

地域の食材を生かした調理実習教材の開発に関する基礎的研究 和三盆糖を使用したカスタードプディングとスポンジケーキの特性

Basic Research on Development of Practical Cooking Materials Utilizing Local Foods
Properties of Custard Pudding and Sponge Cake Using Wasanbon Sugar

新井映子*・三好由紀**

Eiko ARAI and Yuki MIYOSHI

（平成15年10月1日受理）

Abstract

The properties of custard pudding and sponge cake prepared using *Wasanbon* sugar were investigated, through comparison to using soft sugar. Pudding made from the *Wasanbon* sugar (normal grade) and (high grade) compared to pudding made from the soft sugar, was in both grades, low in elasticity, soft and easily crumbled. In a sensory test, both grades of *Wasanbon* sugar used puddings compared to that using the soft sugar were found to be more refined sweetness in taste and evaluated as more desirable. Sponge cake made from the *Wasanbon* sugar (normal grade) and (high grade) differed in their respective properties. The cake made from the (normal grade) of *Wasanbon* sugar compared to that made from the soft sugar was slightly inferior in sponginess with a harder texture. Using the (high grade) of *Wasanbon* sugar improved the sponginess to about equal to that made from the soft sugar and with similar firmness. In a sensory test, both grades of *Wasanbon* sugar compared to the soft sugar were finer in texture and evaluated as more moist and the soft sponge cake made from the *Wasanbon* sugar (high grade) was evaluated as more superior. From these results, *Wasanbon* sugar was clearly proven to be equally as usable as soft sugar in custard puddings and sponge cake.

I 緒 言

平成14年度より施行された中学校学習指導要領―技術・家庭編―では、「A 生活の自立と衣食住」において「自分の食生活に関心を持ち、日常食や地域の食材を生かした調理の工夫ができること」が指導内容に掲げられている。これまでの学習指導要領では、地域の食材を生かした調理は取り上げられていないことから、平成10年12月の改訂において、新たに地域に根ざした教育活動の必要性が強調されたことになる。

それと呼応するように、食生活の質を問い直す観点から、「スローフード」という言葉が食生活のキーワードとなりつつある。「スローフード運動」とは、大きく別けて3つあげられる。1つめは、

* 静岡大学教育学部家政教育講座

** 大阪府堺市立五箇荘小学校教諭

消えていく恐れのある伝統的な食材や料理、質の高い食品を守ること。2つめは、質のよい素材を提供する小生産者を守ること。3つめは、子どもたちを含め、消費者に味の教育を進めることである。日本各地には、地域に根ざした伝統的な食材が多数存在する。その中から、日本固有の砂糖である和三盆糖に着目し、家庭科における調理実習教材として取り上げることが着想した。

和三盆糖の原料は、香川県と徳島県の県境付近で江戸時代より栽培されている竹糖と呼ばれる在来種のさとうきびである。和三盆糖は、竹糖を圧搾して得た糖液を精製して濃縮し、微結晶を析出させて製造する。製法の特徴は、砂糖の結晶（分密）を水で練って圧搾による分密を繰り返すことで、これを「押し」や「研ぎ」という。このように独自の製法でつくられた和三盆糖は、淡黄色をした微結晶の砂糖で、特有の風味がある（黒川，2001）。現在、砂糖のほとんどは輸入原料の甘藷糖や甜菜糖から製造されているが、日本独自の甘味調味料である和三盆糖の味覚に親しむことは、日本の食文化の一端を知るうえで教育的効果が高いと考える。

和三盆糖の教材化を進めるにあたり、はじめに、中学生に馴染み深い洋菓子への応用を試みることにした。調理実習において、和三盆糖を使用した洋菓子を失敗なく作るためには、和三盆糖が洋菓子の品質に与える影響について、事前に把握しておく必要がある。そこで本研究では、和三盆糖を使用した洋菓子の品質に関する基礎的データの収集を目的とした。

調理実習教材における代表的な洋菓子には、カスタードプディングとスポンジケーキがある。しかしながら、現在までに、和三盆糖のカスタードプディングまたはスポンジケーキへの利用に関する研究報告は見当たらない。そこで、これら2種類の洋菓子を和三盆糖で調製し、最も一般的な砂糖である上白糖と比較することにより、和三盆糖の調理・加工特性を検討した。

II 実験方法

1. 材料

砂糖には、徳島産業(株)園木製糖所より入手した2種類の和三盆糖（「和三盆糖（並）」および「和三盆糖（極上）」）と、上白糖（日清製糖(株)）を使用した。カスタードプディング（以後「プディング」と略す）の材料には、鶏卵（市販新鮮卵）および牛乳（成分無調製牛乳，明治乳業(株)）を使用した。スポンジケーキ（以後「スポンジ」と略す）の材料には、薄力粉（バイオレット，日清製粉(株)）および鶏卵を使用した。

