Japan society of Home Economics

日本家政学会誌 Vol. 54 No. 6 457～468 (2003)

ブラマンジェ様澱粉ゲルの物性および官能評価に及ぼす大豆タンパク質添加の影響（第1報）
添加量，添加方法の影響

平尾和子，渡辺篤二*，高橋節子

（共立女子大学家政学部，*都立食品技術センター）

原稿受付平成14年3月15日；原稿受理平成15年3月11日

Effects of Added Soybean Protein Isolate and Soymilk Powder on the Physical Properties and Sensory Evaluation of a Blanc-mange Type of Starch Gel (Part 1)
Effects of the Additive Concentration and Addition Method

Kazuko HIRAO, Tokuji WATANABE* and Setsuko TAKAHASHI

Faculty of Home Economics, Kyoritsu Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8433
** Tokyo Metropolitan Food Technology Research Center, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0025*

Blanc-mange was prepared from starch (sago, corn, or potato) with added soybean protein isolate (SPI) or soymilk powder (SMP). SPI or SMP was added to the starch as a powder (the powder method) or as a suspension prepared by boiling for 5 min and then cooling (the suspension method). The effects on the viscosity of the dispersion during heating, gel texture, mold-shape retention, and color tone were investigated. The effects of the additive concentration of SPI or SMP and the addition method were also examined by a sensory evaluation. Increasing the additive concentration of SPI to any starch suspension decreased the pasting temperature, and promoted swelling and gelatinization. In regard to the mold-shape retention of the starch gel with added SPI or SMP, the corn starch gel was inferior to the control gel, and the potato starch gel was superior to the control gel. When SPI or SMP was added to sago starch, the gel had low adhensive characteristics. The sago and corn starch gels with SPI added by the suspension method had decreased springiness, cohesiveness, and adhesiveness. A concentration of 5% for both SPI and SMP was preferred by the sensory evaluation. Blanc-mange with added SPI was preferred for its appearance, firmness and springiness, and the gel with added SMP was evaluated well for its smoothness and good taste. The suspension method was evaluated as being better than the powder method for the resulting flavor and smooth texture.

(Received March 15, 2002; Accepted in revised form March 11, 2003)

Keywords: sago starch サゴ澱粉，blanc-mange ブラマンジェ，soybean protein isolate 分離大豆タンパク質，soymilk powder 粉末豆乳，textural properties テクスチャー特性，sensory evaluation 官能評価.

1. 緒　言

澱粉に牛乳，蔗糖を加えて加熱糊化させたのち冷却して作られる澱粉ゲル，すなわち英国風ブラマンジェ[1]には，通常ゲル形成性の良いとうもろこし澱粉が用いられる．ブラマンジェについてはこれまでに高橋ら[2]により加熱方法が検討され，高野ら[3]によって力学的性質が検討されてきたが，サゴ澱粉を用いたブラマンジェについて理化学的特性やテクスチャー，食味特性を合わせて検討した例は見当たらない．サゴ澱粉はサゴヤシの樹幹に多量に蓄積する澱粉で，とうもろこし澱粉と馬鈴薯澱粉の中間の理化学的性質を持つと言われている．ゲル化しやすく[4]，安価である[5]ことから，ブラマンジェを調製する澱粉として利用が期待されている．そこで，本研究ではサゴ澱粉，とうもろこし澱粉，馬鈴薯澱粉を用いてブラマンジェを想定したゲルを調製し，懸濁液の粘度およびゲルの性状を

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

Table 1. Compositions of the soybean protein isolate, soymilk powder and milk

	Protein	Fat	Water	Ash	NSI	pH
Soybean protein isolate	92.0	1.0>	5.0	4.3	50-70	6.3
Soymilk powder	50.0	17.0	4.0	5.0	80	6.8
Milk	2.9	3.3	88.5	0.7	—	—

NSI: nitrogen soluble index.

検討した．またコレステロール低下および高脂血症低下作用，更年期障害の軽減作用などで注目されている大豆タンパク質（分離大豆タンパク質，粉末豆乳）の懸濁液を牛乳の代りに用い，タンパク質の種類による違い，添加量および添加方法について検討を行った．

2. 試料および実験方法

(1) 試　料

試料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㈱，水分16.0%），とうもろこし澱粉（日本食品化工㈱製，水分13.0%），馬鈴薯澱粉（ホクレン㈱中斜里工場製，水分17.6%）を用いた．サゴ澱粉は渋みの除去を目的として精製し，200メッシュの篩に通したものを使用した．各澱粉の使用濃度は調製したブラマンジェを5℃で2時間冷却した時，テクスチャーや保型性が測定できる濃度とし，サゴおよび馬鈴薯澱粉は9 w/w%，とうもろこし澱粉は7 w/w%とした．蔗糖（三井製糖㈱製）はいずれも液量に対して9 w/w%の濃度とした．牛乳は雪印乳業㈱製，分離大豆タンパク質（フジプロ600：以後SPIと略する）はフジピュリナプロテイン㈱製，粉末豆乳（以後SMPと略する）は日本タンパク工業㈱製を用いた．またそれぞれの澱粉に蔗糖と水を加えたものをコントロールとした．Table 1にSPI，SMPおよび牛乳の成分組成を示した．使用したSPIのNSI（水和力）は低いが，分散性は高く，白色であるという特性を持つ．

(2) SPIおよびSMPの添加量の検討

SPIおよびSMPを牛乳のタンパク質含量と同濃度になるように換算すると，SPIは3 w/w%，SMPは5.6 w/w%であった．そこで，SPIは3～10 w/w%，SMPは5～8 w/w%の濃度範囲で検討を行った．

(3) SPIおよびSMPの添加方法

SPI，SMPの添加方法は粉末のまま添加する方法（以下，粉末法という）および粉末に加水，加熱して懸濁液の状態で添加する方法（以下，液体法という）の2種の方法を用いた．液体法は粉末添加と同濃度になるようにSPIあるいはSMPに蒸留水を加えて混合しながら加熱し，沸騰後さらに5分間加熱を続け，均一な試料とした．加熱終了後25℃に温度を下げてから蒸発量を蒸留水で補正し，使用に供した．

