

サゴ澱粉の物性と調理特性

高橋 節子*・平尾 和子*¹・貝沼 圭二*²

* 共立女子大学家政学部 〒101 東京都千代田区一ツ橋 2-2-1

¹ 山形大学農学部 〒997 山形県鶴岡市若葉町 1-23² 農林水産省国際農林水産業研究センター 〒305 茨城県つくば市大わし 1-2

要 約 熱帯地域の人々の主食として用いられてきたサゴ澱粉の利用特性について、理化学的ならびに調理科学的に検討した。顕微鏡観察、粘度および膨潤力・溶解度の測定とともに、アミロース含量およびアミロペクチンの鎖長分布はゲル濾過法により求めた。澱粉の加熱糊化過程および保存中の糊化・老化特性はβ-アミラーゼ・プルラーゼ法によった。澱粉ゲルのレオロジー的性質およびテクスチャーは、クリープメーター、テンシプレッサーを用いて測定した。

調理・加工特性については、食文化的面からハルサメ、ブラマンジェ、くず桜、わらびもち、胡麻豆腐などを調製しサゴ澱粉の利用性を検討した。また、膨化調理についてはマフィンおよびパンをとりあげ、小麦粉の代替としてのサゴ澱粉の利用効果について明らかにした。これらの結果から、サゴ澱粉は理化学的性質からも調理科学的性質からもすぐれた特性をもつことが明らかとなり、純度の高いサゴ澱粉が入手可能ならば、調理・加工面に広く利用できると考えられた。

キーワード サゴ澱粉, 調理特性, 加工特性

Physico-chemical Properties and Cooking Quality of Sago Starch

Setsuko Takahashi*, Kazuko Hirao*¹ and Keiji Kainuma*²

* Faculty of Home Economics, Kyoritsu Women's University

2-2-1, Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101, Japan

¹ Faculty of Agriculture, Yamagata University

1-23, Wakaba-cho, Tsuruoka, Yamagata 997, Japan

² Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Ministry of Agriculture,

Forestry and Fisheries

1-2, Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

Abstract In many tropical countries, sago starch is used as an important staple diet. Some useful properties of sago starch are discussed in this paper.

Physical and chemical properties of sago starch were examined using the following methods. Scanning electron microscopy was used for observing cross sections of the stem of sago palm. Viscography, swelling power, solubility, amylose content and chain length of amylopectin molecules of the starch were determined. Degree of gelatinization and retrogradation during heating of starch and standing the paste were determined by the beta-amylase and pullulanase method. Rheological and textural properties of sago starch were determined by dynamic visco-elasticity and tensipresser.

Cooking quality and processing properties of sago starch were also studied from the interest in food culture. Harusame (mung bean starch noodle), blanc-manger (corn starch pudding), kuzu-zakura (traditional Japanese sweet cake, made by kuzu starch gel and filled with sweetened red bean paste), warabi-mochi (bracken root starch paste) and goma-tofu (sesame seed tofu) were prepared, using sago starch as the substitutes of the original starch materials. Differences in substitution of wheat flour by sago starch for baking were also examined. These results indicated that qualified sago starch could be used as multipurpose cooking starch and also for various processed foods.

Key words: Sago starch, Cooking quality, Processing quality

この特別報告は1994年11月26日に行われた本研究会第2回シンポジウムの発表を基にしている。

はじめに

サゴヤシの幹に蓄積され熱帯地域の人々の主食として用いられてきたサゴ澱粉(佐藤 1967)は、サゴパール[®]の形で市販されタピオカパールとともにゼリーやプディング・スープの浮き身などに用いられてきた(秋山 1966)。これらパール状澱粉は形状や食感の良さから近年とくに注目されている調理素材の一つである。しかし、サゴ澱粉は、従来、研究の対象になることが少なく(矢次 1977)、その性質が十分に解明されているとはいいがたい。著者らは調理素材として各種の澱粉を使用する立場から、サゴ澱粉の性質について、すでに知られているトウモロコシ澱粉や馬鈴薯澱粉、ハルサメの原料としての緑豆澱粉などとの比較実験を行ってきた(高橋ら 1981)。

澱粉はタンパク質や脂質などの共存成分とともに加熱されるほか、菓子類などでは材料の混合で他成分とともに加熱糊化することが多い。しかし、澱粉質食品にタンパク質を加えたときの澱粉の性状に及ぼす影響については十分に知られていない。そこで、澱粉とタンパク質との組合せによる相互の影響を明らかにすることが必要で、大豆タンパク質添加による澱粉ゲルの物性の変化および糊化・老化に及ぼす影響などからサゴ澱粉の利用性を検討してきた(高橋ら 1983a, 高橋・渡辺 1983b)。

また、調理科学の面からは、サゴ澱粉ゲルのレオロジー的性質、製麺特性、サゴ澱粉を用いたブラマンジェのレオロジー的性質、サゴ澱粉の熱的挙動の検討および膨化調理への利用に関する実験を行い、サゴ澱粉の調理や加工面における利用特性を検討してきた。

サゴ澱粉の理化学的性質

1) 顕微鏡観察

サゴ澱粉は楕円形またはその一部が欠けた形のつりがね形で、粒形は10-65 μ と大きく平均31 μ で甘藷澱粉に近い。サゴヤシの幹の横断面をみると中央に大きな導管を有する維管束が存在している。この部分には澱粉粒はみられず少し離れた部分に澱粉が貯蔵されていて、幹中のサゴ澱粉の分布は均一ではない。また、幹中の澱粉粒や幹から取り出された澱粉粒はかなりのものが損傷を受けており、これらの著しい損傷は伐採されたサゴヤシの幹が長期間水中に貯留され微生物の繁殖、酵素反応などにより損傷をうけることによるためと考えられた(高橋ら 1981)。

サゴ澱粉をビスコグラフィで加熱したときの糊化状態を偏光顕微鏡により観察した結果、偏光十字の消失は65°Cで始まりこれは馬鈴薯澱粉よりも10°C高い、70°C

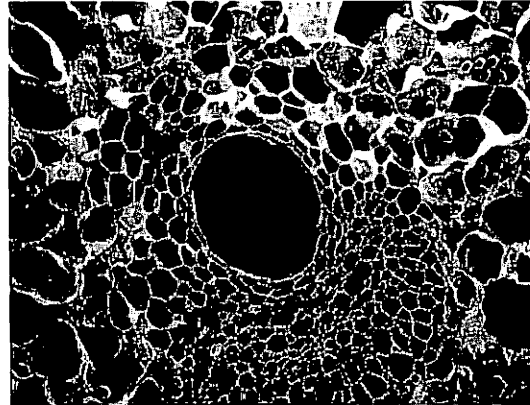


Fig. 1. Cross section of stem of sago palm (SEM) ($\times 50$).