2. 試料調製

(1) カスタードプディング

島田ら（1985）の方法に準じた。あらかじめ均質化した鶏卵（100 g）、牛乳（240 ml）および砂糖（60 g）をボールに入れ、品温が60℃になるまで湯浴上で加温しながら緩やかに攪拌して混合した。バターを薄く塗ったステンレス製の流し缶（75×115×40 mm）に卵液（300 ml）を入れ、85～90℃の蒸し器中で25分間蒸煮した。蒸煮後、室温で1時間放置した後、4℃の冷蔵庫内で24時間保存し、各種測定に供した。

(2) スポンジケーキ

市川ら（1996）の方法に準じた。あらかじめ均質化した鶏卵（140 g）と砂糖（100 g）をボールに入れ、湯浴上で品温が30℃になるまで加温した後、電動式ハンドミキサー（松下電器産業(株)、MK-H3）を使用して、攪拌速度820 rpmで8分間攪拌した。3回ふるいを通した小麦粉を加え、ゴムベラで50回混合してバッテリーとした。クッキングペーパーを敷いたアルミニウム製の丸型（直径170 mm）にバ

ッター (300 g) を流し入れ、ガスコンベクションオーブン(リンナイ(株)、RCK-10NG-F) を使用して、160℃で35分間焼成した。焼成後、室温で1時間放置した後、20℃の恒温器内で24時間保存し、各種測定に供した。

3. 測定方法

(1) 砂糖の色

色彩色差計 (ミノルタ(株)、CR-300) を用いて測定し、Lab表色系 (JIS Z 8729、色の表示方法-L*a*b*表色系) で表した。測定は5回行い、結果を平均値で示した。

(2) 砂糖のしょ糖含有量

砂糖 (20 mg) を蒸留水 (25 ml) に溶解し、0.2 μmのメンブレンフィルターで濾過した後、高速液体クロマトグラフを使用して測定した。測定条件は以下の通りである。装置、PU-980 (日本分光(株)) ; カラム、Wakosil 5NH₂ (和光純薬(株)) ; 溶離液、アセトニトリル/水 (7/3) ; 流速、1 ml/分; カラム温度、40℃; 検出器、示差屈折計 (日本分光(株)、830-RI)。測定は2回行い、結果を平均値で示した。

(3) カスタードプディングの色

内層の色を、(1) と同様の方法で測定した。測定は10回行い、結果を平均値±標準偏差で示した。

(4) カスタードプディングの破断特性

高さ25 mmに切断した後、直径25 mmの円形に型抜きした。クリープメーター (山電(株)、RE-33005、以下同様) を使用して、破断応力、破断歪率および破断エネルギーを測定した。測定条件は、以下の通りである。プランジャー、ポリアセタール樹脂製円形 (直径30 mm) ; ロードセル、2 kg; 圧縮率、60%; 圧縮速度、1 mm/分; 品温、20℃。測定は5回行い、結果を平均値±標準偏差で示した。

(5) カスタードプディングの離水率

(4) と同様の試料をシャーレ (直径35 mm) に入れ、20℃で30分後放置後の離水量を測定し、次式より算出した。測定は5回行い、結果を平均値±標準偏差で示した。

$$\text{離水率(\%)} = \text{離水量(g)} / \text{プディング重量(g)} \times 100$$

(6) カスタードプディングの官能検査

15名の被験者 (静岡大学学生) で構成されたパネルを用いた。上白糖使用のプディングを基準試料 (0点) として、和三盆糖使用のプディングの色、きめ、香り、硬さ、口どけ、のどごし、甘味の強さ、甘味の質および総合評価の9性について、+3 (良い) から-3 (悪い) までの評定尺度を用いる7段階評価法で評価した。

(7) スポンジケーキの色

上面と内層の色を、(1) と同様の方法で測定した。測定は10回行い、結果を平均値±標準偏差で示した。

(8) スポンジケーキのきめ

断面のコピーをCCDカメラで撮影し、リアルタイム画像処理解析装置 ((株)ニレコ、LUZEX FS) に取り込んだ後、画像の縦横250画素を0から135階調の範囲で二値化し、面積から気孔の円相当径を求めた。測定は5回行い、結果を平均値±標準偏差で示した。

(9) スポンジケーキの重量減少率

村田ら (1986) の方法に準じて、次式より算出した。測定は3回行い、結果を平均値で示した。

$$\text{重量減少率(\%)} = \text{バター重量(g)} - \text{スポンジ重量(g)} / \text{バター重量(g)} \times 100$$

(10) スポンジケーキの比容積

体積を植物種子置換法で測定し、次式より算出した。測定は3回行い、結果を平均値で示した。

$$\text{比容積} = \text{スポンジ体積}(\text{cm}^3) / \text{スポンジ重量}(\text{g})$$

(11) スポンジケーキの形均整率

村田ら (1986) の方法に準じて、次式より算出した。測定は3回行い、結果を平均値で示した。

$$\text{形均整率}(\%) = \text{スポンジ中心の高さ}(\text{cm}) / \text{スポンジ外周の高さ}(\text{cm}) \times 100$$