(4) 澱粉ゲルの調製

高橋ら[2]の方法に従ってゲルを調製した．粉末法の場合は，径16 cmの厚手のアルミ鍋に澱粉，蔗糖，SPIあるいはSMPを入れ，蒸留水を加えて混合し，5分間放置し均一な試料とした．液体法は同種の鍋に澱粉，蔗糖を入れ，室温まで冷却したそれぞれの懸濁液を加えて混合し，5分間放置した．水（コントロール）および牛乳で調製する場合は液体法と同様に混合した．いずれも電熱器1,200 Wで加熱を行い，毎分120回で手動撹拌を行った．沸騰後3分間加熱した後，蒸発量が15%になるように熱湯で調整し，レオロメーター容器（径5.6 cm×2.0 cm）に25 g，タンバール型（径5.6 cm×6.5 cm）に25 gあるいは50 gずつ分注した．15分間氷中で荒熱を取った後，5℃で2時間あるいは24時間冷却し，測定用試料とした．

(5) 測定方法

1) 粘度測定

加熱過程の粘度変化はブラベンダーアミログラフVS6E型（西独・ブラベンダー社）を用いた．粉末法の場合は予めボールに澱粉，SPIあるいはSMPを入れ，蒸留水を加えて混合し，均一な試料として測定容器に注入した．液体法は澱粉にSPIあるいはSMPの懸濁液を均一に混合してから，測定容器に注入した．測定は25℃で10分間予備撹拌を行った後，毎分1.5℃で92.5℃まで昇温させ，92.5℃で10分間恒温保持後，毎分1.5℃で25℃まで降温させた．得られたアミログラムから，粘度上昇開始温度，最高粘度，ブレークダウンおよび冷却25℃の粘度を求めた．

2) 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RMT 1300（アイテクノ㈱）を用いて行った．5℃で24時間冷却したゲルは室温で中心部温度が20℃になってから，

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

直径30 mmのプランジャーを用い，感度電圧7 V，圧縮率80%で圧縮試験を行った．2回の圧縮曲線から硬さ，凝集性，付着性，弾力性を解析した．すなわち，硬さ（g）は第1回目咀嚼のピークの高さをg数で表した．凝集性は第1回目に対する第2回目の咀嚼ピークの面積の比（A_2/A_1）で表した．付着性は第1回咀嚼のピーク後に示されるマイナス方向のピークの面積（A_3）を感度電圧で除して（$A_3/7$）求めた．弾力性は第1回咀嚼の始めからピークまでの距離（a_1）に対する第2回咀嚼のそれ（a_2）の比（a_2/a_1）で示した．

3） 保 型 性

保型性は松元と吉松[6]の方法に準じて歪率で表した．タンバール型に50 g分注した試料を5℃で24時間保冷し，測定時に室温23℃で50分間放置した後，中心部に竹串を立てて高さを計り，型から取り出して1分後に再び高さを測定した．保型性は次式により求めた．

$$保型性=(a-b)/a\times100 \quad (1)$$

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

4） 色調の測定

澱粉ゲルの色調は測色色差計（日本電色工業㈱，Z-1001 DP）を用いた．調製したゲルを付属セル（直径3 cm，高さ1 cm）に隙間なく詰め，5℃で24時間冷却してから反射光によるL値（明度），a値（赤味），b値（黄味）およびハンター白度（W）を測定した．

5） 官能評価

i）SPIおよびSMPの添加量についての評価

順位法を用いてSPIは3，5 w/w%，SMPは5，5.8 w/w%の添加量について官能評価を行った．試料はタンバール型に25 gずつ入れて24時間冷却したものとした．SPIあるいはSMPの添加濃度の異なる3つのゲルを白い皿にのせ，ブラマンジェとして好ましいと思われる順番を記入させた．測定項目は外観，色，味，口ざわり，硬さ，弾力性，総合評価とし，同じ実験を3回繰り返し行った．官能評価後に添加濃度についての聞き取り調査を行った．パネルは本学食物学科学生および教員の6名で行った．

ii）SPIおよびSMPの添加方法の評価

2点嗜好試験法を用いてSPIおよびSMPの添加方法について官能評価を行った．SPI，SMPそれぞれについて，粉末法および液体法で調製したゲルを白い皿に2つのせ，外観，色，味，口ざわり，硬さ，弾力，総合評価の項目でブラマンジェとして好ましいゲルに丸印をつけてもらい，評価を行った．パネルは本学食物学科学生および教員の11名で行った．

3. 結果および考察

(1) SPIおよびSMPの添加量の検討

1） SPIの添加量が粘度に及ぼす影響

Table 2に各種澱粉にSPIを3～10 w/w%混合した場合と水，牛乳で調製した場合の粘度特性値を示した．サゴ澱粉分散液の粘度上昇開始温度は牛乳で調製した分散液よりも低下し，SPIの添加濃度が増すに従い，粘度上昇開始温度はさらに低下した．SPIを添加したとうもろこし澱粉分散液では粘度上昇開始温度が9～15℃低温側に移行したが，馬鈴薯澱粉分散液では低下の度合が緩慢であった．またSPIを添加したサゴおよびとうもろこし澱粉分散液の最高粘度は水で調製したコントロールよりも大となり，SPIの添加濃度が増すに従って顕著に増加した．馬鈴薯澱粉にSPIを添加した分散液では，コントロールよりも低い値を示した．小島ら[7]はとうもろこし澱粉にSPIを添加した場合，粘度上昇開始温度が濃度に従って除々に低下したと報告し，高橋と渡辺[8]もとうもろこし澱粉にSPIを添加した場合，無添加よりも低温側で偏光十字の消失や粒の膨潤が現れると報告している．サゴ澱粉およびとうもろこし澱粉はSPIの添加により，粘度上昇開始温度の低下，最高粘度の上昇がみられたことから，澱粉粒の膨潤・糊化が早まったと考えられた．しかし，馬鈴薯澱粉にSPIを添加した分散液における粘度上昇開始温度の低下，最高粘度およびブレークダウンの減少がみられたことから，高橋と渡辺[8]の報告と同様に，馬鈴薯澱粉はSPIの添加により澱粉粒の膨潤が抑制されたと考えられた．冷却25℃の粘度はSPIの添加濃度が高く，ブレークダウンが大きく示された馬鈴薯澱粉，サゴ澱粉分散液が高く示された．これはブレークダウンを示すときに澱粉粒から溶出したアミロース分子や崩壊した澱粉粒，残存した澱粉粒と熱変性されているタンパク質分子が撹拌されながら，冷却され，複雑な内部構造を作るためと推察された．SPIを8，10 w/w%添加した分散液の最高粘度，ブレークダウン，冷却25℃の粘度は，いずれの澱粉においても急激に増加した．