Fig. 2. Starch granules in cells of sago palm (SEM) ($\times 200$).



Fig. 3. Enzymically damaged sago starch granule (SEM) ($\times 1,350$).

では大部分が、75°Cですべての粒の偏光が消失しサゴ澱粉粒は大きく膨潤する。さらに、崩壊した粒の内容物が流出しているものも認められる。92.5°Cで30分間加熱を継続したあとでも澱粉粒の形は残っており、このことはサゴ澱粉が冷却した際にゲル化しやすい性質に結びつくと考えられた。この点、馬鈴薯澱粉は92.5°Cで10分間の加熱により均一に拡散していたことから、馬鈴薯澱粉との違いが明らかであった(高橋・渡辺 1983b)。

2) アミロース含量およびアミロペクチンの鎖長分布・白度

電流滴定法により求めたサゴ澱粉のアミロース含量は26%であり、緑豆澱粉の34%やトウモロコシ澱粉の28%について高く、馬鈴薯澱粉の22%をこえていた。アミロペクチンの鎖長分布は貝沼ら(1978)の報告に準拠し、PseudomonasのIsoamylaseを用いて各々の試料を枝切りし、Toyopearl HW-50のカラムでゲル濾過し溶出曲線を得た(Fig. 4)が、アミロペクチンの長鎖区分に相当す

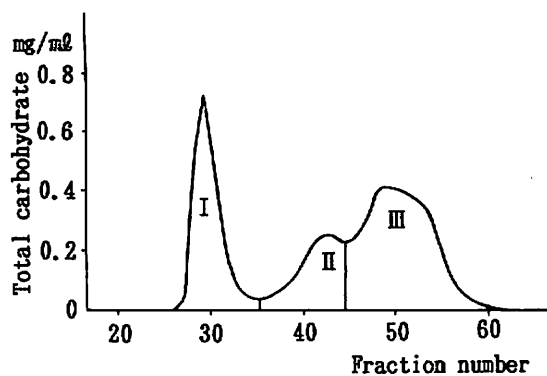


Fig. 4. Unit-chain profile of isoamylase-debranched starch on Toyopearl HW-50.

る Fr. II の値は、サゴ澱粉が21.8%と、甘藷澱粉の26.5%と緑豆澱粉の19.8%の中間の値を示した(Table 1)。また、物性との相関が高いとされている Fr. III / Fr. II の値は、甘藷の2.0に対しサゴ澱粉は2.4と緑豆澱粉に近いなど、サゴ澱粉のアミロペクチンの鎖長分布はキャッサバ澱粉に近似する傾向を示した(高橋・貝沼 1994a, 高橋・平尾 1994b)。

市販のサゴ澱粉は通常色がついていることが多い。サゴヤシ髓は空気にさらされると急激に褐変するが、これはフェノール化合物がポリフェノールオキシダーゼの反応により着色物質を生成するためと考えられる(Okamoto et al. 1988)。水洗を繰り返しても完全に除去できないため、白度は低くなりやすいと考えられる。

3) ビスコグラフィー

澱粉を糊化する際の粘度の変化をブラベンダービスコグラフィーにより求めると、馬鈴薯澱粉は62~63°Cと低温で粘度が出始め、急激に粘度は上昇し最高粘度が高い。しかし、加熱を継続すると粘度は著しく低下し、25°Cまで冷却した時の粘度は低い。トウモロコシ澱粉は粘度上昇開始温度が馬鈴薯澱粉に比べて約10°C高く、最高粘度は低いが粘度の低下は僅かであり、熱安定性の高い糊が得られる。サゴ澱粉は馬鈴薯澱粉に似た粘度曲線を示し、最高粘度は馬鈴薯澱粉について高い。しかも、冷却25°Cの粘度も高く緑豆やトウモロコシと同様にゲル化しやすい澱粉であることを示す(Fig. 5)。なお、サゴ澱粉は品質の差が大きくビスコグラフィーの粘度にも差が認められ、粘度の高いものは分子量が大きく、粘度の低いものは分子量が小さいことが報告されている(Takeda et al. 1989)。これは高分子のものが高粘度を与える直接的な効果の他に、高分子のものが糊化時に膨潤性を高める効果があるものと考えられている(松作 1988)。

Table 1 Amylose contents and amylopectin unit-chain distribution of starch on Toyopearl HW-50

Sample	Amylose ^{a)} contents (%)	Gel filtration fraction of debranched starch			
		Fr. I (%)	Fr. II (%)	Fr. III ^{b)} (%)	Ratio of Fr. III / Fr. II
Mung bean	32.2	30.8	19.8	49.4	2.5
Sago	27.3	25.9	21.8	52.3	2.4
Sweet potato	21.4	19.1	26.5	54.4	2.1

Starches debranched by isoamylase for 18 hrs at 40°C.

a) Amylose content was measured by iodine amperometric titration.

b) The unit-chain profile was divided into three fractions (Fr. I, II, III).