(12) スポンジケーキのテクスチャー特性

底面を除去した後に30×30 mmに切断し、上面を切り落として厚さ15 mmに成形した。クリープメーターを使用して、硬さ応力、凝集性、付着性およびガム性応力を測定した。測定条件は(4)と同様である。測定は5回行い、結果を平均値±標準偏差で示した。

(13) スポンジケーキの官能検査

15名の被験者(静岡大学学生)で構成されたパネルを用いた。上白糖使用のスポンジを基準試料(0点)として、和三盆糖使用のスポンジの上面の色、内層の色、きめ、香り、口ざわり、軟らかさ、口どけ、甘味の強さ、甘味の質および総合評価の10特性について、+3(良い)から-3(悪い)までの評定尺度を用いる7段階評価法で評価した。

Ⅲ 結果および考察

1. 和三盆糖の特性

砂糖の写真を資料1に、カラーインデックスを表1に示した。肉眼でも色の違いは明らかであるが、和三盆糖(並)は上白糖より白さを表すL*値が低く、赤を表すa*値と黄色を表すb*値がともに高いことから、褐色を呈することが示された。和三盆糖(極上)は、上白糖よりもL*値がやや低く、a*値とb*値がやや高いことから、淡黄色を呈することが示された。両和三盆糖ともに、上白糖との色差(ΔE^*ab)が10を超えていることから、上白糖とは異なる色を有した砂糖であることが確認された。

資料1



上白糖 和三盆糖(並) 和三盆糖(極上)

表1 砂糖のカラーインデックス

	上白糖	和三盆糖(並)	和三盆糖(極上)
L*値	90.9	84.1	86.9
a*値	-0.63	1.94	1.36
b*値	0.5	17.3	13.6
ΔE^*ab	—	18.3	13.8

上白糖と和三盆糖の色の違いは、和三盆糖に微量含まれるミネラルなどの影響によると推察される(山中, 1972)。並と極上とは、並の着色度が極上よりも高いが、これは前述の「押し」や「研ぎ」と呼ばれる分密工程が、極上より少ないためと考えられた。

砂糖として使用される糖類の主成分はしょ糖であるため、しょ糖含有量を測定し、固形分中の値として表2に示した。しょ糖含有量は、和三盆糖(極上)、上白糖、和三盆糖(並)の順に高かった。この結果より、和三盆糖(極上)は着色しているにも関わらず、極めて純度の高いしょ糖からなり、和三盆糖(並)には、しょ糖以外の成分が若干含まれていることが判明した。

同じ和三盆糖でも、種類によってしょ糖含有量は異なっていた。和三盆糖(並)に含まれるしょ糖以外の成分は、ぶどう糖や果糖などの糖類や、鉄やカルシウムなどのミネラルが推察された。

表2 砂糖のしょ糖含有量

表2 砂糖のしょ糖含有量

	上白糖	和三盆糖(並)	和三盆糖(極上)
しょ糖 (g/100 g)	97.4	96.6	99.2

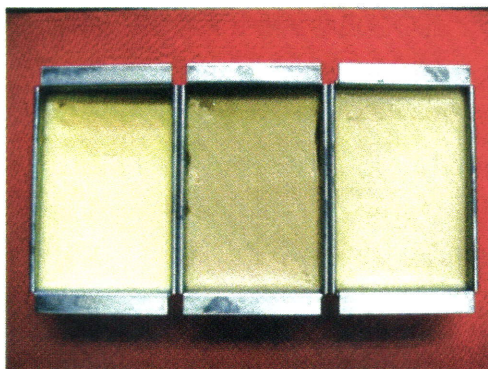
2. 和三盆糖を使用したカスタードプディングの性状

カスタードプディングの望ましい性状は、外観、内相ともになめらかで、型から出した時に崩れず、口に入れた時は舌に溶け込むように軟らかい食感のものが良いと言われている(島田ら, 1983)。和三盆糖を使用したプディングの性状を明らかにするために、色、破断特性および離水率を測定し、上白糖を使用したプディングと比較した。さらに、官能検査により、和三盆糖を使用したプディングの感覚特性や嗜好性を検討した。

プディングの写真を資料2に、カラーインデックスを表3に示した。和三盆糖(並)を使用したプディングは、上白糖よりもL*値とb*値が低く、a*値が高いことから、上白糖より赤褐色に着色していることが示された。和三盆糖(極上)のプディングは、上白糖よりL*値とb*値がやや低く、a*値がやや高いことから、上白糖より赤色がかっていることが示された。上白糖と和三盆糖との色差は、並の方が極上よりも大であった。

糖質とアミノ酸やたんぱく質を含む食品を加熱すると、加熱中にアミノ基とカルボニル基を反応種とするアミノ・カルボニル反応が起こり、褐変物質が生成して製品は着色する(加藤, 1999)。この反応は温度依存性であるため、プディングのように比較的加熱温度が低い場合には、褐変物質の生成による着色よりも、和三盆糖本来の色が、プディングの色に反映したものと推察された。一方、上白糖と和三盆糖との色差は、砂糖よりプディングにおける値の方が小さかった。このことから、和三盆糖は調理に使用することにより、上白糖との色の違いが小さくなる傾向にあることが判明した。