2） SMPの添加量の相違による粘度変化

Table 2に各種澱粉にSMPを5，8 w/w%添加した場合のアミログラム特性値を示した．いずれの澱粉分散液においても粘度上昇開始温度はSMPの添加，あるいは添加濃度によって大きな違いはみられなかった．

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

Table 2. Viscous properties of each starch suspension with added milk, soybean protein isolate and soymilk powder

Starch		Pasting temperatur (℃)	Maximum viscosity (B.U.)	Breakdown (B.U.)	Viscosity at 25℃ (B.U.)
Sago	Water	70±0.4	990±40	570±14	1,070±54
	Milk	74±0.2	1,270±70	590±58	1,670±98
	3% SPI	70±0.2	1,450±28	580±35	2,270±14
	5% SPI	67±0.9	1,930±22	800±20	3,200*
	8% SPI	61±0.2	2,940±28	1,520±18	3,200*
	10% SPI	58±0.6	3,200*	—	3,200*
	5% SMP	71±0.2	810±10	190±21	1,180±17
	5.6% SMP	71±0.2	830±10	200±4	1,200±7
	8% SMP	68±0.1	1,020±28	220±7	1,430±40
Corn	Water	79±0.6	250±15	25±1.8	450±20
	Milk	75±0.8	340±22	10±2.0	900±70
	3% SPI	70±0.8	590±28	207±34	926±14
	5% SPI	69±0.4	890±7	350±18	1,300±20
	8% SPI	67±0.2	1,360±15	640±20	1,870±80
	10% SPI	64±0.4	1,900±22	1,020±32	2,920±70
	5% SMP	70±0.3	210±12	30±15	540±14
	5.6% SMP	69±0.4	206±15	26±5	520±80
	8% SMP	71±0.4	240±20	15±13	660±60
Potato	Water	62±0.4	2,700±17	2,010±20	1,440±14
	Milk	64±0.4	1,890±14	820±18	2,060±20
	3% SPI	62±0.2	2,140±14	900±18	2,360±40
	5% SPI	62±0.2	2,460±22	1,030±14	3,200*
	8% SPI	57±0.1	3,200*	—	3,200*
	10% SPI	53±0.2	3,200*	—	3,200*
	5% SMP	62±0.2	620±22	—	1,510±7
	5.6% SMP	62±0.2	620±15	—	1,460±90
	8% SMP	63±0.1	820±12	—	1,580±20

SPI: soybean protein isolate; SMP: soymilk powder; * Greater than 3,200 B.U.

サゴおよびとうもろこし澱粉分散液の最高粘度はコントロールに比べて低下したが，SMP 8 w/w%の添加によってコントロールと同程度の最高粘度を示した．馬鈴薯澱粉はSMPを加えることによりブレークダウンが消失し，粘度が除々に上昇する曲線を示した．これはSMP中の脂質の存在によって馬鈴薯澱粉は澱粉粒の膨潤，糊化が遅延されるため[7)~9)]と考えられた．冷却25℃の粘度はサゴ澱粉分散液においてSMPの濃度が増すに従って上昇したが，他の澱粉では大きな違いは認められなかった．また牛乳と同じタンパク質含量であるSMP 5.6 w/w%を添加したサゴおよびとうもろこし澱粉では，最高粘度および冷却25℃の粘度が牛乳で調製した方が顕著に高くなった．粘度の変化には澱粉の種類だけでなく，タンパク質の種類[9)]およびその添加量が大きく関わっているものと推察された．

3) SPIの添加濃度における物性の変化

Fig. 1にとうもろこし澱粉にSPIを3～10 w/w%添加した澱粉ゲルを2時間あるいは24時間冷却した場合の硬さ，付着性，弾力性および保型性を示した．SPI 3，5 w/w%の添加では両冷却時間ともゲルの硬さ

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

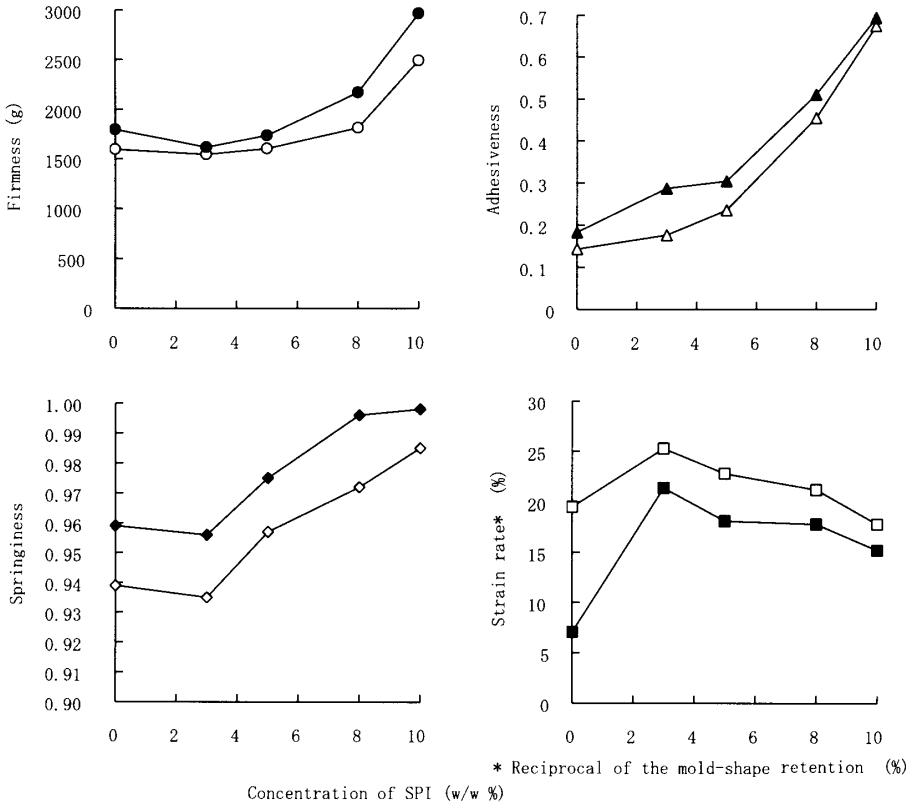

Fig. 1. Physical properties of the corn starch gel with various additive concentrations of the soybean protein isolate

○, △, ◇, □: cooling time of 2 h (5℃); ●, ▲, ◆, ■: cooling time of 24 h (5℃).