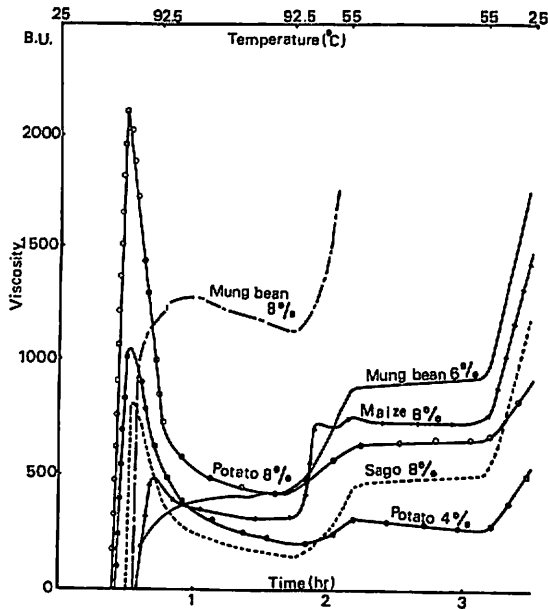


Fig. 5. Viscograms of starches from sago, potato, maize and mung bean.

4) 膨潤力・溶解度

澱粉粒を多量の水の中で加熱する際に、乾燥澱粉 1 g が何 g の水を吸水し、何%の澱粉質が熱水中に溶解するかを、60°C、70°C、80°C および 90°C の各温度別に示したものが膨潤力・溶解度である。馬鈴薯澱粉は 90°C における膨潤力が 100 と大きく溶解度も 100% と高いのに対し、トウモロコシ澱粉は膨潤力が 22、溶解度は 26% と低く 90°C でも膨潤・溶解しにくい澱粉である。サゴ澱粉は膨潤力が 40、溶解度が 53% と根茎澱粉と種実澱粉の中間の値であり、馬鈴薯澱粉について膨潤・溶解しやすい。

5) β-アミラーゼ・プルラーゼ法による糊化度

ビスコグラフィーで調製した糊および一定条件下で糊化させた糊について、β-アミラーゼ・プルラーゼ法(貝沼ら 1981)により糊化度を測定した結果、サゴ澱粉は 70°C 付近で糊化度の急上昇が認められ、馬鈴薯澱粉について低温で糊化しやすいことが示された (Table 2)。しかし、その後はトウモロコシや緑豆の澱粉に近似した緩慢な糊化過程を示し、糊化に要する温度範囲は広い(高橋ら 1983a)。このことは、前述の偏光顕微鏡による観察とよい一致を示している。また、示差走査熱量計 (DSC) による熱的性質の検討において、サゴ澱粉は 62°C で糊化が始

Table 2 Degree of gelatinization^{a)} of starches at various temperatures and the effect of addition of isolated soybean protein on the degree of gelatinization

Heating temperature (°C)	Time (min)	Isolated soybean protein	Starch							
			Potato		Maize		Mung bean		Sago	
			No addition	Addition	No addition	Addition	No addition	Addition	No addition	Addition
55			13	8						
60			21	22						
65			90	67						
70			94	73	36	56	5	9	79	40
75			97	88	59	78	35	51	81	80
80			97	94	77	83	54	70	82	81
85			97	96	86	85	76	—	83	87
90			97	97	90	86	76	72	87	90
92.5			99	98	94	—	86	75	90	90
92.5—10			100	—	94	88	91	81	93	91
92.5—30			100	100	96	90	97	97	94	92
92.5—60			100	100	96	82	—	—	95	95

^{a)} Degree of gelatinization (%): Alkaline gelatinized 100%.

Starch pastes were prepared by viscograph at a concentration of 7% for all starches except for potato starch which was prepared at 5%.

Isolated soybean protein was added at 20% of the weight for each starch.

Table 3 Relation between storage condition of starch pastes and decrease of the degree of gelatinization^{a)} of starches

Storage condition	Starch								
	Isolated soybean protein	Potato		Maize		Mung bean		Sago	
		No addition	Addition	No addition	Addition	No addition	Addition	No addition	Addition
Before storage		100	100	96	92	97	97	95	95
Room temperature (20°C)	1 day	95	83	90	86	76	75	72	65
	7 days	—	—	88	97	67	64	56	51
Refrigerator (5°C)	1 day	82	61	81	73	48	40	69	68
	7 days	69	41	65	62	45	40	52	58
Freezer (-20°C)	1 day	37	21	—	—	34	31	45	40
	7 days	37	12	—	—	33	31	33	33

^{a)} Degree of gelatinization (%), Alkaline gelatinized 100%.

Starch pastes were prepared by viscograph at 92.5°C for 60 min. 5% for potato starch; 7% for other starches. Isolated soybean protein was added at 20% of the weight of each starch.

まり、70°C でピークに達し 78.5°C で糊化が終了するなど、他の澱粉に比べて糊化に要する温度範囲が広く最も緩慢な糊化過程を示したことと同様の結果といえる(平尾・高橋 1992)。澱粉糊の保存条件による糊化度の低下は Table 3 に示した。

6) サゴ澱粉の特性ダイヤグラム

いままでに述べたサゴ澱粉の性質を、Kainuma (1977) が考案した円形ダイヤグラムでまとめると次のとおりになる。サゴ澱粉の粒形は大きく甘藷や馬鈴薯澱粉に近く、膨潤力・溶解度、ビスコグラフィによる特性値は甘藷やキャッサバなどの根茎澱粉に近い。老化性はトウモロコシや緑豆の澱粉に近いが、アミロース含量はトウモロコシ澱粉に近く、アミロペクチンの鎖長分布から求めた Fr. II および Fr. III / Fr. II の値は、緑豆と甘藷澱粉の中間の値を示すことなどが明らかとなった。このように、サゴ澱粉は概ね甘藷とキャッサバ澱粉の中間の性質であるといえる。しかし、アミロース含量がトウモロコシ澱粉に近いことと老化しやすいことの2点はこれらの澱粉と大きく異なっており、サゴ澱粉はアミロース含量とゲル化性については典型的な穀物型を示し、他の性質は地下茎の澱粉に近い (Fig. 6)。

大豆タンパク質添加の影響

澱粉の糊化の際にタンパク質を添加すると、馬鈴薯澱粉は粘度の低下が著しく、ゲルの硬さ・破断力が増加傾向を示すなど添加の影響が顕著に認められた。トウモロ

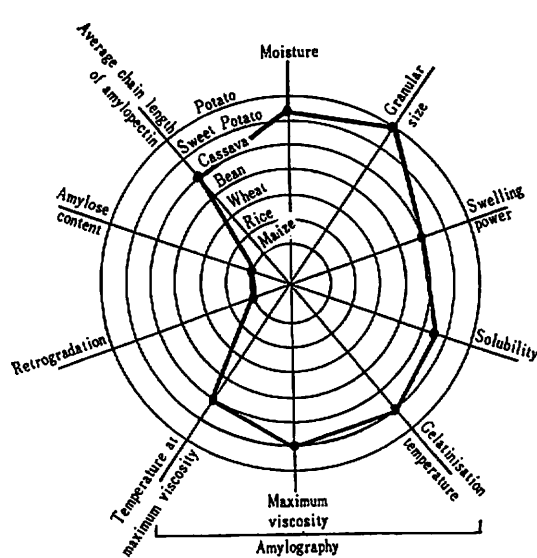


Fig. 6 Diagrams of sago starch.

