

# エンゼルケーキの性状に及ぼす糖の影響

池田 ひろ・江崎 君子・津野 貞子\*

## Effects of Sugars on the Properties of Angel Cake

Hiro Ikeda, Kimiko Esaki and Sadako Tsuno

### I. 緒 言

ケーキ類の甘味料としては、従来から主に砂糖が用いられているが、その他の製菓用の甘味料<sup>1)~5)</sup>としては、古くから製菓、製パン、醸造などに麦芽あめとして広く利用されている麦芽糖、さわやかな甘味をもち、種々の菓子類に利用されているブドウ糖、甘味度が強く砂糖より少量で製菓上種々の効果が期待できる果糖などがある。これらの糖を各々単独に使用した場合、エンゼルケーキの性状にどのような影響を与えるかについて、基礎的知見を得るため、物理的測定及び官能検査を行い、ショ糖を使用した場合と比較し検討した結果を報告する。

### II. 試料及び実験方法

#### 1. 材 料

小麦粉は薄力粉（フラワー印、日清製粉 KK 製）を使用し、卵白は起泡性を一定にするため凍結卵白（キューピー KK 製）を用い、冷凍庫内（-25°C）で保存し、使用時に流水解凍を行った。ショ糖、ブドウ糖、果糖は無水のもの、麦芽糖は一水のものを使用した。

#### 2. 試料の調製

エンゼルケーキの配合割合は表1のとおりである。

攪拌操作は操作中の温度を恒温槽内で 25°C に保ち、ハンドミキサー（ナショナル製、MK 型）を使用し、攪拌速度 No. 4 (910 rpm/min) で卵白を 1 分間攪拌後、糖を添加して 1 分間攪拌、水を加えてさらに 1 分間攪拌を行い、その後小麦粉を加えて攪拌速度 No. 1 (550 rpm/min) で 20 秒攪拌したものをバターとし、その 150 g を直径 12 cm のケーキ型に秤取し、オープン（大阪ガス 13-167 型）を用い 170°C で 25 分間焙焼を行ったのち、室温に 1 時間放冷し、測定用試料とした。

#### 3. 測定項目

##### 1) 比 重

先の調製過程中の卵白一糖一水の攪拌液及び、これに小麦粉を加えたバターを直径 4 cm、深さ 1.4 cm の容器に満し、重量を測定して水と比較して算出した。

##### 2) 膨化率

ケーキ体積を菜種法で測定した。

##### 3) 型均整率

各ケーキの周縁部の高さや中央部の高さの比率により算出し、百分率で示した。結果は試料 10 個の平均値で示した。

##### 4) 気泡状態とスポンジ状態の観察

攪拌液及びバターの気泡状態を光学顕微鏡 100 倍

Table 1 Compositions of angel cakes (g)

Sample	White egg	Flour	Water	Saccharose	Maltose	Glucose	Fructose
1	100	100	40	100			
2	100	100	40		100		
3	100	100	40			100	
4	100	100	40				100

で、またケーキ中央部のスポンジ状組織を10倍で観察し、比較を行った。

5) 色 差

各ケーキの表面、内部、底面の色を測色色差計（日本電色工業製）で反射光により、明度L、赤色度a及び黄色度bを測定し、対照としてのショ糖添加ケーキとの差を $\Delta L, \Delta a, \Delta b$ で表わし、全体の色差を $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ で表わした。

6) 水 分

ケーキ中の水分を、焙焼当日、焙焼後10日及び20日間保存したものの一定部位を切り取り、細かく刻んだのち5gを秤取し、ケット赤外線水分計で測定した。保存は $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ で蓋つき容器内で行った。