に差はみられなかったが，8，10 w/w%添加では硬さが急激に増加した．Table 2に示すようにとうもろこし澱粉にSPIを8，10 w/w%添加した澱粉分散液の最高粘度，ブレークダウン，冷却25℃の粘度がコントロールに比べて有意に増加したことから，ゲルの硬さが硬くなったものと考えられた．付着性はSPI 5 w/w%を境に急激に増加がみられ，弾力性はSPI 3 w/w%以上の添加により増加が著しく，8，10 w/w%添加ゲルの弾力性は24時間冷却した場合，1.0に近い弾力性に富むボティーとなった．保型性は歪率で示しているため，値が小さいほど保型性が良いことを示す．SPIを添加した場合のゲルの保型性はSPI無添加に比べて低下したが，SPIの添加量を5，8，10 w/w%と増すに従い，保型性は改善された．冷却24時間のゲルの硬さ，付着性，弾力性，保型性はともに2時間に比べて大であった．

4) 澱粉ゲルの明度および色調

Fig. 2にとうもろこし澱粉にSPIおよびSMPを添加したゲルの*L*値（明度），*a*値（赤味），*b*値（黄味）を示した．いずれの澱粉にSPI，SMPを添加したゲルはともに，牛乳を添加したゲルに比べて*L*値は低くなったが，SPI，SMPの添加濃度を増すとともに明度も増加した．また，*L*値はSMP添加ゲルの方がSPI添加ゲルに比べて高くなった．SPI，SMPを加えたゲルの*a*値は，いずれの澱粉においても牛乳と同様にマイナスの値を示し，青味があるゲルであった．また無添加のサゴ澱粉ゲルの*a*値だけがプラスの値を示したが，これはサゴ澱粉がうすいピンク色をしているため[5]と考えられた．しかし，SPIあるいはSMPの添加によってサゴ澱粉特有のうすいピンク色は消され，*b*値はSPI，SMPの添加濃度が増すに従って増加し，黄色味を増す傾向がみられた．特にSMPを添加したゲルの*b*値はSPIを添加したゲルよりも大きく，黄色味の強いゲルとなった．これは今回使用したSPIが白い分離大豆タンパク質であるのに対し，SMPは濃い黄色を示すことによるものと考えられた．

以上のことから，とうもろこし澱粉に砂糖を加え，牛乳で調製したものを基本的なブラマンジェとすると，SPI，SMPの添加量を多くして*L*値を上昇させ，SPIを5，8 w/w%添加，あるいはSMPを5 w/w%添加し

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

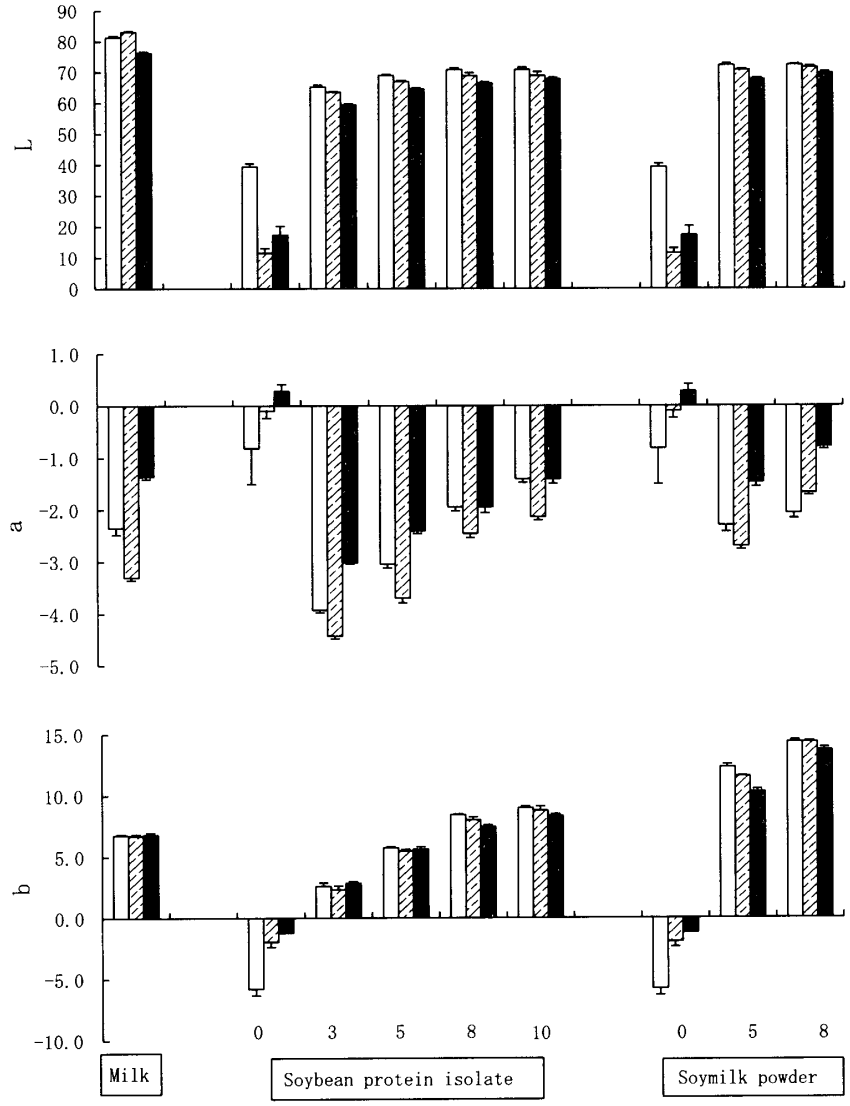

Fig. 2. Effect on color tone of different additive concentrations of the soybean protein isolate and soymilk powder to each starch gel
□ corn starch, ▨ potato starch, ■ sago starch.

