

## 砂糖と各種甘味料に関する研究

— メレンゲとスポンジケーキに及ぼす影響 —

Studies on Sugar and Sweetenings

Effects on Meringue and Sponge Cake

鉄 矢 博 子

Hiroko Tetsuya

Honey, four kinds of low calorie sweetenings and a sweetening for preventing dental caries were investigated for their character on cookery.

Their effectiveness under the cooking of meringue and sponge cake were compared with sugar's one.

As to the stability on a foaming of egg white, the said sweetenings were equivalent to sugar.

The said sweetenings gave same progressive effect on the quality of sponge cake made by the method to foam egg white together with egg yolk.

But sponge cakes made by using low calorie sweetenings were not like so much on sensory. test and not so good in preservation.

### はじめに

砂糖は料理の調味にも用いられるが、菓子の主材料または副材料として多量に用いられる甘味料である。栄養的には必須のものではないが、嗜好性が強く、消化吸収も良いため過剰摂取されやすく、肥満につながり、医療的には高血圧症、心臓病、糖尿病患者などが摂取制限をすべき食

品である。また口腔衛生の面からも虫歯発生<sup>1)</sup>の原因の一つとされている。これらの面から近年砂糖に代る甘味料の開発が盛んで、市場にも沢山出廻っている。

砂糖の甘味は温和なうえ、濃度が高くなっても質が変わらず<sup>2)</sup>、温度による変化もない<sup>3)</sup>。また結晶性（フォンダンや砂糖衣の形成など）、保水性、防腐性、抗酸化性などにより各種の調理上重要な効果を示す。市販各種甘味料を砂糖の代りに使用した時、これらの甘味料は砂糖と同様の調理性を示すのか、異るとすればどのような効果を現わすのかを知ることは、利用の上で大切なことと考える。今回は卵白の起泡性に与える影響について、特にスポンジケーキに使用した場合どのような影響を与えるのかを、砂糖との比較に於て検討することとした。

## 1. 各種甘味料の性質

昔ながらに用いられている蜂蜜を含め、ダイエット甘味料（低カロリー食品や糖尿病食に使用できる甘味料で、カロリー源にならないか、またはカロリーはあっても血糖値を上昇させないもの<sup>4)</sup>）をはじめとする低カロリー甘味料や、虫歯予防の目的で作られた甘味料など、各種甘味料について次にあげてみる。

【蜂蜜】 糖質約80%、果糖37%、ブドウ糖36%、蔗糖2～3%程で爽快な甘味と独特の風味を持ち、水あめ様の粘稠性がある。ビタミンB<sub>6</sub>や鉄分を多く含み、蜜源の花の種類により色・香・性質に相違がある。焼き物に用いた場合は風味と共に焼き上りの色沢を増す<sup>5)</sup>。

【サッカリン】 蔗糖の約500倍の甘味を有するが、そのまま尿中に排泄されるので栄養にはならない。水に溶けやすく濃厚なときはむしろ苦味を感じる。サッカリンの使用については使用基準の規制がある<sup>6)</sup>。

【D-ソルビトール（D-ソルビット）】 糖アルコールであり、その水溶液は粘稠な液体であって爽快な甘味を有する。多量に摂取すれば、下痢をおこすことがある。蔗糖に比べ吸収速度が遅く、代謝にあたってインシュリンを必要としないので、低カロリー甘味料及び糖尿病患者用甘味料として利用される。又、腸内ビタミン合成に及ぼす生理的栄養価値が承認されている<sup>7)</sup>。

【澱粉糖】 澱粉糖は澱粉を酸又は酵素で処理したもので、糖化方法や糖化程度によって糖化液の構成糖の種類や割合が異なり、このため澱粉糖の種類と性状はきわめて複雑多岐である。その中の1・2の代表的なものをあげる<sup>1), 8)</sup>。

麦芽水飴：液化した澱粉を麦芽の酵素で糖化し、濃縮してつくられる。麦芽水飴に特有の温和で深みのある甘味をもつ。酸糖化の普通水飴に比べ吸湿性が少ない。

ブドウ糖果糖液糖：砂糖の完全転化糖や蜂蜜の糖組成に近い果糖分を含有しているため、高い甘味度（砂糖とほぼ同等）を示す。くせない上品な甘味特性をもっている。

【ステビオサイド】 近年非常に注目されるようになったもので、南米原産のステビアの葉を原料とする低カロリーの甘味料で砂糖の60～100倍の甘味をもつ。生理学的にも無害とされ血糖減少作用といった糖尿病・肥満への予防効果もある。<sup>9)</sup>

【カップリングシュガー】 カップリングシュガーは蔗糖のグルコース側の末端に、さらにグルコースが数個結合したオリゴ糖の混合物に与えられた名称である。これらの糖は口腔細菌によってほとんどデキストランを形成しないので、蔗糖に比べて虫歯になりにくい糖として開発された。水分を含有するシラップ状で市販され、水飴と同様の粘性を示し、非結晶性である。甘味度は蔗糖の約 $\frac{1}{2}$ で後味の切れのよい良質の甘味をもち、保水性もよい。<sup>10)</sup>

これらの甘味料が各々の目的で使用される場合、単独で用いられることは少なく、何種類かの甘味料を組み合わせ、味や性状の欠点を補う様な形で市販されていることが多い。市販されている甘味料の代表的なものを表1にあげる。

表1. 市販各甘味料の性質

甘 味 料 名	表 示 成 分 (%)	表示甘味度 (蔗糖を1とする)	表示カロリー (100g当り)	性 状
砂 糖 (上白糖)	糖 質 99.2 (a)	1	384 (a)	粉末状
蜂 蜜	糖 質 79.7 (a)	0.7 (b)	309 (a)	液 状
低カロリー甘味料A (商品名: シュガット)	D-ソルビット 99.63 サッカリンナトリウム 0.035 L-グルタミン酸ナトリウム 0.01 クエン酸ナトリウム 0.01	2	表示なし	粉末状
低カロリー甘味料B (商品名: シュガーカット)	還元麦芽糖水飴 99.45 サッカリンナトリウム 0.55	2	35	液 状
低カロリー甘味料C (商品名: マービー)	糖 質 74.9 (原料:還元麦芽糖 水飴100%と表示あり)	0.7～0.8	40	液 状
低カロリー甘味料D (商品名:マイホーム シュガー)	蔗 糖 ステビア抽出物 その他天然物 (成分パーセントの表示なし)	5	80	粉末状
虫歯予防用甘味料 (商品名:デンタル シュガー)	ブドウ糖果糖液糖 20 カップリングシュガー 80	0.8	275	液 状