コシ澱粉では粘度変化は僅かであるが、ゲルのテクスチャーは明らかに低下を示した。これらに対し、サゴ澱粉は膨潤力・溶解度が低下し抑制傾向を示したが、粘度やゲルのテクスチャーに与える影響は小さく、馬鈴薯やトウモロコシの澱粉に比べて大豆タンパク質添加の影響をうけにくいといえる (Fig. 7)。

糊化度の測定から、いずれの澱粉においても大豆タンパク質添加による糊化の遅れが認められた (Table 2)。た

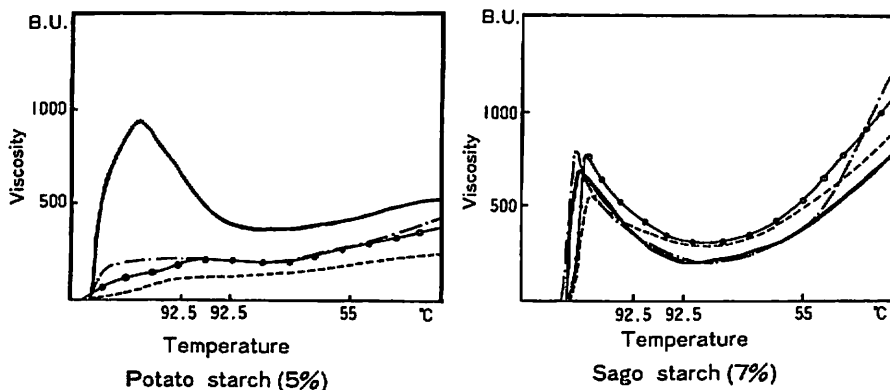


Fig. 7 Effect of soybean protein on viscography of sago and potato starch.

—: No protein, ---: Isolated soybean protein (10% of starch), ◯—: Isolated soybean protein (30% of starch), ◻—: Soybean milk powder (30% of starch).

Table 4 Static viscoelastic properties of various starches measured by a creep meter

Starches	E_0 dyn/cm ² × 10 ⁴	E_1 dyn/cm ² × 10 ⁴	τ_1 sec	η_1 poise × 10 ⁶	E_2 dyn/cm ² × 10 ⁴	τ_2 sec	η_2 poise × 10 ⁶	η_N poise × 10 ⁸
Potato	1.79	9.54	55.0	5.25	26.15	5.4	1.42	1.28
Sago	2.13	14.37	21.3	3.07	—	—	—	0.67
Maize	7.34	81.49	15.0	12.19	—	—	—	4.60

Table 5 Dynamic viscoelastic properties of various starches

Sample	Storage modulus G' × 10 ³ (dyn/cm ²)	Loss modulus G'' × 10 ³ (dyn/cm ²)	Loss tangent (tan δ) G''/G'
Sago	2	1.4	0.70
Potato	10	4.2	0.42
Sweet potato	7	3.5	0.50
Maize	45	0.9	0.02

だし、サゴ澱粉と馬鈴薯澱粉は加熱初期に糊化の遅れが認められたのに対し、トウモロコシと緑豆の澱粉は加熱初期ではむしろ大豆タンパク質添加のほうが高い糊化度を示すなど、澱粉の種類により糊化に及ぼす大豆タンパク質添加の影響は異なることが示された(高橋ら 1983a, 高橋・渡辺 1983b)。

サゴ澱粉ゲルのレオロジー的性質

サゴ澱粉ゲルのレオロジー的性質を静的・動的粘弾性

測定から物性面を明らかにするとともに、栄養的観点から各種タンパク質添加の影響を検討した。試料は澱粉濃度10%とし、添加物は澱粉重量の20%としてビスコグラフィにより調製した。5°Cで保存後、室温にもどしクリープメーターおよびレオログラフゲルを用いて物性測定を行い、さらに官能評価により物性との結びつきを検討した。

静的粘弾性測定はクリープメーター(山電製)を用いてクリープ曲線を得、解析を行った。サゴ澱粉ゲルは甘藷澱粉に比べて軟らかく粘性のあるゲルで、馬鈴薯澱粉に比べて流れにくい性質を示した(Table 4)。レオログラフゲルを用いた動的粘弾性の測定からも同様の傾向が得られ、サゴ澱粉ゲルは硬さに相当する貯蔵弾性率 G' 、粘り気に対応する損失弾性率 G'' とともに小さく、馬鈴薯、甘藷、トウモロコシの澱粉に比べて軟らかいゲルといえる(Table 5)。損失正接 (tan δ) G''/G' はトウモロコシ澱粉が小さい値で弾性体を示し、大きい値のサゴ澱粉は試料内部の粘性的要素の強いゲルといえる(高橋・貝沼 1994a, 高橋・平尾 1994b)。なお、澱粉ゲルの離水量はゲルの硬さに比例し、アミロース含量の高い緑豆やトウモロコシ