て *a* 値，*b* 値を調整することによって，牛乳で調製したゲルに近い値を示すことができると考えられた．

5)　SPI および SMP の添加量についての官能評価

予備実験で SPI を 3～10 w/w% あるいは SMP を 5～8 w/w% 添加した澱粉ゲルを調製して試食したところ，8 w/w% 以上添加したゲルは，硬く，ざらつきが感じられ，大豆臭，黄色味が非常に強く，好まれない結果となった．そこで SPI を 3 w/w% と 5 w/w%，SMP を 5 w/w% と 5.6 w/w% 添加したゲル，水（コントロール）および牛乳を用いたゲルの 6 サンプルで官能評価を行った．しかし，いずれの澱粉においても牛乳で調製したブラマンジェが各項目ともに有意に好まれる結果を示し，大豆タンパク質の種類および添加濃度による有意差は認められなかった．そこで，牛乳で調製したブラマンジェを除いた 5 サンプルについて官能評価を行い，結果を Table 3 に示した．サゴ澱粉ゲルにおいては外観，色，硬さ，弾力性の項目において SPI，SMP の添加濃度による有意な差はみられなかったが，味の項目では SMP 5 w/w% 添加ゲルが，滑らかさでは SMP 5.6 w/w% 添加ゲル，総合評価では SPI 5 w/w% 添加のゲルが 1% の危険率で有意に好まれた．とうもろこし澱粉は外観，色の項目では SPI 3 w/w% の添加ゲルが，硬さ，弾力性の項目では SPI 5 w/w% 添加ゲルが，味，滑らかさの項目では SMP 5.6 w/w% 添加ゲルが有意に好まれた．馬鈴薯澱粉に SPI を添加した場合，色の項目では SPI 3 w/w% の添加ゲルが，

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

Table 3. Sensory evaluation with different additive concentrations of the soybean protein isolate (SPI) and soymilk powder (SMP) to each starch gel

Starch	Parameter	Water	Soybean protein		Soymilk powder	
			3 w/w%	5 w/w%	5 w/w%	5.6 w/w%
Sago	Appearance	28**	16	12	15	19
	Color	30**	13	15	15	18
	Taste	30**	18	19	9**	14
	Mouthfeel	24	22	18	17	9**
	Firmness	25	16	16	20	13
	Springiness	27**	15	13	21	14
	Overall evaluation	30**	15	9**	15	17
Corn	Appearance	23	8**	14	24	21
	Color	29**	9**	16	18	18
	Taste	24	19	21	13	9**
	Mouthfeel	26	16	25	14	9**
	Firmness	27**	19	10*	18	16
	Springiness	29**	17	9**	18	17
	Overall evaluation	29**	12	16	18	15
Potato	Appearance	24	12	10*	19	25
	Color	30**	8**	12	19	21
	Taste	30**	22	15	8**	15
	Mouthfeel	28**	22	16	9**	15
	Firmness	28**	17	9**	20	16
	Springiness	26**	17	10*	17	20
	Overall evaluation	30**	16	8**	15	21

Evaluated by the ranking method ($n=6$). This test had taken 3 times. Significantly different at $^{*}p<0.05$, $^{**}p<0.01$.

外観，硬さ，弾力性，総合評価の項目ではSPI 5 w/w%添加ゲル，滑らかさ，味の項目ではSMP 5 w/w%添加ゲルが1%の危険率で有意に好まれた．このように澱粉の種類によって評価が異なったが，SPIを添加したゲルでは外観，色，硬さ，弾力性，総合評価において，SMPを添加したゲルでは滑らかさ，味の項目において好まれると結果となった．これはSPIを添加したゲルは色が白く，形もきれいであるのに対して，SMPを添加したゲルは黄色味の強い色調で，軟らかく，ブラマンジェの外観を想定して評価した場合，これらの項目に対しての評価が低くなったと考えられる．またSMPにはタンパク質だけではなく脂質が含まれているため（Table 1），味や滑らかさなどの食味の項目においてSMP添加ゲルが好まれる結果になったと推察された．また官能評価のあとにSPI，SMPそれぞれの添加量について聞き取り調査したところ，SPI，SMPのいずれも5 w/w%の添加が好ましいとする意見が多く，以後の実験はSPI，SMP共に5 w/w%の濃度を用いることにした．

(2) SPIおよびSMPの添加方法について

1) 添加方法による粘度変化

SPI，SMPを粉末法および液体法で各種澱粉に加えた場合のアミログラムをFig. 3に示した．いずれの澱粉もSPIを添加した澱粉分散液のアミログラムは最高粘度を示したあとにブレークダウンを生じ，冷却に伴って除々に粘度が上昇する曲線を示した．SPIを液体法で加えたものは粉末法に比べていずれの澱粉分散液においても最高粘度，ブレークダウン，冷却25℃の粘度が低くなった．これはSPIを加熱して熱変性が終了したタンパク質を澱粉に添加する場合（液体法）と，澱粉粒の膨潤・糊化と同時にタンパク質の変性がおこる場合（粉末法）によって，澱粉の網目構造の生成に

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

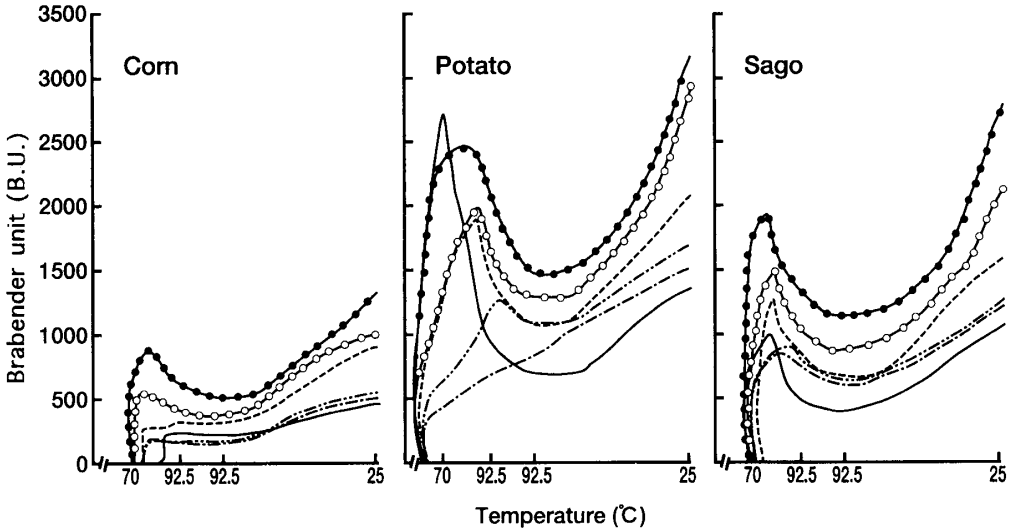

Fig. 3. Amylograms of the starch gels with the soybean protein isolate and soymilk powder added by the powder method and suspension method

—— water, - - - - milk, -●-● 5 w/w% SPI (powder method), -○-○ 5 w/w% SPI (suspension method), —·— 5 w/w% SMP (powder method), —··— 5 w/w% SMP (suspension method).