7) テクスチャー

焙焼当日、焙焼後10日及び20日間保存ケーキを、中央部より厚さ1.5cm、表面積 $3.0\text{cm}^2$ を切りとり、ベーカーズコンプレッショメーター（千代田製作所製）を用いて、プランジャー1の位置で10mmの歪を受けたときの圧力を求め、みかけのヤング率( $\text{g}/\text{mm}^2$ )として表わした。さらに焙焼当日のものについては、レオメーター（不動工業、NRM-2002型）により、次の条件で表面、中心部、底面の各々について2回そしゃくして、測定を行った。試料：厚さ1.0cm・直径3.4cmの円型、プランジャー：直径2.0cmの円柱型、応力：2kg、クリアランス：3mm、電圧：1V、そしゃ

くスピード：1mm/sec、チャートスピード：1mm/secの条件下で得られた曲線から、硬さ、凝集性、弾力性の値を求め、各試料4個の平均値で示した。

8)  $\alpha$  化率

焙焼当日、10日及び20日保存ケーキの一定部位を切りとり、アルコール脱水粉末とし、125メッシュのふるいにかけてのち、グルコアミラーゼ法及びソモギー変法<sup>6)</sup>で $\alpha$ 化率の測定を行った。

9) 官能検査

ケーキの香り、硬さ、弾力性、甘味、総合評価について順位法<sup>7)</sup>で行った。パネラーは本学食物学科4回生の学生16名で、実施した。

III. 結果及び考察

1. 比 重

図1に各試料の攪拌液とバターとの比重の測定結果を示した。攪拌液、バターともに、ショ糖と果糖添加のものでは比重にほとんど差がなく、麦芽糖添加のものでは高く、ブドウ糖添加のものでは低い値を示した。

2. 膨 化 率

膨化率は図2に示したように、ブドウ糖添加のものが最も高い膨化率を示し、麦芽糖添加のものが最も低く、比重と相関傾向を示したが、果糖使用のスポンジケーキは容積が劣ると云われており<sup>9)</sup>、今回の実験に