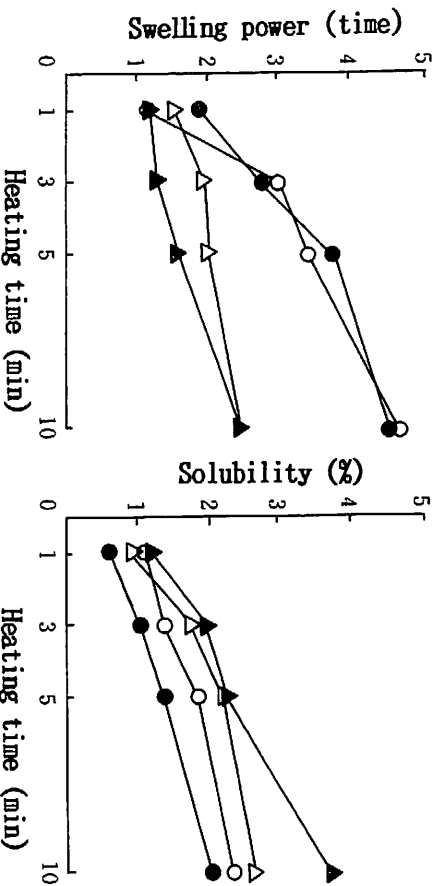


Fig. 8 Swelling power and degree of solubility of sago starch noodles (harusame)
 ○: Sago, △: Sago and egg yolk powder (10%), ●: Sago and isolated soybean protein (5%), ▲: Sago, isolated soybean protein and egg yolk powder (5%).

の澱粉ゲルは硬くて離水が多い、サゴ澱粉は馬鈴薯澱粉について離水しにくく、5°C—7日間保存で約10%であった。

サゴ澱粉の調理科学的研究

サゴ澱粉は、馬鈴薯や甘藷の澱粉に似た糊化特性と、トウモロコシや緑豆などの種実澱粉に似たゲル化しやすいい性質を合せ持つ特徴的な性質が明らかとなり、パール状澱粉に限らず各種の調理・加工食品に利用できると考えられた。そこで、澱粉麺やゲル状食品・膨化調理などへの利用を試みた。また、サゴ澱粉は大豆タンパク質添加の影響が他の澱粉に比べて少ないことから、各種の調理に大豆タンパク質を添加することが可能であり、テクスチャーの改良、食味の向上、栄養的価値を高めるなどの目的で添加効果を検討した。

1) サゴ澱粉を用いたハルサメの調製

サゴ澱粉のアミロース含量はトウモロコシ澱粉に近い製物型を示し、老化しやすくゲル形成能が大きい。一方、膨潤・溶解しやすく、粘度や透明度は馬鈴薯澱粉に次いで高い値を示すなど、根茎澱粉に近い性質を示す。このような調理特性をもつサゴ澱粉は、優れた製麺適性をもつと考えられたことから、加圧押出式によるハルサメの調製を試みた(高橋ら1985)。また、サゴ澱粉の精製度の違いや大豆タンパク質の添加効果についても検討した。サゴ澱粉はマレーシア連邦サラワク産を用い、分離大豆タンパク質600(不二製油製)および卵黄粉末(太陽化

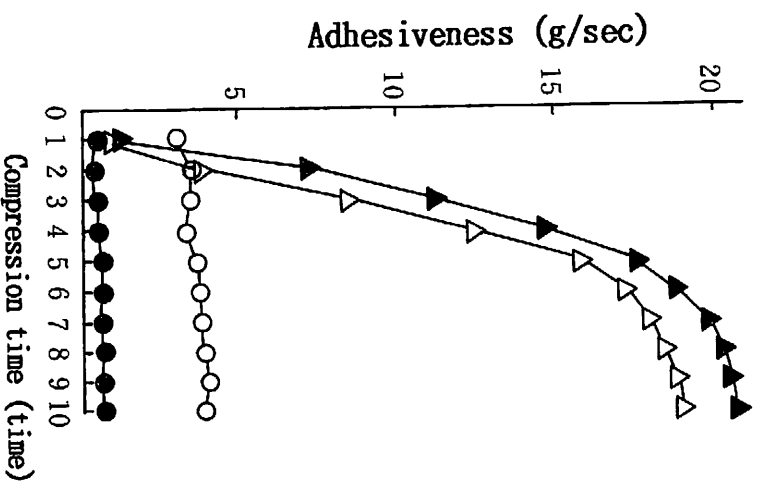


Fig. 9 Adhesiveness of sago starch noodles (harusame).

○: Sago, ●: Sago and isolated soybean protein (5%),
 △: Sago and egg yolk powder (10%), ▲: Sago, isolated soybean protein and egg yolk powder (5%).

学製)は、澱粉重量の5%および20%添加について検討した。

ハルサメは、加圧押出成形機により80°Cで製麺し、沸騰水中で3分間加熱したのち、室温乾燥によりハルサメ状に調製した。測定は散乱光吸収スペクトルによる透光度、膨潤力・溶解度および引張り試験を行い、官能評価により食味特性を検討した。

サゴ澱粉ハルサメは透明で溶解度が低く、馬鈴薯澱粉ハルサメに比べて引張り強度が大であり、付着性は小さい値を示すなど、こしのある、べたつきのない製品が得られ、ハルサメとして好ましい性状を示した。官能評価においては、市販の日本産押出式ハルサメに比較して外観、食感、総合評価において好まれる傾向を示し、サゴ澱粉はハルサメの原料として有用な澱粉と考えられた。一方、大豆タンパク質の添加効果も認められ、サゴ澱粉に分離大豆タンパク質5%添加により、溶解度は抑制され(Fig. 8)、市販の中国産ハルサメに近似の物性を示す製品が得られた。また、サゴ澱粉に卵黄粉末を添加したハルサメは付着性の増加が著しいことから、マヨネーズやソースであえるなどの調理に適すると考えられた(Fig. 9)。なお、サゴ澱粉の精製度を高めることにより、硬さ・伸び弾性率は大きくなり、大豆タンパク質添加の効果も顕著に認められ、嗜好性を向上させた(Takahashi 1986, 高橋・平尾 1992)(Fig. 10)。