違いができたためと推察される．これらのことに関しては今後さらに検討したいと考えている．一方，SMPを添加した分散液では，澱粉の種類によってアミログラムが異なった．すなわち，サゴ澱粉分散液ではSPIと同様に最高粘度，ブレークダウンを示したあとに除々に粘度が上昇し，とうもろこし澱粉分散液ではブレークダウンをほとんど示さずに除々に粘度が増加する曲線を示した．しかし，サゴおよびとうもろこし澱粉分散液においてはSMPの添加方法による大きな差は認められなかった．馬鈴薯澱粉分散液では粉末法でSMPを添加した場合，粘度が除々に上昇する曲線となったが，液体法では最高粘度が遅く現れる曲線を描いた．

2) 添加方法によるゲルのテクスチャー特性値

Fig. 4AにSPIおよびSMPを粉末法と液体法で加えて調製したゲルの硬さを示した．SPIを添加したゲルの方がSMPを添加したものよりも硬いゲルを形成した．これはSMPがSPIに比べてタンパク質含量が少なく，脂質を含む（Table 1）ことと関連があると考えられる．粉末法でSPIを加えたサゴおよびとうもろこし澱粉ゲルでは，液体法で添加したものよりも硬いゲルとなったが，馬鈴薯澱粉ゲルでは添加方法の違いによる硬さに大きな差は認められなかった．SMP-馬鈴薯澱粉ゲルは粉末法で添加したものが液体法に比べて硬くなる傾向がみられたが，サゴ，とうもろこし澱粉ゲルでは添加方法による大きな差は認められなかった．またゲルの硬さが硬いものはアミログラフによる冷却25℃の粘度が高いものであった．これは冷却25℃の粘度は澱粉の老化度を示すためと考えられ，ゲルの硬さと関連がみられた．

Fig. 4Bに弾力性の結果を示した．サゴ澱粉にSPI，SMPを粉末法で添加したゲルは，他の澱粉に比べて弾力性が大となった．また液体法で添加したSPI-サゴ澱粉ゲルでは粉末法よりも弾力性は小さい値を示した．

Fig. 4Cに凝集性の結果を示した．SPI-サゴ澱粉ゲル，SMP-とうもろこし澱粉ゲルの凝集性は，液体法で添加した方が粉末法より低下した．このように大豆タンパク質の添加方法により硬さ，弾力性，凝集性に差がみられたのは，液体法で添加した場合，熱変性したタンパク質とともに澱粉が膨潤，糊化するが粉末法ではタンパク質の変性と澱粉の膨潤，糊化が同時におこるため，粉末法の方がゲルの内部構造は比較的緻密に形成されるためとも考えられた．

Fig. 4Dに付着性の結果を示した．とうもろこし澱粉ゲルでは牛乳，SPIあるいはSMPの懸濁液においても付着性は大きい値を示した．これはとうもろこし澱粉の澱粉濃度が他の澱粉濃度よりも低かったためとも考えられる．しかし，SPI，SMPのいずれの添加方法においてもサゴ澱粉ゲルが最も付着性が少ないゲルとなった．