(a) 三訂補 日本食品標準成分表による

(b) 各糖の含有量<sup>5)</sup>と甘味度<sup>3)</sup>より算出

表1にあげた甘味料を用いて以下の実験を行なうこととする。なお用いた上白糖は三井製糖<sup>(株)</sup>製、蜂蜜はアカシアのものでみさとハネー製、低カロリー甘味料Aー以下低カロリーAと略すー堀内伊太郎商店<sup>(株)</sup>製、低カロリー甘味料Bー以下低カロリーBと略すー堀内伊太郎商店<sup>(株)</sup>製、低カロリー甘味料Cー以下低カロリーCと略すー林原生物化学研究所<sup>(株)</sup>製、低カロリー甘味料Dー以下低カロリーDと略すー台糖食品販売<sup>(株)</sup>製、虫歯予防用甘味料ー以下虫歯予防用と略すー堀内食品工業<sup>(株)</sup>製である。

## 2. 各種甘味料がメレンゲに及ぼす影響

砂糖はメレンゲに艶を与え、泡のきめを細かくし、泡のたちすぎを抑えたり、比重を重くしたり、安定性を与える。<sup>11)</sup>他の甘味料を用いた場合、メレンゲにどのような影響を与えるか、又それは砂糖を用いた場合とどの様に異なるかを調べることにした。

### (1) メレンゲの起泡性に及ぼす影響

各種甘味料を用いたメレンゲの泡立ちの状態は、比重を測定することにより観察した。シャーレでメレンゲの重量をはかり、同一シャーレによる水重量で除して比重を求めた。

試料：鶏卵（卵白のみ）は市販品、各種甘味料は表1にあげた7種類を用いた。

方法：卵白を均一にするため、まとめて裏ごしをする。このうち30gをボールにとり、35℃に<sup>12)</sup>し、各甘味料を加えて、よく溶かし、電動ミキサー（GEミキサーM45X型）を用いて30分間泡立てた。途中泡立て時間毎に比重を求める。甘味料の使用量は砂糖使用の場合の甘味と同程度となるよう表1の甘味度より算出した。砂糖は30g（卵白と同量）、蜂蜜は42.3g、低カロリーAは15g、低カロリーBは15g、低カロリーCは42g、低カロリーDは6g、虫歯予防用は36gである。

### 結果及び考察

結果は図1のグラフに示した。用いた甘味料の種類や量が異なるので比重より各メレンゲの起泡性を比較することはできないが、泡立て10分～15分迄はいずれのメレンゲも比重が軽くなっている。即ち、どの甘味料を用いても起泡性は見られた。比重が1よりかなり低い値を示すことより、かなりの起泡性が考えられる。蜂蜜・低カロリーA・低カロリーC・虫歯予防用を用いたメレンゲは砂糖と同様、ある一定の泡立て時間が過ぎると粘りが出て比重が重くなり泡がつぶれる。上記のメレンゲの特徴は艶があり、きめが細く、重みがある。これに対し、低カロリーB・低カロリーDを用いたメレンゲは、ある一定の泡立て時間が過ぎても比重にあまり変化はみられない。この2種のメレンゲは砂糖のものに比べ艶もなく、きめも荒く、重みがない。

### (2) メレンゲの安定性

各種甘味料を用いたメレンゲの泡の安定性を観察した。泡の安定度は泡を放置した場合の戻り

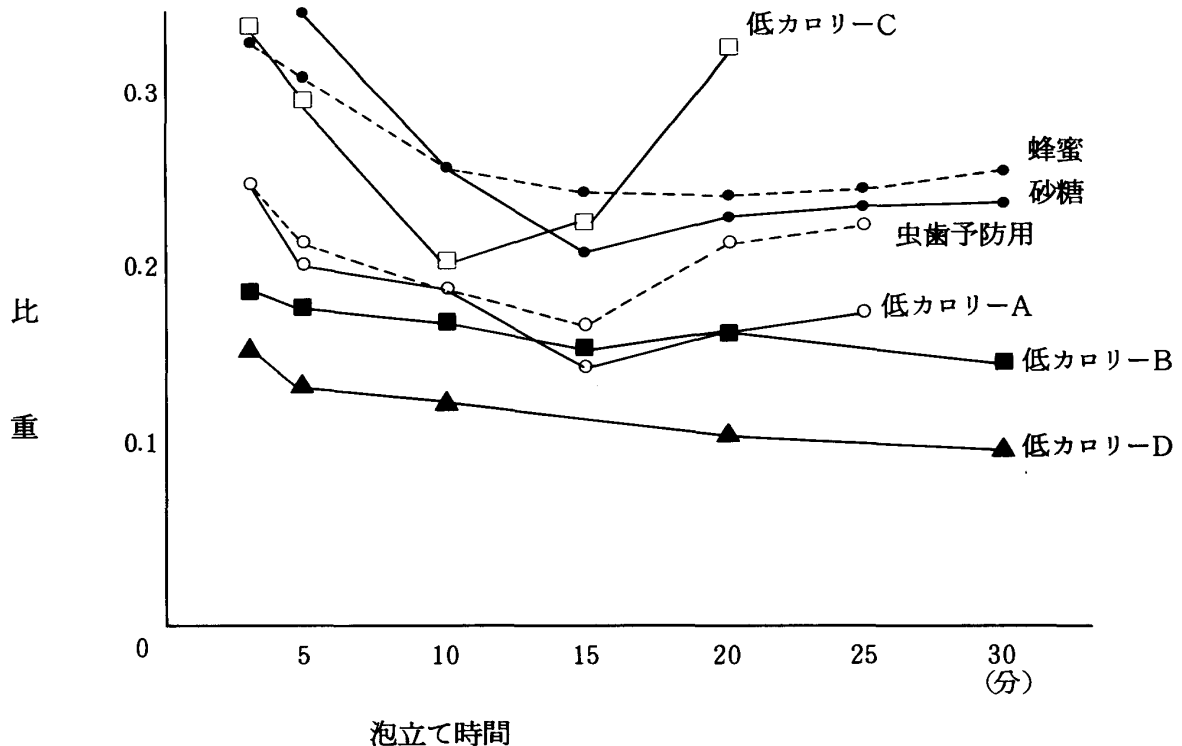


図1 メレンゲの比重

液をもって判定する。<sup>13)</sup>

試料：(1)と同じ。

方法：(1)と同様の方法でメレンゲを作る。出来たメレンゲの全量を目皿付きロートにとり、経過時間毎に分離液を測定した。泡立て時間は比重の最も軽くなった時が起泡の最もよい状態とみなし、(1)の結果より、低カロリーC以外は15分間、低カロリーCは10分間とした。なお、比較のため、卵白のみで泡立てたものについても分離液を測定した。泡立て時間は予備実験から60秒とした。