資料2



上白糖 和三盆糖(並) 和三盆糖(極上)

表3 砂糖のカラーインデックス

	上白糖	和三盆糖(並)	和三盆糖(極上)
L*値	87.0±0.52	74.3±0.59***	80.7±0.66***
a*値	-4.93±0.13	0.46±0.10***	-1.79±0.08***
b*値	35.7±0.65	30.4±0.24***	31.6±0.32***
ΔE*ab	—	14.8	8.1

上白糖に対して0.1%水準で有意差が認められたものを***で表した。

プディングはゲル状食品であるため、その食感は破断特性として表現できるものと考え、破断応力、破断歪率、破断エネルギーを測定し、図1に示した。和三盆糖を上白糖と比較すると、両者とも破断応力の値が小さいために軟らかく、破断歪率の値が小さいために変形しやすく、破断エネルギーの値が小さいために崩れやすいことが判明した。

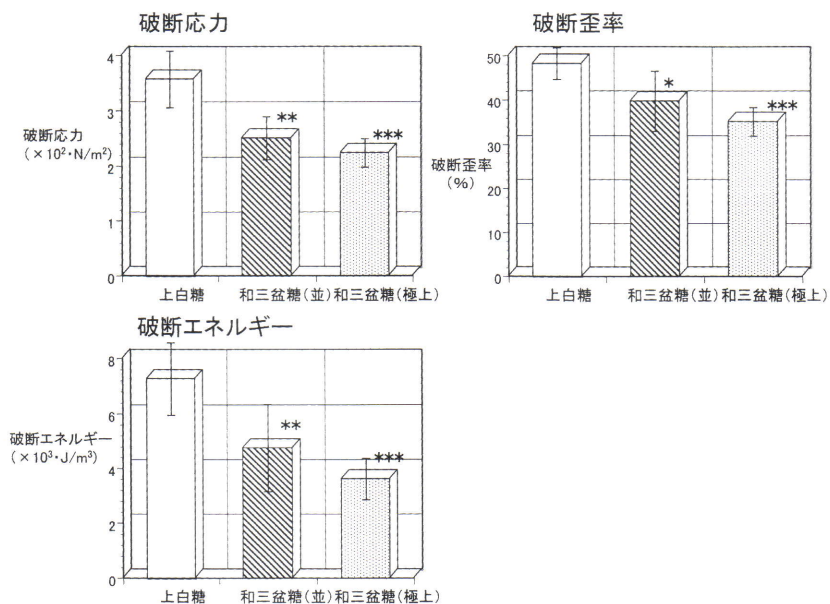


図1 カスタードプディングの破断特性値

上白糖に対して5%.1%および0.1%水準で有意差が認められたものを***で表した。

これらの結果より、和三盆糖を使用すると、上白糖に比べて軟らかく、脆く、崩れやすいプディングになることが明らかとなった。プディングは、副材料の牛乳に含まれる塩類によって溶解した卵白たんぱく質が、加熱変性によってゲル構造を形成し、凝固したものである。従って、プディングの物性は、たんぱく質の熱変性の程度に影響を受ける。和三盆糖を使用した場合、上白糖よりも軟らかく凝固したのは、和三盆糖がたんぱく質の熱変性を抑制するように作用したものと推察された。この点に関しては、さらに検討が必要である。

型から出したプディングの離水の有無は、製品の品質評価に大きく影響する。そこで、離水率を測定し、図2に示した。和三盆糖は、両者とも離水率が上白糖より高いため、離水しやすいことが判明した。また、和三盆糖には凝結（すだち）現象が現れており、特に和三盆糖（並）で顕著であった。

和三盆糖が離水しやすい原因の1つとして、凝結現象を起こしやすいことが示された。この要因については、さらに検討が必要である。ただし、和三盆糖を使用する場合には、上白糖より加熱時間を短くするなど処置により、凝結現象は防止可能と思われた。

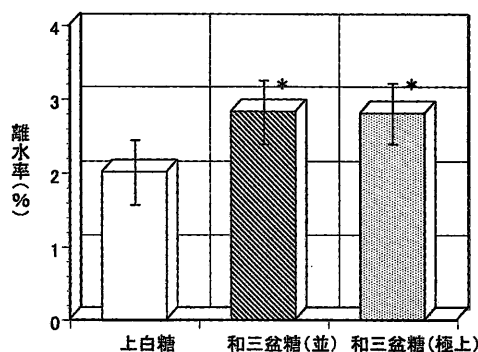


図2 カスタードプディングの離水率
上白糖に対して5%水準で有意差が認められたものを*で表した。

機器測定で明らかになったプディングの客観的評価と、人間の感覚的な評価とが一致することが必要である。また、両者の間には、相関があることも報告されている(村田ら, 1985; 藤井ら, 1983; 川染ら, 1987; 越智, 1989)。そこで、和三盆糖と上白糖を使用したプディングの外観や食感の相違を感覚的にも明らかにするために官能検査を実施し、結果を図3に示した。