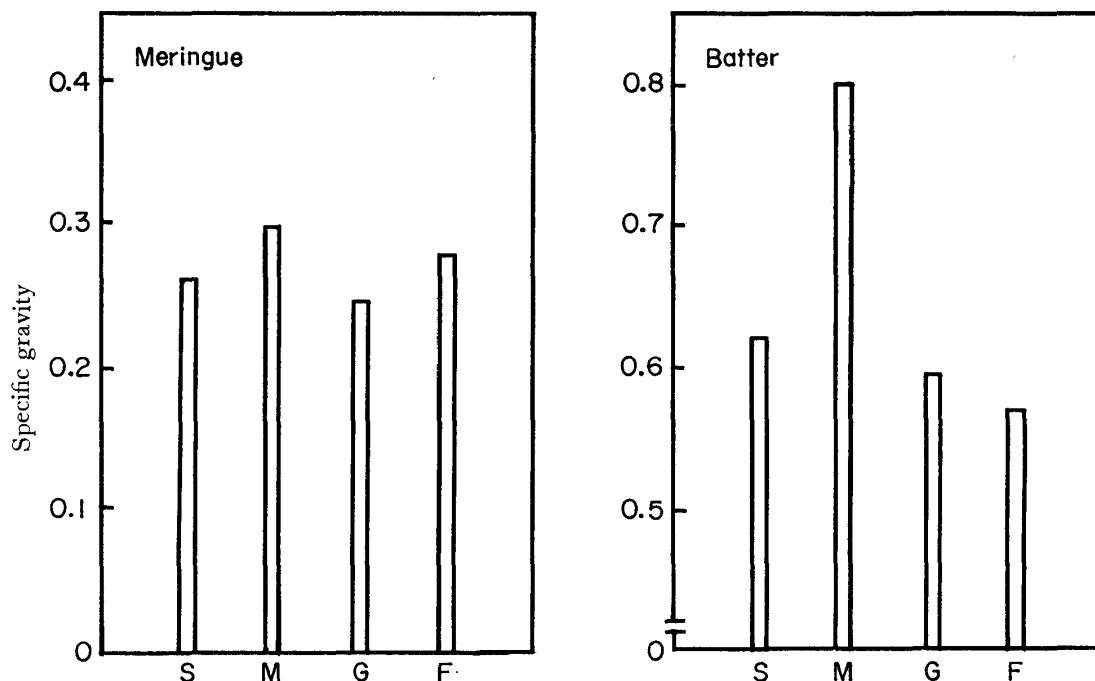
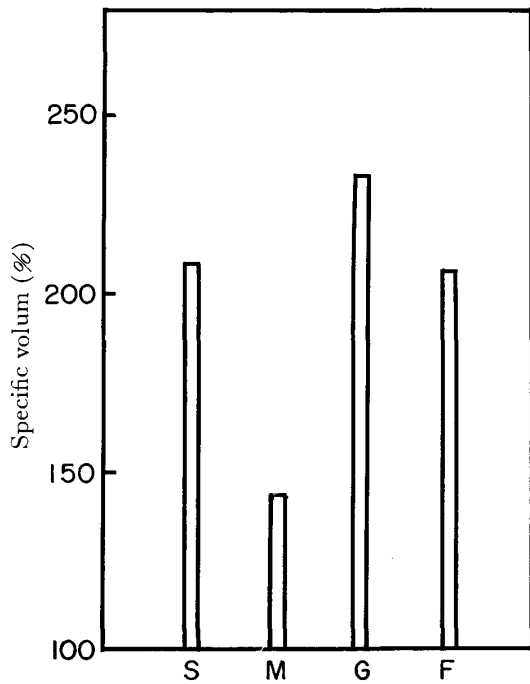
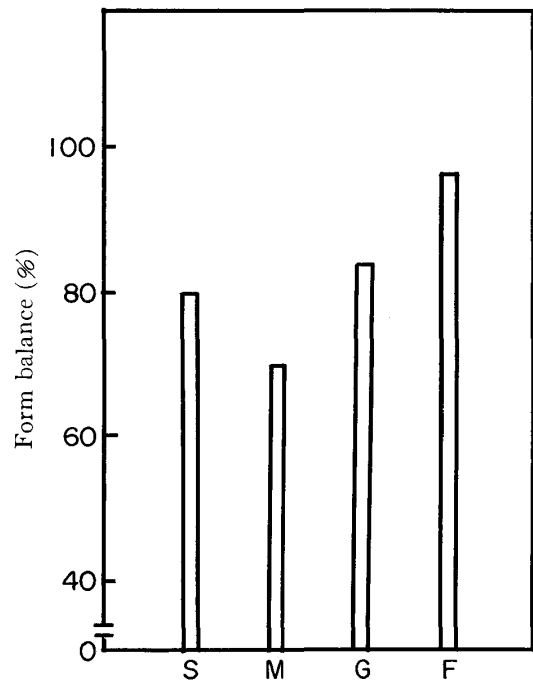


Fig. 1 Effect of sugars on specific gravity of meringue and batter  
S: Saccharose, M: Maltose, G: Glucose, F: Fructose



**Fig. 2** Effect of sugars on specific volum of angel cakes  
S: Saccharose, M: Maltose, G: Glucose, F: Fructose



**Fig. 3** Effect of sugars on form balance of angel cakes  
S: Saccharose, M: Maltose, G: Glucose, F: Fructose

おいても比重に比べ膨化率は低い結果を示した。

### 3. 型均整率

図3に示すように、麦芽糖添加のものは山型となって最も形が悪く、果糖添加のものが最もよく均整がとれており、ショ糖添加のものとブドウ糖添加のものには大きな差がなかった。