#### 結果及び考察

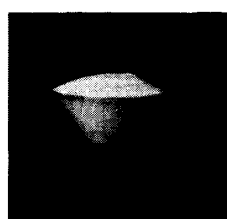
結果は表2に示した。砂糖・蜂蜜・低カロリーC・虫歯予防用を用いたメレンゲは15分まで分離液がなく、非常に安定性のよいことがわかる。低カロリーA・低カロリーB・低カロリーDはわずかに離水がみられる。甘味料を加えない卵白のみのものは5分後すでに5ccの分離液があり、起泡の安定性が非常に悪いことがわかる。以上のことからいずれの甘味料も卵白の起泡性に対し安定性を与えているといえる。

メレンゲを目皿付きロートに移した直後の状態を写真1に示す。蜂蜜・低カロリーC・虫歯予

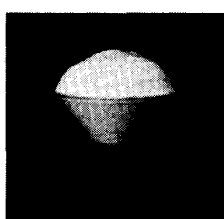
表 2 メレンゲの分離液量

経過時間(分)	砂糖	蜂蜜	低カロリーA	低カロリーB	低カロリーC	低カロリーD	虫歯予防用	卵の白み
5	0	0	0	0	0	0.1	0	5.0
10	0	0	0	0.2	0	1.0	0	8.4
15	0	0	0.3	1.4	0	2.6	0	10.2

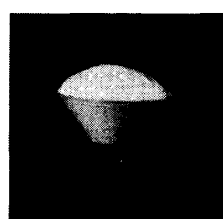
(単位 cc)



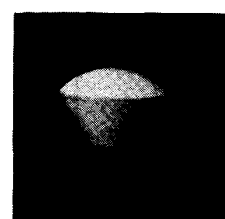
砂糖



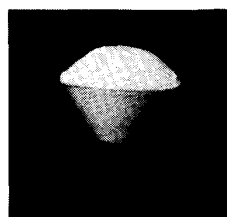
蜂蜜



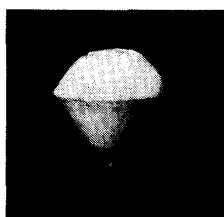
低カロリーA



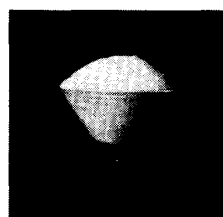
低カロリーB



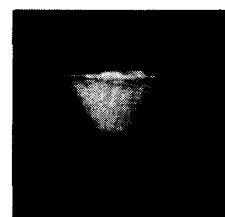
低カロリーC



低カロリーD



虫歯予防用



卵白のみ

写真 1 各種甘味料を用いたメレンゲ

防用を用いたメレンゲは砂糖のものより泡の量が多い。これはそれらの甘味料の使用量が砂糖のものより多いので、全体量が多くなるためとも考えられる。一方低カロリーA・低カロリーB・低カロリーDはその使用量が少ないにもかかわらず、砂糖のものより泡の量が多い。このことは低カロリーA・低カロリーB・低カロリーDは砂糖より、卵白の起泡性を高める効果があることを意味している。この傾向は低カロリーDに於て著しい。

### 3. 各種甘味料がスポンジケーキに及ぼす影響

卵白の起泡性を利用したものにスポンジケーキがある。スポンジケーキの膨化には卵白の起泡の良否が大きく影響を与える。2の実験から、各種甘味料は卵白の起泡性に安定性を与えることがわかった。これらの結果を基に各種甘味料を用いてスポンジケーキを作成し、その性状・品

質について砂糖を用いたものとどのように異なるかを調べることとした。また砂糖はスポンジケーキの形を美しく仕上げ、光沢を与え、焼き色をつける。<sup>13)</sup>これらの効果についても比較・検討することとした。また官能テストを行ない、その性状・嗜好性・品質の検討も行なってみることとした。

#### (1) 共立て卵の起泡性

スポンジケーキの作成には別立て法と共立て法がある。今回のスポンジケーキは共立て法で作成することとしたので、最高の泡立ち状態は何分間の攪拌時間で得られるかを知るため、共立て卵の攪拌時間毎の泡立ち状態を知ることとした。スポンジケーキの材料配合は最近出版された菓子づくりの本を各種調べた結果、卵5：小麦粉3：砂糖3の配合が多いので、これを用いることとした。直径18cmの丸型を用いてスポンジケーキを作成することとし、分量は卵150g・小麦粉90g・砂糖90gを基本とした。他の甘味料を用いるスポンジケーキは卵と小麦粉の割合は変化させず、甘味料のみ砂糖と同程度の甘さになる様、使用量を調節することとした。スポンジケーキ型に入れる生地量を290gと統一したので、使用量の少ない甘味料に関しては生地量が290g以上になるよう表3のように配合した。この表の配合で卵と甘味料を用い共立て法で泡立てた

表3 スポンジケーキの試料配合

卵 (g)	小麦粉(g)	甘 味 料 (g)
150	90	砂 糖 90
150	90	蜂 蜜 127
200	120	低カロリーA 60
200	120	低カロリーB 60
150	90	低カロリーC 126
200	120	低カロリーD 24
150	90	虫歯予防用 108

場合、攪拌時間によりどのような起泡性が得られるかを調べることとした。起泡性は比重を測定することと泡立ちが良ければ液滴は落ちにくく、泡立ちが悪ければ早く落ちることから共立て卵を内径0.55cmのガラス管で20cmまで吸い上げ、5滴落下の時間をはかることにより観察した。<sup>12)</sup>

方法：卵を均一にするためま  
とめて裏ごしをする。卵をボールにとり35℃にし、甘味料を加

えてよく溶かし、電動ミキサーを用いて17分間泡立てた。途中泡立て時間毎に比重と5滴落下の時間を測る。

#### 結果及び考察

結果は表4に示した。一定の泡立て時間まではいずれの共立て卵でも比重が軽くなっている。即ちどの甘味料を用いても2.の(1)の卵白と同様、共立て卵でも起泡性はみられた。5滴落下の時

表 4 共立て卵の比重と5滴落下の時間

発 立 時 間 (分)	砂		糖		蜂		蜜		低カロリーA		低カロリーB		低カロリーC		低カロリーD		虫歯予防用	
	比重	5滴落下の時間 (分) (秒)	比重	5滴落下の時間 (分) (秒)	比重	5滴落下の時間 (分) (秒)	比重	5滴落下の時間 (分) (秒)	比重	5滴落下の時間 (分) (秒)	比重	5滴落下の時間 (分) (秒)	比重	5滴落下の時間 (分) (秒)	比重	5滴落下の時間 (分) (秒)	比重	5滴落下の時間 (分) (秒)
3	0.40	12	0.45	4・51	0.33	11	0.26	46	0.32	48	0.42	18	0.20	3・20				
5	0.31	44	0.21	7・35	0.23	4・52	0.16	10・28	0.23	7・25	0.39	28	0.17	6・55				
7	0.23	8・34	0.19	4・49	0.19	11・19	0.14	13・48	0.20	10・36	0.36	53	0.16	7・28				
9	0.23	12・15	0.19	10・47	0.16	22・47	0.14	9・18	0.20	11・8	0.36	1・34	0.16	8・33				
11	0.20	13・11	0.18	11・8	0.16	21・6	0.13	17・16	0.20	11・36	0.34	1・49	0.16	9・39				
13	0.21	12・24	0.19	10・57	0.15	28・12	0.13	18・2	0.21	10・34	0.32	2・10	0.17	9・7				
15	0.22	11・24	0.19	14・26	0.15	11・31	0.13	14・0	0.21	10・4	0.30	2・14	0.17	8・22				
17	0.22	11・24	0.19	11・27	0.15	19・30	0.13	13・59	0.21	7・48	0.30	2・30	0.17	9・4				