色は、両和三盆糖とも上白糖より暗く、和三盆糖（並）はより暗いと評価された。これらの結果は、機器測定値と一致した。

きめは、両和三盆糖とも上白糖より粗く、和三盆糖（並）はより粗いと評価された。これは、プディングの凝結現象と関係していると考えられ、離水率の結果とも対応した。

香りは、両和三盆糖とも上白糖より良いと評価された。また、複数の被験者より、「和三盆糖では卵臭さがあまり感じられない」というコメントが聞かれたことから、和三盆糖には卵臭のマスクング効果があり、それが香りの評価に影響したと推察された。

硬さについては、和三盆糖（並）は上白糖よりも硬く、和三盆糖（極上）はやわらかいと評価された。しかし、この評価は、破断特性の測定結果とは異なっていた。上白糖は弾力のあるプディングであるのに対して、和三盆糖はもろくて弾力に乏しいプディングであり、質の異なる食感であった。本研究では、訓練されていない消費者パネルを用いたために、硬さ単独の比較が困難であり、機器測定値とは異なる評価になったものと推察された。

口どけとのどごしについては、和三盆糖（並）は上白糖より悪く、和三盆糖（極上）は良いと評価された。

甘味の強さと質については、両和三盆糖とも上白糖より強い甘さ、質の良い甘さであると評価された。これは、和三盆糖の特性である甘味を強く感じるが、清涼感のあるすっきりとした甘さであることが反映した結果と推察された。

総合評価は、両和三盆糖とも上白糖より好ましいと評価された。

官能検査の結果より、和三盆糖（並）は色、きめを除いて極端に低い評価はなく、香り、甘味およ

び総合評価は、上白糖より高いことが判明した。和三盆糖（極上）は、色ときめを除いて、上白糖よりも評価の高いことが判明した。これらの結果より、和三盆糖をプディングに使用することは、和三盆糖の品質に関わらず可能であると判断された。

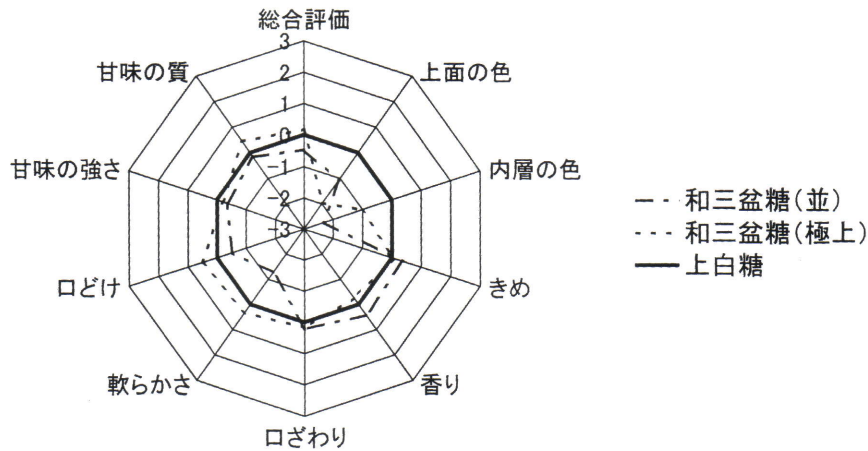


図3 和三盆糖を使用したカスタードプディングの官能評価結果

3. 和三盆糖を使用したスポンジケーキの性状

スポンジの構造に必要な条件は、十分に膨化していること、きめが細かく均一であること、さらに、ふんわりと軟らかいテクスチャーを有していることなどである(藤井ら, 1983)。そこで、和三盆糖を使用したスポンジの性状を明らかにするために、色、気孔の状態、重量減少率、比容積、形均整率およびテクスチャー特性を測定し、上白糖を使用したスポンジと比較した。さらに、官能検査を行うことにより、和三盆糖を使用したスポンジの感覚特性や嗜好性を検討した。

スポンジの上面と内層の写真を資料3と資料4に、上面と内層のカラーインデックスを表4に示した。両和三盆糖を使用したスポンジ上面の色を上白糖と比較すると、ともにL*値とb*値が高く、a*値が低いことから、上白糖より焼き色の薄いことが判明した。また、和三盆糖（極上）の方が、和三盆糖（並）よりも、上白糖との色差（ ΔE^*ab ）は大であった。両和三盆糖を使用したスポンジ内層の色を上白糖と比較すると、L*値とb*値が低く、a*値が高いことから、暗い赤みを帯びていることが判明した。上白糖との色差（ ΔE^*ab ）は、和三盆糖（並）の方が、和三盆糖（極上）よりも大であった。