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

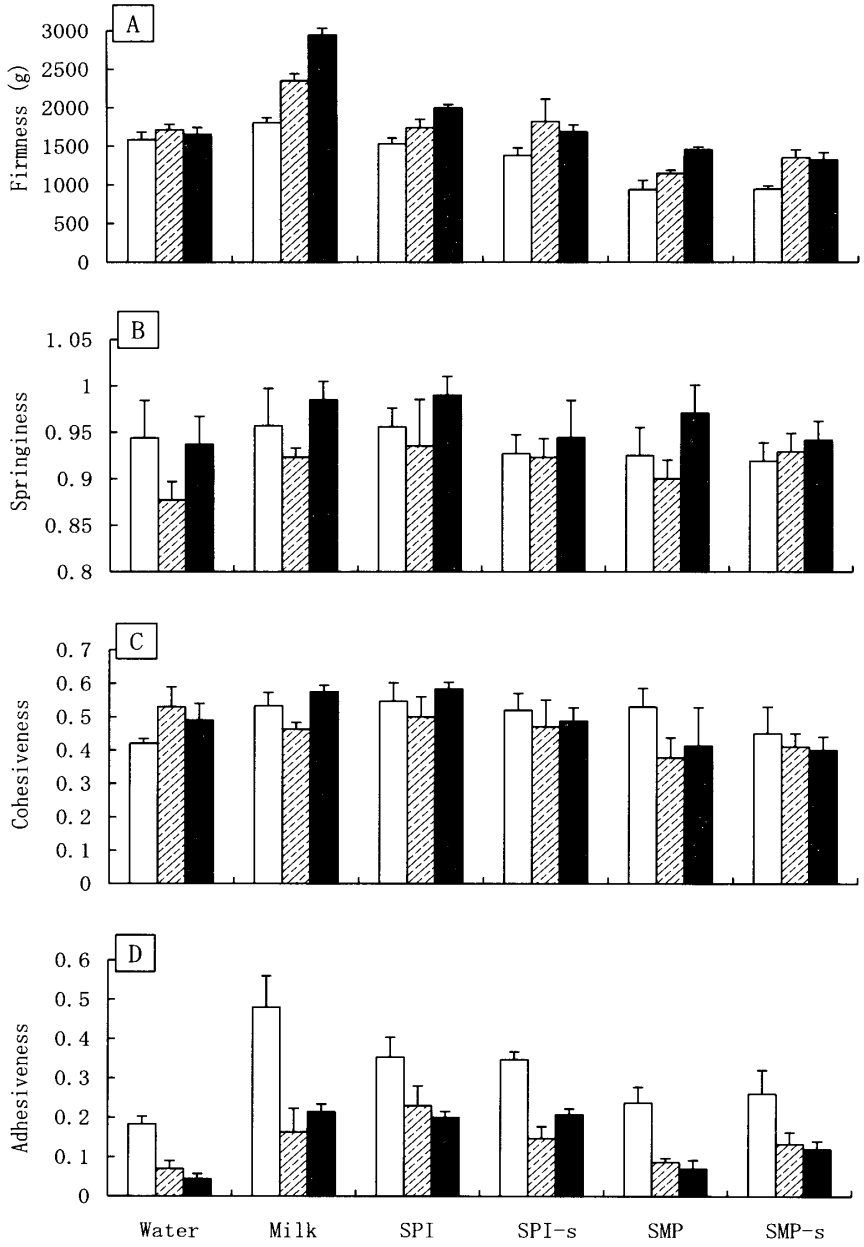

Fig. 4. Textural properties of the starch gels with the soybean protein isolate and soymilk powder added by the powder method and suspension method

□ corn starch, ▨ potato starch, ■ sago starch. Each gel was cooled at 5℃ for 24 h. SPI: soybean protein isolate (5 w/w%); SMP: soymilk powder (5 w/w %); s: suspension method.

3) 保 型 性

Fig. 5 に歪率で示した保型性の算出結果を示した．SPI，SMP を粉末法，液体法で加えたゲルは，牛乳で調製したものに比べて，いずれの澱粉においても歪率は増加し保型性が低下した．またサゴ澱粉では SPI，SMP ともに液体法が粉末法よりも保型性は低下したが，馬鈴薯澱粉ゲルでは逆に粉末法が保型性の低下が大であった．とうもろこし澱粉に牛乳，大豆タンパク質などのタンパク質を添加したものは，コントロールに比べていずれも保型性は低下したのに対し，馬鈴薯澱粉ゲルはコントロールに比べて保型性が向上した．馬鈴薯澱粉は他の澱粉と比べて膨潤，糊化が早くおこ

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

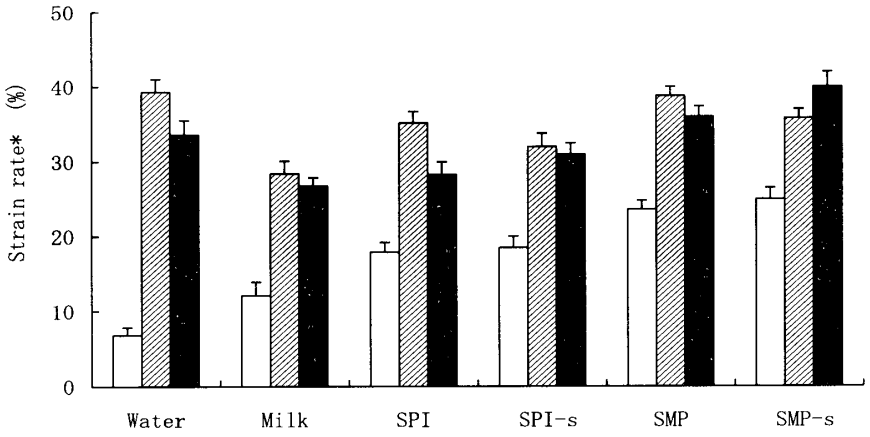

Fig. 5. Mold-shape retention of the starch gels with the soybean protein isolate and soymilk powder added by the powder method and suspension method

corn starch, potato starch, sago starch. *Reciprocal of the mold-shape retention (%). Each gel was cooled at 5℃ for 24 h. SPI: soybean protein isolate (5 w/w%); SMP: soymilk powder (5 w/w%); s: suspension method.

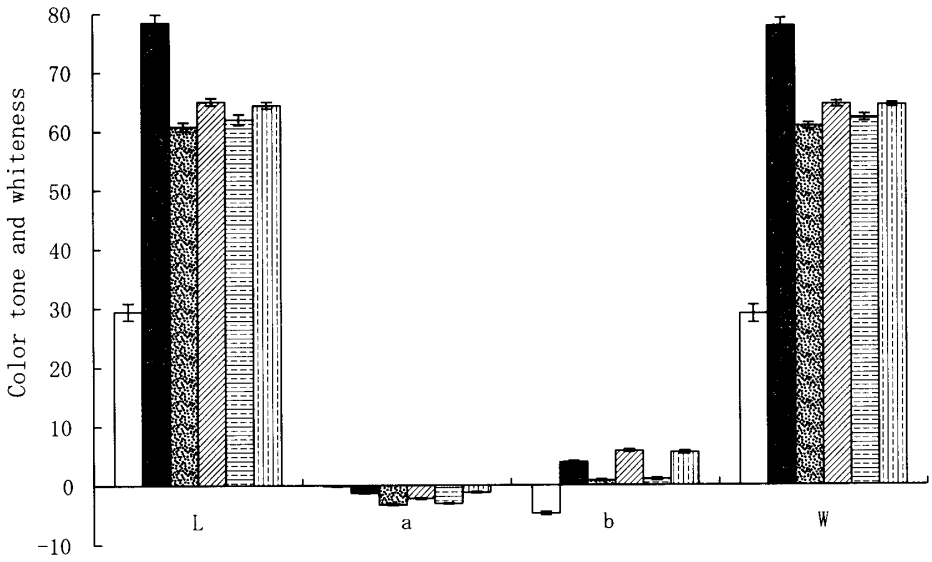

Fig. 6. Difference in color tone by different methods for adding the soybean protein isolate (SPI) and soymilk powder (SMP)

water, milk, 5 w/w% SPI (powder method), 5 w/w% SMP (powder method), 5 w/w% SPI (suspension method), 5 w/w% SMP (suspension method). Each gel was cooled at 5℃ for 24 h.