表 5 乾 燥 率

甘味料なし	砂	糖	蜂	蜜	低カロリーA	低カロリーB	低カロリーC	低カロリーD <sub>1</sub>	低カロリーD <sub>2</sub>	虫歯予防用
9.7	5.2		5.2		6.9	6.9	6.9	6.6	8.3	4.1

(単位 %)



間からもこのことが認められる。ただし、低カロリーDのものは他のものと比較して著しく短い落下時間であった。低カロリーDはメレンゲの写真(写真1)から、卵白のみを用いた場合は高い起泡性を示していたが、今回の共立て卵の場合は著しく起泡性を低下させていることが分る。17分泡立てたものでも液状に流れてしまう程であった。即ち、低カロリーDを用いた場合は卵黄の脂肪により消泡されやすいと考えられる。

以上の結果から、表3の試料配合で共立て法で起泡させる時、低カロリーAと低カロリーBは13分、低カロリーDは17分、それ以外の甘味料を用いる場合は11分の攪拌時間により最高の起泡性が得られることが分った。

## (2) 各種甘味料を用いたスポンジケーキ

### (a) スポンジケーキの作成

試料：試料の配合は表3の通りである。なお用いた小麦粉は日清製粉製薄力粉(商品名バイオレット)、鶏卵は市販品である。

方法：卵を均一にするため、まとめて裏ごしする。卵をボールにとり、35℃にし、甘味料をよく溶かし、(1)の結果に基づいて各時間泡立てる。これに二度ふるった小麦粉を木杓子で混ぜ、このうち290gを内径18cm、高さ6cmの丸型のスポンジケーキ型に流し、電気オーブン(ナショナル電気NB-6302、内寸28.1cm×奥行24.7cm×高さ22.9cm)にて、170℃天板中段で加熱した。加熱時間は予備実験の結果より25分間と統一した。なお低カロリーDのものは(1)の結果より、共立て法では起泡性が悪く、また粉末状の甘味料であるので小麦粉に混合して用いる方法もとることにした。卵に混ぜる方法を低カロリーD<sub>1</sub>とし、小麦粉に混ぜる方法を低カロリーD<sub>2</sub>とする。又、比較のため甘味料を用いず卵と小麦粉のみのスポンジケーキも作成した。卵200g、小麦粉120gを用い、予備実験より攪拌時間を9分間とし、これを甘味料なしとした。

### (b) スポンジケーキの性状

(a)で作成したスポンジケーキの乾燥率・形均整率・膨化率・焼き色・硬さ・弾力性・咀嚼性について測定した。測定法は次の通りである。

乾燥率：スポンジケーキ生地の重量(全て290gに統一してある)より仕上り重量をひいて生地の重量で除して100を掛け乾燥率とした。

形均整率：スポンジケーキの中心を通る切断面の末端部の高さを中央部の高さで除して100を掛け形均整率とした。これは出来上りの形状の良し悪しを示すものである。

膨化率：スポンジケーキの仕上りの高さの平均を生地の高さで除して100を掛けて膨化率とした。

焼き色：色差計(日本電工業株式会社製、CS-K5型)により、表面・切り口・底面の色を

をL・a・b系により測定し、L・a・b値から明度・色差を求めた。色差は砂糖のものを基準とした。

硬さ・弾力性・咀嚼性：表面・切り口・底面部位についてレオロメーター（飯尾電気<sup>10)</sup>製, RMT-1300）を用い測定した。プランジャー13φで行なう。咀嚼性とはのみこめる状態まで咀嚼するのに要する力のことを意味する。

### 結果及び考察

乾燥率の結果を表5に示した。甘味料なしのものに比べて甘味料を用いたものはいずれも乾燥率が低い。虫歯予防用のものは粘稠性があり保水性もよいので、最も低い値を示したと考えられる。甘味料の添加方法が異なった低カロリーD<sub>1</sub>と低カロリーD<sub>2</sub>のものの乾燥率に差が見られるのは興味深い結果である。

各種甘味料を用いたスポンジケーキの表面と中心線の切り口を写真2で示す。また形均整率と膨化率の結果は図2に示した。

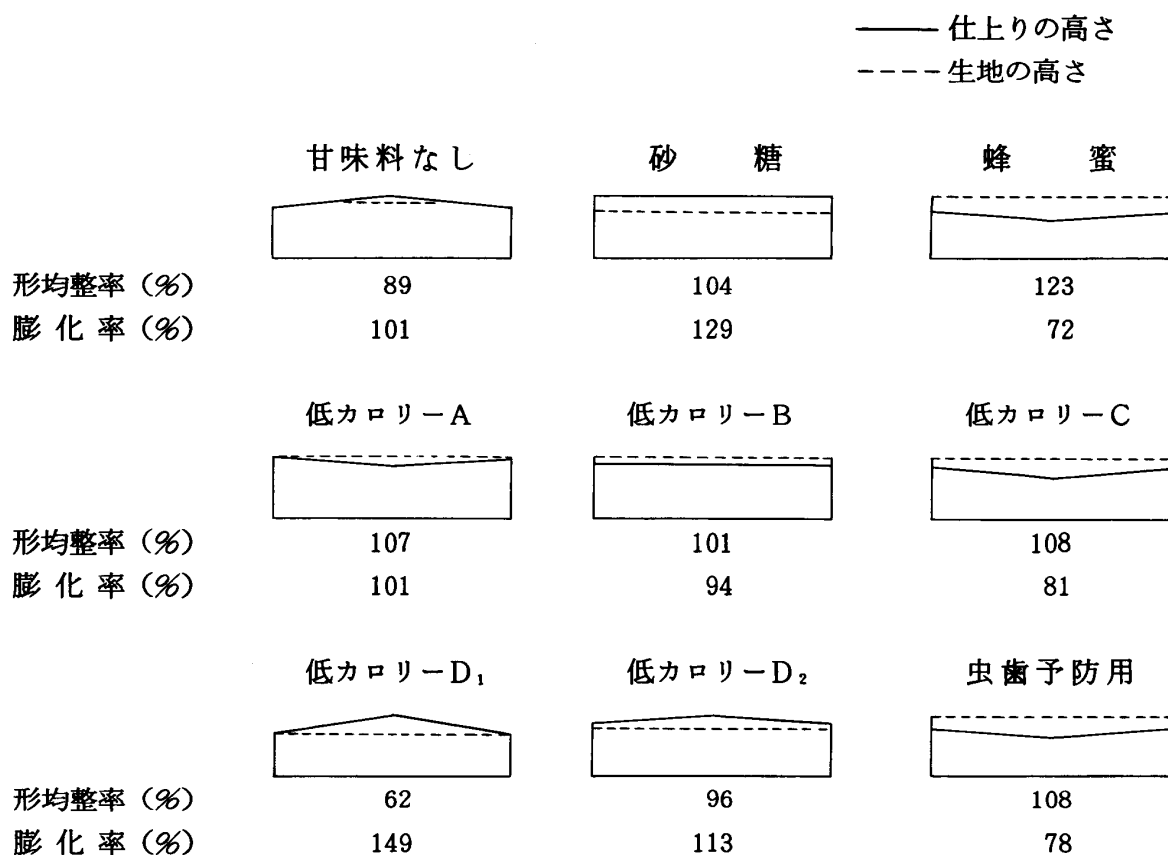
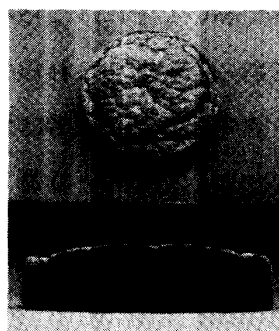
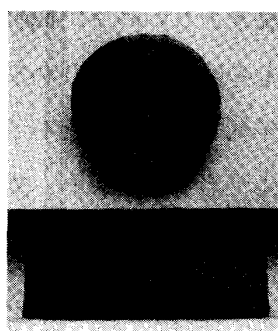