資料3



資料4

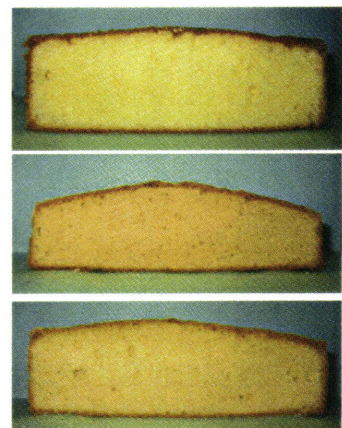


表4 スポンジケーキのカラーインデックス

	上白糖	和三盆糖(並)	和三盆糖(極上)
上面色			
L*値	51.1±1.4	53.5±1.0**	61.3±0.8***
a*値	15.9±0.3	13.3±0.2***	9.8±0.3***
b*値	32.9±1.0	32.0±1.3	31.2±0.6**
ΔE*ab	—	3.7	12.0
内層色			
L*値	79.2±1.2	68.8±0.4***	74.7±0.9***
a*値	-5.0±0.1	0.5±0.1***	-2.2±0.1***
b*値	27.8±0.6	29.7±0.4***	30.6±0.7***
ΔE*ab	—	11.9	6.0

上白糖に対して1%および0.1%水準で有意差が認められたものを**および***で表した。

スポンジ内層の色は、プディングの色と同様に、和三盆糖自体の色を反映しているものと考えられた。一方、スポンジ上面の焼き色は、両和三盆糖とも上白糖より薄くなった。この結果は、内層やプディングとは異なる傾向であった。プディングやスポンジの内層は水分が多いため、加熱時に品温が100℃を越えることはない。しかし、スポンジの上面は、オープンの熱を直接受けるため、水分蒸発後には100℃を越える高温となる。その結果、非還元糖であるしょ糖の一部が熱によって還元糖のぶどう糖と果糖とに分解され、アミノ・カルボニル反応の反応種であるカルボニルの給源となる。従って、和三盆糖が上白糖よりも着色しにくかったのは、和三盆糖に含まれるしょ糖が、上白糖より熱分解を起こしにくいためと推察された。特に、和三盆糖(極上)のL*値が他の砂糖よりも著しく高いことから、その傾向が顕著であった。

スポンジのきめの状態を比較するため、画像解析によって気孔の円相当径を求め、表5に示した。円相当径が小さくなるほど、きめ細かいスポンジであることを示す。和三盆糖を使用したスポンジは、有意差は認められなかったものの、両者とも上白糖より気孔の円相当径が小さくなり、きめ細かいことが判明した。

バター調製中に気泡が合一すると、焼成後のスポンジには大きな気孔が複数生じ、きめが粗くなる。気泡が合一したり、破壊したりしないようにするには、気泡を形成しているたんぱく質膜は保水性が高く、安定であることが要求される。前述のプディングでも論じたように、和三盆糖には、たんぱく質の熱変性を抑制する作用があると推察される。スポンジでは、この作用が気泡の安定化に寄与したものと考えられた。

表5 スポンジケーキの気孔の円相当径

上白糖	0.76±0.04 (mm)
和三盆糖(並)	0.73±0.08
和三盆糖(極上)	0.71±0.05

焼成によるスポンジの重量減少率、比容積および形均整率を表6に示した。重量減少率は、値が大きいほど焼成中の水分蒸発量が多いことを示す。いずれの和三盆糖を使用した場合にも、重量減少率は上白糖と同程度の値を示した。従って、和三盆糖の使用は、スポンジの水分蒸発には影響を与えな

いことが判明した。

スポンジの比容積は、値が大きいほど膨化状態の良いことを示す。和三盆糖（並）は値が低く、膨化状態の悪いことが判明した。和三盆糖（極上）は、上白糖と同程度の膨化状態を示した。

スポンジの膨化は、前述の気泡の安定性に加えて、糊化でんぷんの流動性にも影響される。すなわち、加熱によって生じた水蒸気が気泡核に吹き込み、その圧力で生地が膨化する。この時、糊化したでんぷん糊が適度な流動性を有していれば、気泡は速やかに膨張し、体積を増す。その後、でんぷんは完全に糊化して気泡を固定化し、スポンジ構造が完成する。和三盆糖（並）の膨化性が上白糖よりも劣った要因としては、糊化したでんぷん糊の流動性が、他の砂糖よりも小さかったことが推察される。そのため、圧力に耐えきれずに気泡の一部が破壊し、膨化性が悪くなったものと思われた。でんぷん糊の流動性低下の要因としては、和三盆糖（並）に含まれるしょ糖以外の成分（特にミネラル）が、でんぷんの低分子化に影響を与えた可能性が推察された。

スポンジの形均整率は、値が100%に近いほど上面が平らな形状、値が低いほど上面中央部が陥没した形状および値が高いほど上面中央部が隆起した形状であることを示す。和三盆糖（並）は値が高く、上面中央部が隆起した形状であった。和三盆糖（極上）は、上白糖と同程度の値を示し、上面がほぼ平らな形状であった。

表6 スポンジケーキの性状

	重量減少率(%)	比容積(cm ³ /g)	形均整率(%)
上白糖	24.0	4.32	105
和三盆糖(並)	23.8	4.03	121
和三盆糖(極上)	23.9	4.37	104

