好の総合評価は官能評価における特性の硬さ、弾力性の項目と高い正の相関が認められた。ブラマンジェは硬さや弾力性が「ある」と評価されたものの方が好まれる傾向を示した。



$$Y = 0.941X_1 - 0.496X_2 - 1.330X_3 + 0.910X_1X_2 + 0.300X_2X_3 + 5.878X_1X_3$$

Fig. 8. Estimated curves and secondary formula for the overall evaluation of the palatability of the gels evaluated by the sensory test

Table 3. Correlation coefficients between the evaluation of relative strengths and textural properties

Textural properties	Relative strengths					
	Luster	Color	Smell	Firmness	Springiness	Stickiness
Firmness	0.753	0.264	-0.012	0.978**	0.954**	0.126
Adhesiveness	0.445	0.498	0.447	0.844**	0.812**	0.601
Cohesiveness	0.604	0.529	0.385	0.853**	0.808**	0.572
Springiness	0.557	0.006	-0.085	0.906**	0.926**	0.198

n=9. \*\* Significant at the 1% level.

Table 4. Correlation coefficients between the evaluation of palatability and textural properties

Textural properties	Palatability							Overall evaluation
	Luster	Color	Smell	Firmness	Springiness	Stickiness	Smoothness	
Firmness	0.825**	-0.070	0.375	0.743*	0.842**	0.504	-0.003	0.634
Adhesiveness	0.671*	-0.363	0.245	0.677*	0.688*	0.357	-0.130	0.511
Cohesiveness	0.697*	-0.401	0.185	0.565	0.618	0.239	-0.304	0.387
Springiness	0.847**	0.192	0.636	0.963**	0.967**	0.803	0.363	0.894**

$n=9$ . \* Significant at the 5% level. \*\* Significant at the 1% level.

Table 5. Correlation coefficients between the evaluation of relative strength and palatability

Palatability	Relative strengths					
	Luster	Color	Smell	Firmness	Springiness	Stickiness
Luster	0.887**	-0.153	-0.292	0.883**	0.930**	0.008
Color	0.207	-0.969**	-0.915**	-0.035	0.080	-0.682*
Smell	0.628	-0.626	-0.657	0.466	0.555	-0.274
Firmness	0.621	-0.230	-0.307	0.832**	0.880**	0.015
Springiness	0.665	-0.154	-0.298	0.895**	0.927**	-0.013
Stickiness	0.522	-0.570	-0.606	0.596	0.683*	-0.260
Smoothness	0.205	-0.901**	-0.792*	0.082	0.200	-0.518
Overall evaluation	0.541	-0.430	-0.480	0.714*	0.786*	-0.113

$n=9$ . \* Significant at the 5% level. \*\* Significant at the 1% level.

#### 4. 要 約

Scheffé の単純格子計画法に従い、10 格子点を定めた。サゴ澱粉、分離大豆タンパク質、大豆油の各配合比の混合物に蔗糖を添加し、その加熱過程の粘度、ゲルのテクスチャー、保型性、離漿量の測定、ならびに官能評価を行い、得られた各特性値と材料配合比との関連について検討した。澱粉ゲルの組織については走査型電子顕微鏡による観察を行った。

1) 蔗糖を添加した場合、粘度、テクスチャー、保型性、離漿量および官能評価から求めた各特性値と材料配合比との間にそれぞれ 2 次の推定式が得られ、推定曲線が示された。

2) 澱粉の水準の高いものは糊化開始温度が低く、最高粘度や 95℃に達した時の粘度は高くなった。分離タンパク質、油の水準が高いものは、いずれも糊化開始温度が高く、最高粘度を示す温度も高くなった。

3) 澱粉の水準が高いほどゲルの硬さ、弾力性は高くなり、離漿量は減少した。分離タンパク質の水準が高いほど保型性および付着性は大きい値を示した。油の水準の高い場合は逆に硬さ、弾力性および保型性は

低下し、離漿量は増加した。

4) 走査型電子顕微鏡の観察から、澱粉の水準が高いものは明らかに細かい網目構造が観察された。

5) 官能評価における特性と嗜好では、つや、硬さ、弾力性の項目同士において有意な正の相関が、色の項目同士では有意な負の相関が認められた。また官能評価とテクスチャー特性値の硬さ、弾力性同士でそれぞれ有意な正の相関が認められた。

6) 官能評価では色、風味、硬さ、弾力性、付着性、滑らかさおよび総合評価の項目で澱粉 9%、分離大豆タンパク質 3%、大豆油 4%の配合比で調製したブラマンジェが最も好まれる結果となった。

本研究にあたり、ご懇切なご指導とご助言を賜りました日本女子大学名誉教授中濱信子先生に深く感謝いたします。また試料について貴重なご助言を頂きました元共立女子大学教授渡辺篤二先生に感謝申し上げます。また試料をご供与頂きました東洋製油(株)、フジピュリナプロテイン(株)、島田化学工業(株)に御礼を申し上げます。尚、本研究は平成 7 年度の日本学術振興

## サゴ澱粉ブラマンジェのテクスチャー特性および官能評価に及ぼす材料配合比の影響

会熱帯生物資源研究助成より支援して頂きました。

## 引用文献

- 1) 高橋節子, 平尾和子: サゴ澱粉の調理・加工特性に関する食文化的研究, 共立女子大紀要, **38**, 17-23 (1992)
- 2) 高橋節子, 平尾和子, 貝沼圭二: サゴ澱粉の物性と調理特性, *SAGO PALM*, **3** (2), 72-82 (1995)
- 3) 平尾和子, 高橋節子: ブラマンジェのレオロジー的研究 (第3報) 大豆タンパク添加の効果, 日本家政学会大会研究発表要旨集, 5 (1984)
- 4) 平尾和子, 高橋節子, 渡辺篤二: ブラマンジェのレオロジー的研究 (第4報) 大豆タンパクを用いたブラマンジェの物性及び嗜好性に及ぼすココア・抹茶の影響, 日本家政学会大会研究発表要旨集, 29 (1988)
- 5) 平尾和子, 五十嵐喜治, 高橋節子: サゴ澱粉ゲルの調理学的研究 (第3報) 分離タンパク質, 大豆油を用いた澱粉ゲルの材料配合比による影響, *SAGO PALM*, **6**, 1-9 (1998)
- 6) Scheffé, H.: Experiments with Mixtures, *J. R. Stat. Soc. Ser. B.*, **20**, 344-360 (1958)
- 7) 松元文子, 吉松藤子: 『三訂調理実験』, 柴田書店, 東京, 63 (1977)
- 8) 中濱信子, 大越ひろ, 森高初恵: 『おいしさのレオロジー』, 弘学出版, 東京, 70 (1997)
- 9) 古川秀子: 『おいしさを測る, 官能検査の実際』, 幸書房, 東京, 43 (1994)
- 10) 小島隆寿, 山浦 勲, 熊谷哲夫: 大豆蛋白および油脂含量の比較的高い澱粉ゲルのゲル強度, *澱粉科学*, **33**, 183-190 (1986)
- 11) 佐藤恵美子, 三木英三, 合谷祥一, 山野善正: 胡麻豆腐の粘弾性と微細構造に及ぼす胡麻の添加量の影響, *日食工誌*, **42**, 871-877 (1995)
- 12) 蒲谷裕美, 河村フジ子: 牛乳およびその分別成分を添加した米粉ゲルのレオロジー的特性, *家政誌*, **48**, 783-788 (1997)