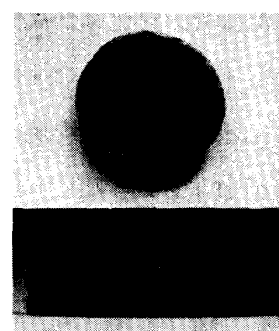
図2 各スポンジケーキの形均整率・膨化率



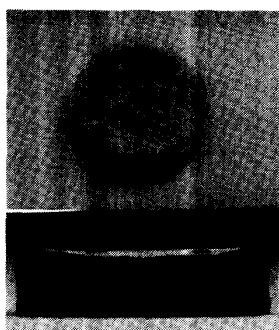
甘味料なし



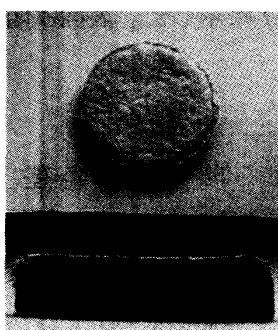
砂糖



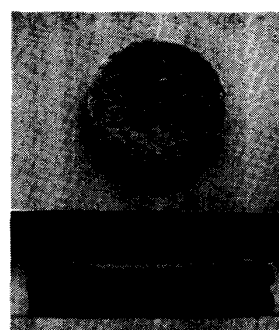
蜂蜜



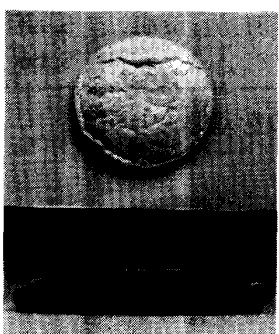
低カロリーA



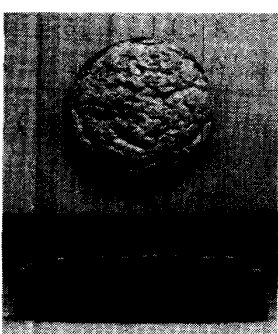
低カロリーB



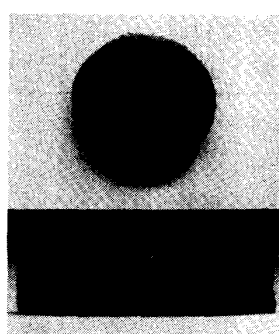
低カロリーC



低カロリーD<sub>1</sub>



低カロリーD<sub>2</sub>



虫歯予防用

写真2 各種甘味料を用いたスポンジケーキ

生地を290gに統一したが、スポンジケーキ型に流した生地の高さは各種甘味料により異なる。砂糖・低カロリーD<sub>1</sub>・低カロリーD<sub>2</sub>のものの生地の高さが低い。中でも低カロリーD<sub>1</sub>のものは著しく低く、これは(1)の共立て卵の実験の結果起泡性が非常に低かったことによるものであろう。膨化率は低カロリーD<sub>1</sub>・砂糖のものの値が高いが、低カロリーD<sub>1</sub>は生地の高さが

低かったので、膨化率が高いといって、焼き上りの高さが他のものに比べて高いことにはならない。蜂蜜・低カロリーC・虫歯予防用のものは100%よりかなり低い値であった。即ちこれらのものは生地の高さよりも焼き上りの高さが低くなったことを示している。さらにこれら三者は形均整率が100%より高く、中央がおちこんだ形をしており、加熱中に泡がつぶれたものと推測される。一方低カロリーD<sub>1</sub>・低カロリーD<sub>2</sub>・甘味料なしのものは中央が盛り上った形となった。

色差計による測定結果を表6に表す。表面の焼き色は各種甘味料によるちがいが大きく、内部色はほぼ同じであることが明度・色差の結果から分る。また写真2よりもこれらのことが観察される。

硬さ・咀嚼性・弾力性の結果は表7に示した。表面は咀嚼性・弾力性が低い傾向にあ

表6 明度及び色差

		甘味料 なし	砂糖	蜂蜜	低カロ リーA	低カロ リーB	低カロ リーC	低カロ リーD <sub>1</sub>	低カロ リーD <sub>2</sub>	虫 歯 予防用
明 度	表 面	66.6	38.2	28.7	53.5	57.8	50.7	73.2	61.4	31.7
	切り口	74.6	77.7	73.0	73.5	75.7	73.6	80.0	74.9	72.1
	底 面	67.1	51.0	50.9	54.4	69.5	56.7	75.5	62.4	51.6
a) 色 差	表 面	34.58	0	12.76	18.16	24.42	17.56	43.17	29.49	7.29
	切り口	4.72	0	5.62	4.29	4.16	4.34	5.81	5.41	5.83
	底 面	20.94	0	1.93	4.09	24.51	8.15	29.81	16.26	5.66

a) 砂糖のものを基準とした。

表7 硬さ・弾力性・咀嚼性

		甘味料 なし	砂糖	蜂蜜	低カロ リーA	低カロ リーB	低カロ リーC	低カロ リーD <sub>1</sub>	低カロ リーD <sub>2</sub>	虫 歯 予防用
硬 さ	表 面	3.13	2.00	2.43	2.20	2.17	2.46	4.80	2.97	1.73
	切り口	0.83	1.30	0.93	0.80	0.93	1.23	1.83	1.80	1.50
	底 面	4.20	4.00	2.57	4.27	3.60	3.27	3.43	4.47	2.00
弾 力 性	表 面	2	2	1	1	1	2	5	2	5
	切り口	8	9	10	9	7	8	9	6	4
	底 面	8	10	7	7	8	8	8	6	9
咀 しゃ く 性	表 面	3.39	1.96	1.17	1.19	1.06	1.19	15.6	2.79	4.33
	切り口	5.58	11.93	10.23	4.90	5.01	4.90	13.83	7.78	4.86
	底 面	22.51	37.60	11.70	19.73	22.75	19.73	19.48	20.92	13.68