和三盆糖（並）のスポンジ中央部が隆起した要因も、前述したでんぷん糊の流動性の影響が示唆される。すなわち、和三盆糖（並）ではでんぷん糊の流動性が大きいために、気泡から漏れ出した水蒸気がスポンジ中央部から外に拡散したため、中央部のみが大きく隆起したものと推察された。

スポンジのテクスチャー特性値を図4に示した。硬さ応力とガム性応力は、両和三盆糖とも上白糖

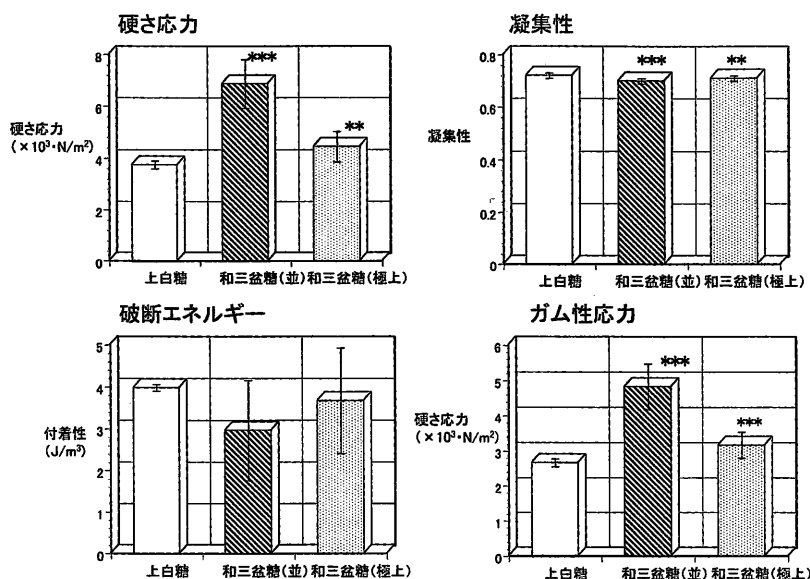


図4 スポンジケーキのテクスチャー特性値

上白糖に対して1%および0.1%水準で有意差が認められたものを**および***で表した。

より値が高かった。従って、和三盆糖を使用すると、上白糖よりも硬いスポンジになることが判明した。スポンジの硬さは、グルテン形成と関係が深い（前田ら，1999）。和三盆糖でスポンジが硬くなった要因の一つとして、生地中のグルテン形成の促進が推察された。

凝集性は、両和三盆糖とも上白糖より値が低かった。従って、和三盆糖を使用すると、弾力に欠け、脆いスポンジになることが示された。凝集性はでんぷんの糊化と関係が深い（前田ら，1999）。このことから、和三盆糖は、でんぷんの糊化特性に何らかの影響を与えることが推察された。

付着性については、和三盆糖と上白糖との間に差は認められなかった。

これらの結果より、上白糖と比較して、和三盆糖（並）は硬くてサクッとした食感のスポンジであり、和三盆糖（極上）はやや硬くて、並と同様にサクッとした食感のスポンジであることが明らかとなった。

上白糖と和三盆糖を使用したスポンジの外観や食感の相違を感覚的にも明らかにするために官能検査を実施し、結果を図5に示した。

上面の色は、両和三盆糖とも上白糖より薄く、和三盆糖（極上）の方がより薄いと評価された。内層の色は、両和三盆糖とも上白糖より暗く、和三盆糖（並）の方がより暗いと評価された。これらの結果は、機器測定値と一致した。

きめの均一さは、和三盆糖（並）は上白糖よりやや均一であり、和三盆糖（極上）は上白糖と同程度であると評価された。

香りは、和三盆糖（並）は上白糖より良く、和三盆糖（極上）はやや悪いと評価された。プディングと同様、和三盆糖はスポンジに使用した場合にも、卵臭に対してマスキング効果があると考えられた。特に、和三盆糖（並）では、黒糖のような香りがしたことから、良い香りであると評価された。一方、和三盆糖（極上）では、香りが薄かったことから、上白糖よりも評価が下がったものと思われた。