ブラマンジェは「白い食物」の意で、トウモロコシ澱粉に砂糖・牛乳を加えて加熱糊化させたコーンスターチブディングを英国風ブラマンジェという。この英国風ブラマンジェ(高橋ら1974)にサゴ澱粉を用いた場合の物性や嗜好特性を知る目的で、トウモロコシおよび馬鈴薯の澱粉と比較した。また、澱粉とタンパク質との相互作用については大豆タンパク質の種類や添加量、添加方法について検討した。サゴ澱粉を用いたサゴブラマンジェはトウモロコシ澱粉に比べて老化しにくく、離水やべたつきの少ないゲルが得られ、硬さ・凝集性からもブラマンジェとしての適性が認められた。また、くせがなく透明感、保型性があり、ココアや抹茶添加の影響も少ないなど、サゴ澱粉はトウモロコシ澱粉と同様に、ゲル化材として利用できることが明らかとなった(平尾ら1984, 1988)。

パイフィリングには従来トウモロコシ澱粉が用いられてきたが、低温保存により老化しやすく、離水が多いことが問題視されている。サゴ澱粉は離水が少なく保型性が良いことから、サゴ澱粉を用いてパイフィリングを調製して官能評価を行いトウモロコシ澱粉と比較した。その結果、サゴ澱粉を用いたものはトウモロコシ澱粉に比べて硬さ、弾力性、総合評価において好まれる傾向を示し、サゴ澱粉はレモンパイやチョコレートパイなどのフィリングとしても利用できることが明らかとなった(Takahashi 1986)。

2) サゴ澱粉を用いたブラマンジェのレオロジー的性質

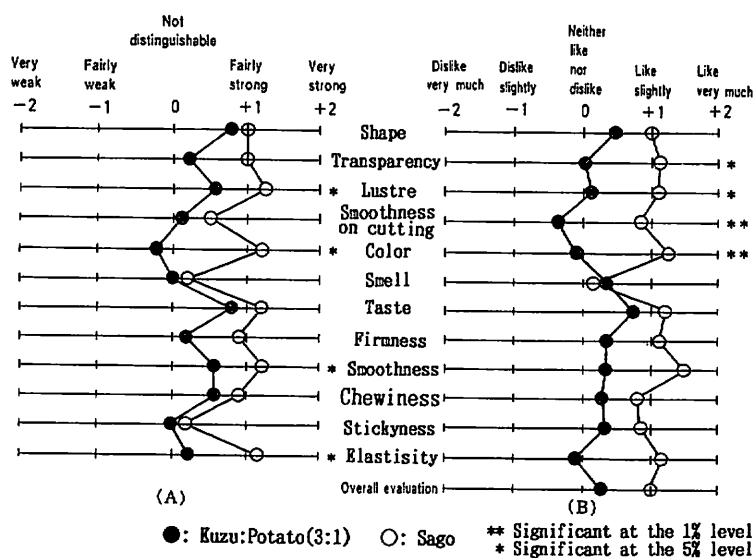


Fig. 10 Properties and preference of kuzuzakura by sensory evaluation.
○: Sago, ●: Kuzu and potato (3 : 1).

3) サゴ澱粉を用いたくず桜、わらびもち、胡麻豆腐

日本の伝統的な食品であるくず桜やわらびもち(鈴木 1983)、胡麻豆腐などの澱粉ゲル食品は、なめらかな舌触りやのどごしの良さ、そして春先から夏にかけての汗ばむ季節に見た目が涼しく、清涼感あふれる食物として広く親しまれている。これらの食品としては保型性があり透明で離水が少なく、粘弾性に富むなどの性質が求められる。

くず桜は澱粉衣の作り易さがポイントで、餡が包みやすく成形しやすく、食べたとき衣と餡の硬さの調和がよく、透明感があるなどの性質が要求される。一般にはくず澱粉を原料として作られているが、ここではサゴ澱粉を用い、対照として寺元ら(1976)のくずと馬鈴薯澱粉を3:1の割合に混合したくず桜を調製し、作りやすさと官能評価から検討した。その結果、サゴ澱粉を用いたくず桜は作りやすさ、成形性、保形性に勝れるなどの利点が示され、官能評価においてもサゴ澱粉を用いたものは、くずと馬鈴薯澱粉(3:1)のものに比べてなめらかで弾力性があり、透明度、色、切れ味などで高い嗜好性が得られた。これらのことから、サゴ澱粉を用いたくず桜は、従来のくず澱粉あるいはくずと馬鈴薯澱粉混合のものに比べて作りやすく、より好まれることが明らかとなった。

サゴ澱粉を用いた場合、サゴの流れにくい性質や粘弾性に富み透明で離水が少ないことなどが、くず桜の調理操作や成形しやすさ、保形性に適するといえる。また、サゴは軟らかさのあるゲルで、衣と餡の硬さの調和も良いなどの効果が認められたと考えられる(高橋・貝沼 1994a, 高橋・平尾 1994b)。

わらびもちは春先の和菓子として親しまれており、わらび澱粉から作られるが、現在は甘藷澱粉が多く使われている。サゴ澱粉を用いた「サゴもち」を調製したところ、わらび澱粉を用いたものに比べて切れ味がよく、硬さと色目で好まれる傾向を示した。わらび澱粉は高値のため甘藷澱粉が用いられてきたが、透明度を必要とする調理ではむしろサゴ澱粉が有効であり、サゴ澱粉特有のピンク色がきな粉と調和する。サゴもちは家庭で手軽に作れる和菓子としても今後大いに利用したい調理品としてあげることができる。

一方、胡麻豆腐はくず澱粉にすり胡麻を加えて加熱糊化したもので、精進料理には欠かせない調理の一つである。サゴおよびくず澱粉にすり胡麻の代わりにきな粉を30%加えて胡麻豆腐の作り方に準じて調製し官能評価を行ったところ、サゴ澱粉を用いたものはくず澱粉のものに比べて、光沢はやや劣るが、切れ味がよく形状が好まれ、胡麻豆腐においてもくず澱粉への代替として利用で