る。切り口は弾力性が高く、咀嚼性・硬さが低い傾向にある。底面は硬さ・咀嚼性・弾力性共高い傾向にある。

以上の測定結果から各スポンジケーキについての特徴をあげてみると次の通りである。

砂糖を用いたスポンジケーキは仕上りの高さが最も高く、形が整っている。乾燥率は低カロリー甘味料のものより低く、保水性がよい。表面・切り口はやわらかいが底面が硬く咀嚼を要する。表面色については今回少しつきすぎの傾向にあるが、電気オーブンの高さが低く、スポンジケーキが膨化するとオーブンとの距離が近くなるため表面の焼き色が強くなった。アルミホイルを使用する方法もあったが、今回は行なわなかった。スポンジケーキの内部色は低カロリーD<sub>1</sub>に次いで明度が高く、表面色との差が大きい。

蜂蜜を用いたスポンジケーキは乾燥率が砂糖と同じで保水性は良いが、生地の高さが高かったにもかかわらず膨化率が最も低い。形は中央のおちこみが大きい。表面の焼き色は最も濃い。蜂蜜のものは全体がやわらかく、咀嚼しやすい。

低カロリーAと低カロリーBは似かよった測定結果が出ている。二者とも仕上りの高さが砂糖の次に高く、形が整っている。表面の焼き色はほどよくついている。レオロメーターによる測定値は砂糖のものと似ているが、砂糖のものより咀嚼しやすい。

低カロリーCを用いたスポンジケーキは生地の高さは高いが、膨化率は低く、中央がおちこんだ形をしている。表面の焼き色は中位である。低カロリーCのものは砂糖のものより咀嚼しやすい。

低カロリーD<sub>1</sub>のスポンジケーキは他のものに比べ仕上りの高さが著しく低く、中央が大きく盛り上った形をしている。焼き色は表面・切り口・底面共明度が最も高く、砂糖との色差が著しい。焼き色がうすく、不足の傾向が強くみられる。スポンジケーキ全体が硬く、表面は特に硬い。咀嚼を要し、弾力がある。低カロリーD<sub>1</sub>のものは測定結果に著しい特徴がみられた。

低カロリーD<sub>2</sub>のスポンジケーキは甘味料使用の他のものに比べ乾燥率が高い。試料配合が同じにもかかわらず低カロリーD<sub>1</sub>のものに比べ仕上りの高さが約2倍近い。このため低カロリーD<sub>1</sub>に比べ水分の蒸発がされやすいと考えられるが、他の甘味料のものより高い値を示しているのは使用量が非常に少ない(表3)ことと共に保水性が悪いことによるのではないかと考察する。表面の焼き色はうすく、仕上り形態は中央はやや山をなしているが、低カロリーA・低カロリーBに似ている。レオロメーターによる測定結果も同様である。

虫歯予防用を用いたスポンジケーキは乾燥率が最も低く、保水性がよい。蜂蜜のものと似た傾向がみられる。即ち生地の高さは高いが、仕上りの高さが低く、スポンジケーキの形は中央がおちこんでいる。表面の焼き色は濃く、つきすぎの傾向がみられ、内部色は最も濃い。虫歯予防用

のものは表面の弾力が強いのが特徴である。このため表面の咀嚼性も高い。

甘味料なしのものは乾燥率が最も高く、甘味料を用いたものに比べ、保水性が少ないことが分る。砂糖のものに比べ焼き色が少ない。表面は硬く、咀嚼性が高いが、切り口・底面においてはむしろ低い値を示している。

### (c) 官能検査

食品の品質検査には、パネルによる官能的測定法（主観的）と機器的測定法（客観的）がある。客観的なものは(b)で測定したが、香・味・味の好み等について官能検査を行なうこととした。パネルは本学調理学研究室の女子教官と学生の10名である。検査項目は表面の状態として着色・艶・硬さ・湿乾・しわ又はきれつ、内部の状態としてきめ・均一さ・色、香として卵臭・粉臭・全体の香、味として甘味の強弱・味の好み・やわらかさ・くちどけ、全体としてどうかの16項目行なった。

### 結果及び考察

結果は表 8 に示した。

砂糖を用いたスポンジケーキについては表面色が少しつきすぎとする者や少しやわらかいとする者もあるが、外観・内部の状態・味・好みの点でスポンジケーキとして品質が高いという評価を得ている。卵臭・粉臭が感じられないのはスポンジケーキの加熱中にカラメル化することやアミノカルボニル反応を起こすことにより、焙焼香気が生ずるためと考えられる。またこの時褐変現象が起こることにより、スポンジケーキの焼き色がつくと考えられる。

蜂蜜を用いたスポンジケーキは表面の艶がなく、やわらかくて少し湿ぼく、内部のきめは少しあらいという結果が得られた。表面色については非常につきすぎという者が9名もあった。主成分が還元糖であるため、砂糖のものよりアミノカルボニル反応<sup>5)</sup>が起りやすいためと考えられる。全体評価にバラツキがみられたのは蜂蜜特有の味・香に好みがあるためと思われる。甘味については少し甘すぎるとする人が多いのは蜂蜜は不純物を多く含んでいるために甘味を強く感じたためと考えられる。又、今回は蜂蜜の甘味度を果糖とブドウ糖の各々の量より算出したが、この二者がほぼ同量に含まれていることより転化糖として考えれば、当然使用量が多すぎたこととなり、このような結果となったものと考えられる。

低カロリーAを用いたスポンジケーキは表面色が少し不足とされているが、外観的にはよい結果が得られている。内部の状態はやや悪く、粉臭が少し感じられるとする者が多い。これは砂糖や蜂蜜と比べカラメル化やアミノカルボニル反応による焙焼香気が少なかったためと考えられる。味の好みは悪いとされているが、これは成分にサッカリンナトリウムが含まれているためと考えられる。このため全体的にみて悪いと評価されている。