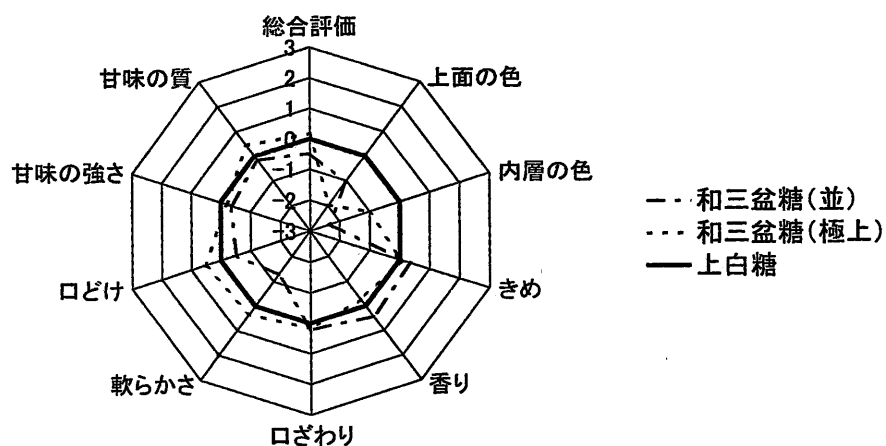


図5 和三盆糖を使用したスポンジケーキの官能評価結果

口ざわりは、両和三盆糖とも、上白糖よりややしっとりしていると評価された。

軟らかさについては、和三盆糖（並）は硬く、和三盆糖（極上）は軟らかいと評価され、機器測定値と一致した。また、被験者のコメントより、和三盆糖はサクッと歯切れの良いスポンジであると評価されていることがわかった。

口どけは、和三盆糖（並）では悪く、和三盆糖（極上）では良いと評価された。これは、スポンジの硬さに対応していると考えられた。

甘味の強さについては、両和三盆糖とも上白糖よりやや弱と評価された。甘味の質については、和三盆糖（並）は上白糖よりわずかに劣ると評価された。これは、高温で加熱された和三盆糖（並）からは、黒糖のような甘みが感じられたため、上品な甘味とは異なる印象を受けたパネルが存在したためと推察された。一方、和三盆糖（極上）では、上白糖より良いと評価された。

総合評価については、和三盆糖（並）は上白糖より好ましくなく、和三盆糖（極上）は好ましいと評価された。

官能検査の結果より、和三盆糖（並）は、色、軟らかさを除いて極端に低い評価はなく、きめの均一さ、香り、口ざわりでは、上白糖よりも評価が高かった。和三盆糖（極上）は、色を除いて極端に低い評価はなく、多くの項目で上白糖より評価の高いことが判明した。これらのことから、和三盆糖をスポンジに使用することは可能であると判断された。ただし、スポンジの軟らかさはおいしさに大きく影響するため、和三盆糖（極上）を使用した方が、嗜好性の高いスポンジを得られることが明らかとなった。

IV まとめ

カスタードプディングとスポンジケーキを和三盆糖と上白糖で調製し、上白糖との比較を通して、和三盆糖のカスタードプディングとスポンジケーキへの適用性について検討した。

和三盆糖（並）および和三盆糖（極上）で調製したプディングは、両者とも上白糖で調製したプディングよりも弾力性が低く、軟らかく、脆かった。官能検査では、両者とも上白糖で調製したプディングよりも上品な甘さであり、好ましいと評価された。和三盆糖で調製したスポンジは、和三盆糖（並）と和三盆糖（極上）とでは異なる特性を有していた。和三盆糖（並）を使用すると上白糖を使用したスポンジよりも膨化がやや悪く、硬いスポンジとなった。和三盆糖（極上）を使用すると、膨化は良好で、上白糖と同程度の硬さのスポンジとなった。官能検査では、両者とも上白糖で調製したスポンジよりもきめが細かく、しっとりしていると評価され、軟らかい和三盆糖（極上）を使用したスポンジの方が、より高い評価を得た。これらの結果より、和三盆糖は、上白糖と同様、プディングやスポンジへの使用が可能であることが明らかとなった。

地域に根ざした伝統的な食材を調理実習教材の中に取り入れることにより、食材本来の味を知り、自分自身で調理することを通して、様々な教育的効果が生まれるものと思われる。また、技術・家庭のみならず、社会科などの他教科や総合的な学習の時間などと連携を取りながら学習を進めることにより、伝統食品の素晴らしさに対する理解が深まり、日本および地域の食文化を見つめ直すよい機会になると考える。

引用文献

- 藤井淑子・島田淳子（1983）：澱粉ケーキの調製条件とその性状，家政誌，34，616-623
市川朝子・三ツ村由香里（1996）：新糖質甘味料がスポンジケーキの性状に及ぼす影響，家政誌，47，445-452
加藤保子（1999）：『食品学総論』，改訂第二版，南江堂，東京，pp.7-18，pp.161-165
川染節江・山野善正（1987）：バタースポンジケーキのテクスチャーに及ぼすバター攪拌時間の影響，家政誌，38，559-566

黒川雄一（2001）：『食材図典Ⅱ』，初版，小学館，東京，p.247

前田智子・浅川具美・森田尚文（1999）：スポンジケーキの調製における卵気泡の性状におよぼすバター添加温度の影響，家政誌，50，571-579

村田安代・寺本芳子・岡本純代・小林トミ（1985）：卵白の泡だて程度とケーキの性状について（第一報）高速泡だて法の場合，家政誌，39，151-160

越智知子（1989）：スポンジケーキの物性，調理科学，22，84-93

島田キミエ・山崎清子（1985）：『調理と理論』，第二版，同文書院，東京，pp.292-295

山中啓（1972）：四国の和三盆糖，調理科学，5，123-130