きると考えられた。くず澱粉は品薄で高価なため、低価格のサゴ澱粉の利用は十分に期待できる(高橋・平尾 1994b)。

4) サゴ澱粉を用いた粉皮(fenpi)の調製

中国料理に用いられる粉皮(酒井 1950)は緑豆澱粉を原料として作られ、生または乾燥品が市販されている。日本では、「水織」(石川 1973)または「くず切り」の名称で、くずや馬鈴薯の澱粉が原料として用いられている。粉皮は、澱粉を水どきし平皿にうすくのばして熱湯をくぐらせ固まらせたもので、手軽に作れる和え物調理の主材料として、作りたてを用いる場合が多い。この粉皮は調製時に平皿から剥がれやすいこと、歯ごたえの良さ、和え衣になじみやすいなどの性質が要求される。そこで、サゴ澱粉のゲル化しやすく粘着力のある性質を利用して粉皮を調製して調理特性を検討した。合わせて大豆タンパク質添加の効果、粉皮の保存・貯蔵特性を物性ならびに官能評価から検討した。

サゴ澱粉を用いた粉皮の硬さは馬鈴薯粉皮と近似し、くず粉皮より大きく、緑豆粉皮の約1/2の値であり、伸びやすく、粘着性や総合評価で好まれる傾向を示した。サゴ粉皮の冷蔵や冷凍による物性の低下は認められず、乾燥法により硬く“こし”と歯ざりのある粉皮が得られた。大豆タンパク質を5%添加し乾燥法により調製したサゴ粉皮は、緑豆粉皮の物性に匹敵する製品が得られ、今後の利用が期待できる(大家ら 1990)。

5) サゴ澱粉を用いたマフィンおよびパンの調製

サゴ澱粉の膨化調理への利用としては、化学膨化剤による膨化品としてマフィンを、イースト菌による発酵を利用するものとしてはパンをとりあげ、その調理特性を検討した。マフィンは薄力粉にベーキングパウダーを粉の4%添加し、砂糖、牛乳、卵、バターを混ぜて焼いた英国風の簡易パンである。サゴ澱粉を小麦粉の50%置換した場合の膨化に及ぼす影響を検討するとともに、サゴ澱粉のみを用いて薄力粉から調製したマフィンと同様の効果を得るための方法を検討した。その際、補助剤として活性グルテンを用いて添加効果を見た。また、パンは一般に強力粉にイースト、砂糖、卵、バター、塩を加えて混捏したのち焼成するが、強力粉の一部をサゴ澱粉で置換した場合のパンの品質、またはサゴ澱粉のみでパンを焼いた場合の製品について、強力粉と同様のパンが得られるかについても検討を行った。この際、補助剤はマフィンと同様に活性グルテンを使用した。

これらの結果から、マフィンは薄力粉の50%までは澱

粉に置換することが可能であり、さらにサゴ澱粉のみでマフィンを作る場合、活性グルテンを10%添加したものはきめが均一で、“すだち”がよく、膨化率や形状もすぐれ、物性測定においては硬さ、凝集性、弾力性ともに対照に近い値を示した。このことから活性グルテンの使用により、サゴ澱粉を薄力粉の代わりに用いてマフィンを作ることが可能であることが明らかとなった。このマフィンは官能評価の上からも口当たりがよく、弾力に富むなど好まれる傾向を示した(大家・高橋 1987)。

遠藤(1980)が、小麦粉に粉の30%の澱粉と10%の活性グルテンを添加して合成パンを得ていることから、サゴ澱粉を強力粉に置換して合成パンを試作し検討した。その結果、サゴ合成パンの膨化は対照に比べて1.3-1.5倍と良い値を示し、官能評価からもサゴ合成パンは他の澱粉のものに比べて弾力があり、“すだち”の良いパンが得られることが認められた。また、サゴ澱粉のみでパンが調製出来るかどうかを検討したところ、サゴ澱粉64%、活性グルテン36%、イーストおよびベーキングパウダーを添加したパンは、膨化率や物性面から対照に匹敵するものであった。官能評価からも、サゴ澱粉のみで調製したパンは、他の澱粉に比べて外観、弾力、軟らかさの点で好まれる傾向を示した。この際、サゴ澱粉の白度を高めるため、蒸留水で数回洗浄して用いると、合成パン、澱粉パンのいずれも膨化率を増し、硬さ、弾力性、外観、食味の面からも好まれた。

以上、膨化食品としてのマフィンやフランス風パンの調製にサゴ澱粉を用いた場合、トウモロコシや馬鈴薯の澱粉に比べて膨化がよく、きめの均一な弾力のある製品が得られ、サゴ澱粉の膨化調理食品への利用特性が明らかとなった(大家・高橋 1987)。

6) 調理科学からみたパール状澱粉

サゴやタピオカなどのパール状澱粉は、澱粉を攪拌しながら球状とし半糊化状にローストしたもの(貝沼 1985)で、半透明の真珠状であることから、サゴパールまたはタピオカパールと呼ばれている。わが国でも18世紀すでに沙弧(さごべい)(市毛・石川 1984)の語彙で、辞典類に採録されている。サゴパールは形状の美しさとともに滑らかで歯切れのよい食感が得られることから、タピオカパールとともに各種の調理に用いられている。

パール状澱粉は調理の際に煮崩れしやすく芯が残りやすいなどの問題がある。煮崩れがなく、歯切れのよい食感のパールを簡便に得るための加熱方法として、平尾ら(1989)及び Hirao and Takahashi (1990)は、魔法瓶を用いて熱湯にタピオカパールを振り込み、よく攪拌して3~

4時間放置するポット法をあげている。サゴパールの場合も同様に魔法瓶を用いたポット法により、25分間程度で弾力のあるサゴパールが得られている。ポット法は鍋を用いて煮る方法に比べて、加熱中の加水や攪拌などの手間がかからず、特に小粒のサゴパールは短時間加熱で利用できる利点がある。

おわりに

以上のように、サゴ澱粉は理化学的性質や調理科学的な面から、すぐれた特性をもつことが明らかとなった。純度の高いサゴ澱粉が入手可能ならば、調理や加工用として有用な調理素材であり、麺状食品、膨化食品そしてゲル状食品としては、ブラマンジェ、パイフィリング、胡麻豆腐の他、くず桜、わらびもちなどの和菓子用澱粉として用いるなど、幅広く利用が可能と考えられる。