表 8 官能検査

		砂糖	蜂蜜	低カロリー A	低カロリー B	低カロリー C	低カロリー D <sub>1</sub>	低カロリー D <sub>2</sub>	虫歯予 防用	甘味料なし
表 面 の 状 態	着 色	非常につきすぎ	9						5	
		少しにつきすぎ	3	1					5	
		良 い	7		3	9	8	1	6	
		少 し 不 足			7	1	2	7	4	3
		非常に不足					2			7
	艶	良 い	6	1	4	9	7	7	5	3
		少しさえない	3	4	4	1	3	1	4	6
		さ え な い		5	2			2		7
	硬 さ	非常に硬い					7			10
		少 し 硬 い	1		4		1	2	4	1
		良 い	5	4	6	7	6	1	5	5
		少しやわらかい	4	2		1	3		1	2
	湿 乾	非常に やわらかい		4		1				2
		湿 ば い	1	5			1	8		3
		良 い	8	2	8	8	7	1	9	7
		乾 き す ぎ		2	2	1	1	1		10
	し わ 又 は き れ つ	非常にある					6	4		8
		あ る		2	2			1	3	1
		少 し あ る		1	1	4	2	3	3	4
		な い		7	7	5	8			5
内 部 の 状 態	き め	非常にこまかい				1		7		
		少しこまかい	2	1		2		2		
		良 い	4	2	1	7	2	1	1	1
		少しあらい	3	4	8		7		8	7
	均 一 さ	非常にあらい		3	1				1	3
		非常に均一	2					2		
		少 し 均 一	2	2		1	1	2	1	1
		良 い	3	3	2	1	2	4		1
	色	少し不均一	3	4	7	6	6	2	9	7
		非常に不均一		3	1	2				1
		非常につきすぎ								1
		少しにつきすぎ		4	1	1	1		1	1
	色	良 い	9	5	8	9	8	9	9	4
		少 し 不 足	1	1			1	1		
		非常に不足								1

		砂糖	蜂蜜	低カロリー A	低カロリー B	低カロリー C	低カロリー D <sub>1</sub>	低カロリー D <sub>2</sub>	虫歯予 防用	甘味料なし
香	卵 臭	な い	6	7	5	3	3	4	3	5
		少 し あ る	4	2	5	6	4	5	6	2
		あ る		1		1	3	1	1	2
	粉 臭	な い	9	9	3	5	5	6	6	7
		少 し あ る	1	1	7	3	5	2	4	2
		あ る				1		2		2
	全 体 の 香	非常に良い	2	2		1				2
		少 し 良 い	3	3		1		1		3
		普 通	5	5	7	4	6	3	3	2
		少 し 悪 い			3	4	3	5	6	3
		非常に悪い						1	1	2
	甘 味	非常に甘い		1						1
		少 し 甘 い	3	6	1	2	1			
		良 い	7	2	7	6	1	1	2	4
		少 し 不 足		1	2	2	7	5	2	4
味	味 の 好 み	非常に不足					1	3	5	1
		非常に良い				1				1
		少 し 良 い	4	2				1		1
		普 通	6	6	2	2	1			3
	や わ ら か さ	少 し 悪 い		2	6	5	8	5	6	5
		非常に悪い			2	2	1	3	4	
		非常に硬い			2	5	1	3	3	
		少 し 硬 い		2	7	3	7	5	7	3
	く ち ど け	良 い	7	1			1	1		5
		少しやわらかい	3	5				1		
		非常に やわらかい		2		2				2
		非常に良い	2	1		1				1
全 体 的 に み て	全 体 的 に み て	少 し 良 い	4	3			1			1
		普 通	4	2		2				2
		少 し 悪 い		3	5	6	7	7	4	5
		非常に悪い		1	5	1	2	2	6	1
		非常に良い	4	1		1				1
		少 し 良 い	5	2			1	1		1
	全 体 的 に み て	普 通	1	3	1	1	2			3
		少 し 悪 い		3	7	7	6	3	7	5
		非常に悪い		1	2	1	1	5	3	
		非常に良い	4	1		1				1

低カロリーBは低カロリーAとほとんど同じ評価を得ている。主成分は還元麦芽糖であるが、表面の焼き色はうすい。サッカリンナトリウムを含むため、味が好まれず、全体的にみて悪い評価を得ている。

低カロリーCのスポンジケーキは表面の焼き色がよく、外観的にはよい結果が出ている。内部の状態はやや悪い。甘味が不足しており、このためか味は好まれていない。またくちどけが悪く、硬いため、全体的にみてよい評価が得られていない。

低カロリーD<sub>1</sub>のスポンジケーキは外観が悪く、低カロリーD<sub>2</sub>のものは外観はよい。しかし二者とも甘味が不足しており、味が好まれず、口どけが悪いと評価されている。以上のことから低カロリーDのものはどちらの方法で作成しても、スポンジケーキとして好まれないものと思われる。今回は共立て法で作成したが、別立て法で作成した場合は低カロリーDに卵白の起泡性を特に高める効果があるので、共立て法よりよい品質のものが得られるかもしれない。

虫歯予防用を用いたスポンジケーキは表面の焼き色がつきすぎという結果が出た。主成分であるカップリングシュガーはアミノカルボニル反応による着色はされにくいといわれている<sup>14)</sup>が、20%含まれているブドウ糖果糖液糖がアミノカルボニル反応やカラメル化を起こしやすいためであると考えられる。外観的にはあまりよい評価が与えられていず、内部のきめも少しあらく、不均一であるとされている。味・香については結果にバラツキがあるが、全体的にみて、低カロリー甘味料よりよい評価がされている。甘味に関して不足と半数の人が感じるため、その使用量を増やすことも考えられるが、そのことはスポンジケーキの外観をさらにそこねることになると考えられる。

甘味料なしのものはいずれの項目も非常に悪いという評価を得ている。このことから各種甘味料は砂糖と同様スポンジケーキの品質向上に何らかの効果を与えていることが明らかとなった。

レオロメーターによる結果は熟練したパネルによる官能的判定結果とよい相関関係を示すといわれている<sup>15)</sup>。(b)で行なった客観的測定値と官能検査によるスポンジケーキの外観・色等の主観的測定値との関連について検討してみた。

表面の焼き色は色差計による明度測定と官能検査による評価とはほぼ一致している。内部色については明度測定の結果では甘味料なしのものも他のものとあまり変わらない数値であるが、官能検査の結果では半数の人がつきすぎと感じている。表面色がうすいため、官能検査では内部色がつきすぎと感じた人がいたものと考えられる。乾燥率が低い砂糖・蜂蜜・虫歯予防用のものは官能検査の結果でも内部がやわらかい又は良いと評価されている。一方乾燥率が最も高い甘味料なしのものは著しく硬いと評価されている。

レオロメーターによる測定値では低カロリーD<sub>1</sub>のものは最も硬く、咀嚼性も大であった。



甘味料なしのものは低カロリーD<sub>1</sub> に比べよい結果が出ているにもかかわらず、官能検査では硬く、口どけも悪いと低い評価がされている。これらのことから、甘味料が入ることにより、官能的評価が高められる場合のあることが分る。