### 4. 気泡状態とスポンジ状態の観察

図4に卵白一糖一水の攪拌液の気泡状態を、図5にバター中の気泡の分散状態を、図6にケーキのスポンジ状態を示した。図4にみられるようにショ糖添加の場合は大、中の大きさの気泡が多く、麦芽糖添加の場合は小さい気泡が多くなり、ブドウ糖添加の場合ではほとんど中程度の大きさの気泡で揃っており、果糖添加の場合は中、小の気泡が多く大きい気泡は少なかった。気泡の大きさやその均一性が攪拌液の比重に大きく関係していると考えられる。これらに小麦粉を加えて攪拌した場合、図5にみられるようにバター中の気泡状態は、幾分気泡の減少は認められるが、もとの攪拌液の気泡状態と同傾向を示した。焙焼後のスポンジ状態は図6にみられるように、大きさの揃った安定な気泡状態が観察されたブドウ糖添加のものが、最もスポンジ状態が良好で気孔が深く大きさも揃っており、次いでショ糖添加のもののスポンジ状態が良好で、

果糖添加のものは気孔は浅いが数は多く、麦芽糖添加のものでは気孔も浅く数も少いことが観察された。これらの出来上りのスポンジ状態は、攪拌液の気泡の大きさや安定性に大きく依存し、スポンジ状態の良好なものは膨化率が高く型の均整もよいことが認められる。

### 5. 色 差

各焙焼試料の焼き色を比較するため、ショ糖添加のものを対照として、L (明度) 及び a (赤色), b (黄色) を測定し、対照との差をそれぞれ  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  として色差  $\Delta E$  を算出し、表2に示した。対照に比べ  $\Delta L$  は低いほど色が濃く、 $\Delta a$ ,  $\Delta b$  は大きいほどそれぞれ赤色や黄色が勝っていることを示している。表面の焼き色は、果糖添加のものが対照より  $\Delta L$  16.8 小,  $\Delta a$  3.0 大,  $\Delta b$  6.0 小となり、赤味の濃い焼き色を示した。ブドウ糖添加のものでは  $\Delta L$  12.0 小,  $\Delta a$  4.2 大,  $\Delta b$  1.3 小で、果糖より赤味は強いがやや浅い焼き色を示している。また麦芽糖は  $\Delta L$  10.6 大,  $\Delta a$  11.0 小,  $\Delta b$  0.8 大となり、焼き色浅く黄色味を帯びた表面色であった。底面の焼き色においても、表面と同様な傾向を示した。焼き色生成の原因はアミノカルボニル反応と糖のカラメル化によるものである。アミノカルボニル反応は、単糖類の方が起りやすく<sup>10)</sup>、またショ糖の着色温度は 160°C であるのに対し、果糖は 140°C