り，老化しにくい澱粉である．熱変性したタンパク質の存在により，内部構造が補強されるため，いずれの方法で添加した大豆タンパク質においても保型性が増したとも考えられた．

4)　添加方法の違いによる色調の変化

Fig. 6 にサゴ澱粉に SPI および SMP を粉末法，液体法で添加したゲルの 24 時間冷却後の色調を示した．SPI，SMP を液体法で添加した場合，ゲルの *L* 値，*a* 値，*b* 値およびハンター白度は粉末法に比べて正の方向に増加する傾向がみられた．これは添加方法の違いにより，澱粉の網目構造の生成に違いが生じ，色調や白度に違いが出たと考えられた．また SPI，SMP を液体法で添加した時の *a* 値，*b* 値は牛乳で調製したものと近い値を示したが，*L* 値，ハンター白度は大きく異

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

Table 4. Sensory evaluation of the starch gels resulting from different addition methods for the soybean protein isolate (SPI) and soymilk powder (SMP)

Starch	Parameter	Soybean protein isolate		Soymilk powder	
		Powder method	Suspension method	Powder method	Suspension method
Sago	Appearance	4	7	3	8
	Taste	2	9	2	9
	Mouthfeel	5	6	0	11**
	Firmness, springiness	1	10*	0	11**
	Overall evaluation	1	10*	0	11**
Corn	Appearance	1	10*	3	8
	Taste	2	9	1	10*
	Mouthfeel	0	11**	3	8
	Firmness, springiness	4	7	1	10*
	Overall evaluation	1	10*	1	10*
Potato	Appearance	2	9	1	10*
	Taste	0	11**	4	7
	Mouthfeel	1	10*	3	8
	Firmness, springiness	3	8	3	8
	Overall evaluation	0	11**	4	7

Evaluated by the paired preference method ($n=11$). Significantly different at $^{*}p<0.05$, $^{**}p<0.01$. The added concentration of both the soybean protein isolate and soymilk powder was 5 w/w%.

なった．とうもろこしおよび馬鈴薯澱粉ゲルにおいてもSPI，SMPの添加方法による色調および白度の値は，サゴ澱粉と同様の傾向を示した．

5） 添加方法についての官能評価

Table 4にSPIとSMPの添加方法について二点嗜好試験法の結果を示した．いずれの澱粉ゲルにおいてもSPIを液体法で添加した方が粉末法に比べて口ざわり，総合評価の項目で有意に好まれた．とうもろこしおよび馬鈴薯澱粉ゲルではその項目以外に，外観や味においても有意差が認められ，SPIは液体法の方が好まれる傾向がみられた．一方，SMPの場合もサゴおよびとうもろこし澱粉ゲルにおいて味，口ざわり，硬さ，弾力性，総合評価の項目で有意に好まれる傾向を示した．また，馬鈴薯澱粉にSMPを液体法で添加した場合に外観が有意に好まれたが，これは液体法の添加でゲルの保型性が向上したことと関連があると思われた．サゴ澱粉では粉末法で添加したゲルの硬さが液体法で添加したゲルよりも大であり，保型性も向上したが，官能評価では有意に好まれなかった．官能評価では滑らかな口ざわりなどの食味の方が嗜好に影響を与えると考えられた．

粉末法は粉を加えただけですぐに調製できるため，調理操作のしやすさからは粉末法が良いと思われるが，大豆タンパク質を一度加熱してから添加する液体法が食味，食感の面からは良い添加方法と考えられた．

4. 要　約

サゴ，とうもろこしおよび馬鈴薯澱粉に，分離大豆タンパク質（SPI）および粉末豆乳（SMP）を用いてブラマンジェを想定したゲルを調製した．SPI，SMPの添加方法は粉末法と液体法を用い，アミログラムによる粘度特性，ゲルのテクスチャー，保型性，色調および官能評価に及ぼす影響を検討した．

1） SPIの添加濃度が増すに従って，いずれの澱粉分散液も膨潤，糊化が早まり，冷却25℃における粘度が増加したが，SMP添加による影響は少なかった．

2） SPIの添加量が増すに従って，とうもろこし澱粉ゲルの硬さ，付着性，弾力性および保型性が増加した．

NII-Electronic Library Service

Japan society of Home Economics

3) 官能評価からSPIおよびSMPの添加量は液量に対していずれも5 w/w%程度がよく，SPI添加ゲルは外観，色，硬さ，弾力性が好まれ，SMP添加ゲルは滑らかで風味の良いゲルになると評価された．

4) 液体法でSPIまたはSMPを添加したサゴ澱粉ゲルは粉末法に比べて，硬さ，弾力性，凝集性および付着性が低下したのに対し，馬鈴薯澱粉ゲルでは硬さが増加した．

5) SPIまたはSMPを添加した馬鈴薯澱粉ゲルはコントロールに比べて保型性を増したが，とうもろこし澱粉ゲルでは保型性が低下した．サゴ澱粉ではSPIの添加により，保型性は増した．

6) 官能評価による添加方法の比較において，液体法で添加したSPIおよびSMPゲルは口ざわり，総合評価の項目において粉末法よりも好まれた．

試料をご提供頂きました島田化学工業㈱，日本食品化工㈱，ホクレン㈱中斜里工場，フジピュリナプロテイン㈱ならびに日本タンパク工業㈱に厚く御礼を申し上げます．

引 用 文 献

1) 今田美奈子：『お菓子の手作り辞典』，講談社，東京，150 (1979)
2) 高橋節子，美川トク，福場博保：ブラマンジェのレオロジー的研究（第1報）加熱の方法，家政誌，**25**，443-454 (1974)
3) 高野美幸，赤羽ひろ，中浜信子：ブラマンジェの力学的性状，家政誌，**36**，861-866 (1985)
4) 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)
5) 高橋節子，平尾和子：サゴでんぷんの調理・加工特性に関する食文化的研究，共立女子大学家政学部紀要，**38**，17-23(1992)
6) 松元文子，吉松藤子：『三訂調理実験』，柴田書店，東京，63 (1977)
7) 小島隆寿，山浦 勲，熊谷哲男：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)
8) 高橋節子，渡辺篤二：デンプンの調理に関する研究（第2報）大豆タンパク質の添加がデンプンの糊化特性に及ぼす影響，共立女子大学家政学部紀要，**29**，127-140 (1983)
9) 添田孝彦：大豆タンパク質の冷蔵ゲル化におよぼす乳化剤，脂肪酸およびアルコールの影響，日食工誌，**44**，393-399 (1997)

NII-Electronic Library Service