砂糖以外の甘味料を用いたスポンジケーキはいずれも砂糖のものより品質が落ちる。即ちスポンジケーキに於いては砂糖と同等の調理効果を得ることは出来なかった。しかし低カロリーD<sub>1</sub>を除く他の甘味料を用いたスポンジケーキは外観的にはかなりよいものであった。低カロリーD<sub>1</sub>のものでも、添加順序を変えることにより、低カロリーD<sub>2</sub> のようによい外観のものが得られた。また今回は共立て法で作成したが、メレンゲの結果より別立て法で作成した場合さらにより品質のものが得られるのかもしれない。このことが内部の状態や口どけ等に良い結果をもたらすのではないか。乾燥率が高いことから硬さを感じさせるのであれば牛乳等の添加も考えられる。低カロリー甘味料のものはあまり甘味の質が好まれていないようであるが、コーヒー・ココア等の添加によりいやな味をカバーする方法も良いのではないか。今回は主要材料以外のものは用いなかったが、香や味の好みはエッセンス等の添加でかなり好転するのではないかと考える。他の甘味料と組み合わせて用いたり、材料配合の割合を変える等、いずれにしても、更に工夫を重ねれば、砂糖以外の甘味料を用いて品質の良いスポンジケーキを作成することは可能の様に思われる。

#### 4. 各種甘味料を用いたスポンジケーキの保存性

砂糖は食品に防腐性を与え、老化防止効果があり、食品の色や香を保つ。又、アスコルビン酸<sup>16)</sup>や脂肪の酸化を防止するため、ケーキを油臭くなくにくくすると云われている。他の甘味料も同様の効果を示すであろうか。今回は防腐性について調べてみることにした。

3, の(2)で作成した各種スポンジケーキの $\frac{1}{8}$ 量を密閉容器に入れ、これを20℃の恒温器に入れて12時間毎に観察し、カビが発生するまでの日数を調べた。また乾燥法により各スポンジケーキの水分の測定を行なった。

結果は表9の通りである。甘味料の使用量が一定でないので、砂糖と比較した各種甘味料の防

表 9 カビ発生までの日数と水分量

	砂糖	蜂蜜	低カロリーA	低カロリーB	低カロリーC	低カロリーD <sub>1</sub>	低カロリーD <sub>2</sub>	虫 歯 予防用	甘味料 なし
カビの発生 までの日数(日)	13	14	7	5	6	5	7	10	4
水分 (%)	37	35	38	45	45	41	43	37	47

腐効果はこの結果からは推測出来ぬが、甘味料の使用量の少ないスポンジケーキほどカビの発生が早いように思われるので、各甘味料とも何らかの防腐効果はあるものと考えられる。又、水分量からは水分40%以上のものが比較的早いうちにカビが発生している。中でも甘味料なしのものは水分が最も高く、カビが発生しやすい状態といえる。いずれにしても低カロリー甘味料を用いたスポンジケーキは、砂糖と同程度の甘味になるように各甘味料を使用する場合は保存性の低いことが観察された。保存には充分注意を要すると思われる。

## 要約

市販各種甘味料（蜂蜜，低カロリー甘味料4種：A－商品名シュガット・B－商品名シュガーカット・C－商品名マービー・D－商品名マイホームシュガー，虫歯予防用甘味料：商品名デンタルシュガー）を砂糖の代りに使用した時，これらの甘味料は砂糖と同様の調理性を示すかを，卵白の起泡性に対する影響を取り上げ考察した。特にスポンジケーキにおける調理効果について砂糖との比較において検討したところ次の様な結果が得られた。

1. 各種甘味料は砂糖と同様，卵白の起泡に安定性を与えた。更に低カロリー甘味料A・低カロリー甘味料B・低カロリー甘味料Dは砂糖より卵白の起泡性を高める効果がみられた。
2. 低カロリー甘味料Dは共立て法の場合は起泡性を著しく低下させた。脂肪による消泡作用を受けやすい様に思われる。
3. 共立て法によりスポンジケーキを作成した時，蜂蜜・虫歯予防用甘味料を用いたスポンジケーキは砂糖のものより表面の焼き色がつきやすく，仕上り形態はあまり良くない。しか，味・香は砂糖同様よいものであった。
4. 低カロリー甘味料A・低カロリー甘味料B・低カロリー甘味料Cを用いたスポンジケーキは砂糖のものより表面の焼き色がうすいが，整った形をしており，外観はよい。味・香はあまり好まれない。
5. 低カロリーDを用いたスポンジケーキは他と同様の方法で作成した場合，良い外観のものは得られなかった。甘味料を小麦粉に混ぜる方法で作成した場合は他の低カロリー甘味料と同様の外観を得ることが出来た。しかし，いずれにしても味・香はあまり好まれない。
6. 甘味料を用いずに作成したスポンジケーキは官能的に最も好まれなかった。このことから，各種甘味料は砂糖と同様スポンジケーキの品質向上に何らかの効果を与えていることが明らかとなった。
7. 低カロリー甘味料を用いたスポンジケーキは，砂糖と同程度の甘味になるように各甘味料を使用する場合は，保存性の低いことが観察された。

本稿を終るにあたり、御指導いただきました本学調理学研究室の諸先生方に深謝致します。

## 引用文献

- 1) 渡辺長男：食の科学 30, 72 (1976)
- 2) 大沢はま子：朝倉栄養学シリーズ, 調理学, P 64 (1980) 朝倉書店
- 3) 竹林やゑ子：洋菓子材料の調理科学, P 36 (1980) 柴田書店
- 4) 河野友美, 沢野勉, 杉田浩一編：調理科学事典, P 131 (1978) 医歯薬出版
- 5) 同上, P 448
- 6) 桜井芳人編：総合食品事典, 第3版, P 372 (1979) 同文書院
- 7) 山根嶽雄編：甘味料, P 109, 117 (1969) 光琳書院
- 8) 菅野智栄：食の科学 30, 57 (1976)
- 9) 脇崎好子, 杉田浩一：昭和女子大学生活科学紀要, 446, 64 (1978)
- 10) 荒谷真平, 竹内光春編：カップリングシュガーと虫歯, P 37, 265, 272 (1981) 光琳
- 11) 松元文子：家政学講座 8, 調理学, P 162 (1982) 光生館
- 12) 竹林やゑ子：洋菓子材料の調理科学, P 87 (1980) 柴田書店
- 13) 松元文子：家政学講座 8, 調理学, P 147 (1982) 光生館
- 14) 荒谷真平, 竹内光春編：カップリングシュガーと虫歯, P 266 (1981) 光琳
- 15) 浦上智子：調理科学, P 124 (1980) 理工学社
- 16) 吉田企世子：食の科学 30, 93 (1976)