本研究を行うにあたり、試料を提供してくださいました島田化学工業株式会社、サンエイ糖化株式会社、不二製油株式会社に厚く御礼申し上げます。また、実験に協力していただきました共立女子大学学生の皆様にお礼申し上げます。

本研究の実施にあたり、ご援助を賜りました日本サゴヤシ研究奨励基金(1985)、ならびに財団法人アサヒビール生活文化研究振興財団(1990)に感謝の意を捧げます。

引用文献

- 秋山徳三 1966 新フランス料理全書、有紀書房(東京) p. 1410-11.
- 遠藤悦雄 1980 小麦蛋白質—その化学と加工技術—、食品研究社(東京) p. 164.
- 原田 治 1978 中国料理素材事典 野菜・果物、柴田書店(東京) p. 243.
- 平尾和子、高橋節子 1984 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 日本家政学会第36回大会要旨集 p. 5.
- 平尾和子、高橋節子、渡辺篤二 1988 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。日本調理科学会要旨集 p. 29.
- 平尾和子、西岡 育、高橋節子 1989 パール状澱粉の調理に関する研究(第1報)タピオカパールの加熱方法について。家政誌 40: 363-371.
- Hirao, K. and S. Takahashi 1990 Effects of the addition of sugar to tapioca pearls. J. Home Econ. Jpn. 41: 123-132.
- 平尾和子、高橋節子 1992 サゴ澱粉の特性および調理食

- 品への利用. 日本澱粉学会第40回大会講演要旨集, pp. 23.
- 桧作 進 1993 澱粉分子の微細構造の解明を目指して. 澱粉科学 40: 133-147.
- 石川松太郎校注 1974 十月状返(大斎の行事)庭訓往来. 平凡社, pp. 265-272.
- 市毛弘子, 石川松太郎 1984 近世節用集に収録された食生活関係語彙についての調査(第1報)穀類関係語彙を中心に. 家政誌 35: 736-746.
- Kainuma, K. 1977 Present Status of Starch Utilization in Japan In: Sago-76, ed. by Tan, K. University of Malaya, Malaysia, pp. 224-229.
- 貝沼圭二, 山本和夫, 鈴木繁男, 高谷友久, 不破英次 1978 澱粉の構造と物性に関する研究(第4報)分級馬鈴薯澱粉の構造及び利用特性. 澱粉科学 25: 3-11.
- 貝沼圭二, 松永暁子, 板川正秀, 小林昭一 1981 β -アミラーゼ-ブランナーゼ(BAP)系を用いた澱粉の糊化度, 老化度の新測定法. 澱粉科学 28: 235-240.
- 貝沼圭二 1985 東京農業大学総合研究所 第16回 NRI FORUM 熱帯産の未利用デンプン-サゴヤシをめぐる話題一. p. 1-31.
- Okamoto A., H. Imagawa, Y. Arai and T. Ozawa 1988 Partial purification and some properties of polyphenoloxidases from sago palm. Agr. Biol. Chem. 52: 2215-2222.
- 大家千恵子, 高橋節子 1987 サゴ澱粉の膨化調理への応用. 調理科学 20: 362-370.
- 大家千恵子, 高橋節子, 渡辺篤二 1990 サゴ澱粉を用いた粉皮(fenpi)の機器並びに官能検査による評価. 調理科学 23: 67-75.
- 酒井章平 1950 農産製造 4(5): 20.
- 佐藤 孝 1967 東南アジア研究 5(6): 229-275.
- 鈴木繁雄 1983 餅博物誌, 食品出版社 pp. 89-90.
- 高橋節子, 美川トク, 福場博保 1974 ブラマンジェのレオロジー的研究(第1報)加熱方法の検討. 家政誌 25: 443-449.
- 高橋節子, 北原久子, 貝沼圭二 1981 澱粉の調理に関する研究(第1報)緑豆およびサゴ澱粉の特性について. 澱粉科学 28: 151-159.
- 高橋節子, 小林理恵子, 渡辺篤二, 貝沼圭二 1983a 澱粉の調理に関する研究(第3報)デンプンの糊化度および老化度におよぼす大豆タンパク質の影響. 日食工誌 30: 276-282.
- 高橋節子, 渡辺篤二 1983b 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澱粉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.
- 高橋節子, 平尾和子, 川端晶子, 中村道徳 1985 澱粉の調理に関する研究(第5報)緑豆・蚕豆澱粉の調製法および麵線調製法がハルサメの理化学的性質に与える影響. 澱粉科学 30: 257-266.
- Takahashi, S. 1986a Some useful properties of sago in cookery science. In Yamada, N. and K. Kainuma (eds.), The 3rd International Sago Symposium, Sago-85, pp. 208-216.
- 高橋節子, 平尾和子, 山本和夫 1986b サゴ及び温水処理馬鈴薯澱粉を用いたハルサメの調製とその性状. 日食工第33回大会講演集 pp. 25.
- 高橋節子, 貝沼圭二 1989 澱粉を蓄積するヤシ-サゴ澱粉の性質一. 食生活研究 10(4): 13-21.
- 高橋節子 1992 サゴ澱粉の調理・加工特性に関する食文化的研究. 財団法人アサヒビール生活文化研究振興財団研究紀要 5: 109-121.
- 高橋節子, 平尾和子 1993 サゴおよび温水処理馬鈴薯澱粉を用いたハルサメの理化学的性質. 共立女子大学家政学部紀要 39: 103-108.
- 高橋節子, 貝沼圭二 1994a サゴ澱粉の利用特性, 日本農芸化学会誌 68: 60-63.
- 高橋節子, 平尾和子 1994b サゴ澱粉の理化学的性質と和菓子への利用. 共立女子大学家政学部紀要 40: 59-64
- Takeda, Y., C. Takeda, A. Suzuki, and S. Hizukuri, 1989 Structure and properties of sago starches with low and high viscosities on amylography. J. Food Sci. 54: 177-182.
- 寺元芳子, 松元文子 1966 澱粉の調理について(第1報)くずざくらについて. 家政誌 17: 384-388.
- 矢次 正 1977 サゴ澱粉. 澱粉科学ハンドブック, 二國二郎監修, 朝倉書店, pp. 404.