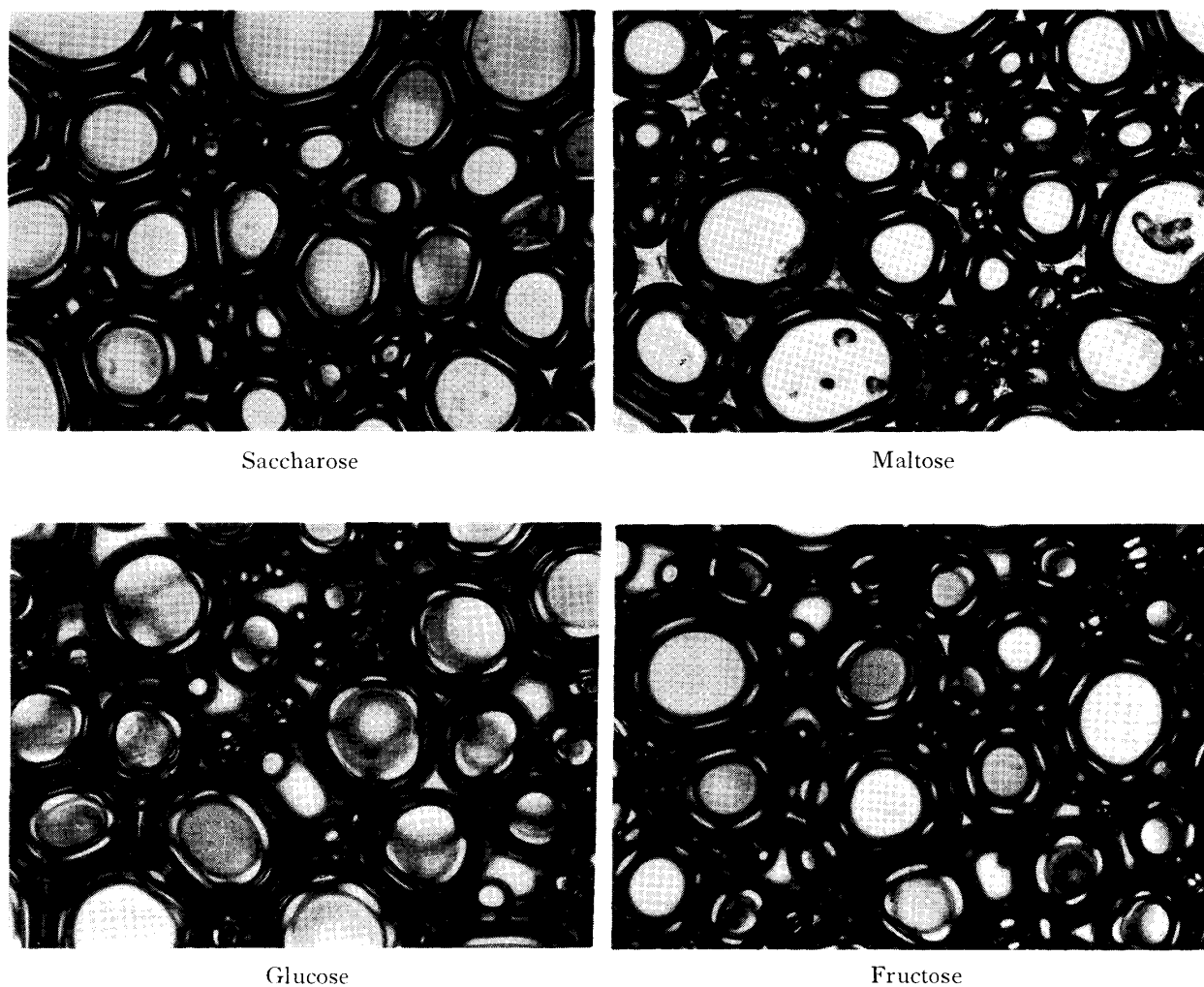


Fig. 4 Effect of sugars on foam size of meringue (×100)

で分解し着色し始め、ブドウ糖は 130°C で分解し 154°C でカラメル化し、麦芽糖は熱に弱い性質を持っていると云われている<sup>11)</sup>。各糖液を 140°C~170°C の 10°C 毎の加熱による変化を調べたところ、ブドウ糖、果糖、麦芽糖の各糖液は 140°C でわずかに着色し始め、150°C において果糖液のカラメル化が始まり、160°C ではショ糖液が着色し始め、麦芽糖とブドウ糖

液のカラメル化が始まった。170°C になると果糖液は黒褐色化し、次いでショ糖液のカラメルの着色程度が強くなり、麦芽糖液、ブドウ糖液の順に薄い褐色を示した。ケーキ表面の焼き色は、糖のカラメル化と糖とタンパク質のアミノカルボニル反応の両者に左右されるものと考えられるが、溶液状態で着色温度の低い麦芽糖添加のものの焼き色は浅く、この原因は今のところ不明

Table 2 Color differences of angel cakes with different sugars added

Sugar added	Surface				$\Delta L$	Inside			$\Delta L$	Bottom		
	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$		$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$		$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
Maltose	10.6	-11.0	0.8	15.3	-4.5	0.8	2.8	5.4	7.2	-7.1	-5.9	11.7
Glucose	-12.0	4.2	-1.3	12.8	-4.5	1.9	2.1	5.3	-10.9	5.2	0.9	12.1
Fructose	-16.8	3.0	-0.6	18.1	-7.3	3.2	3.2	8.6	-21.5	8.6	-4.0	23.5

Control: Angel cake with saccharose added (Saccharose: L 62.2; a 11.0; b 24.7)

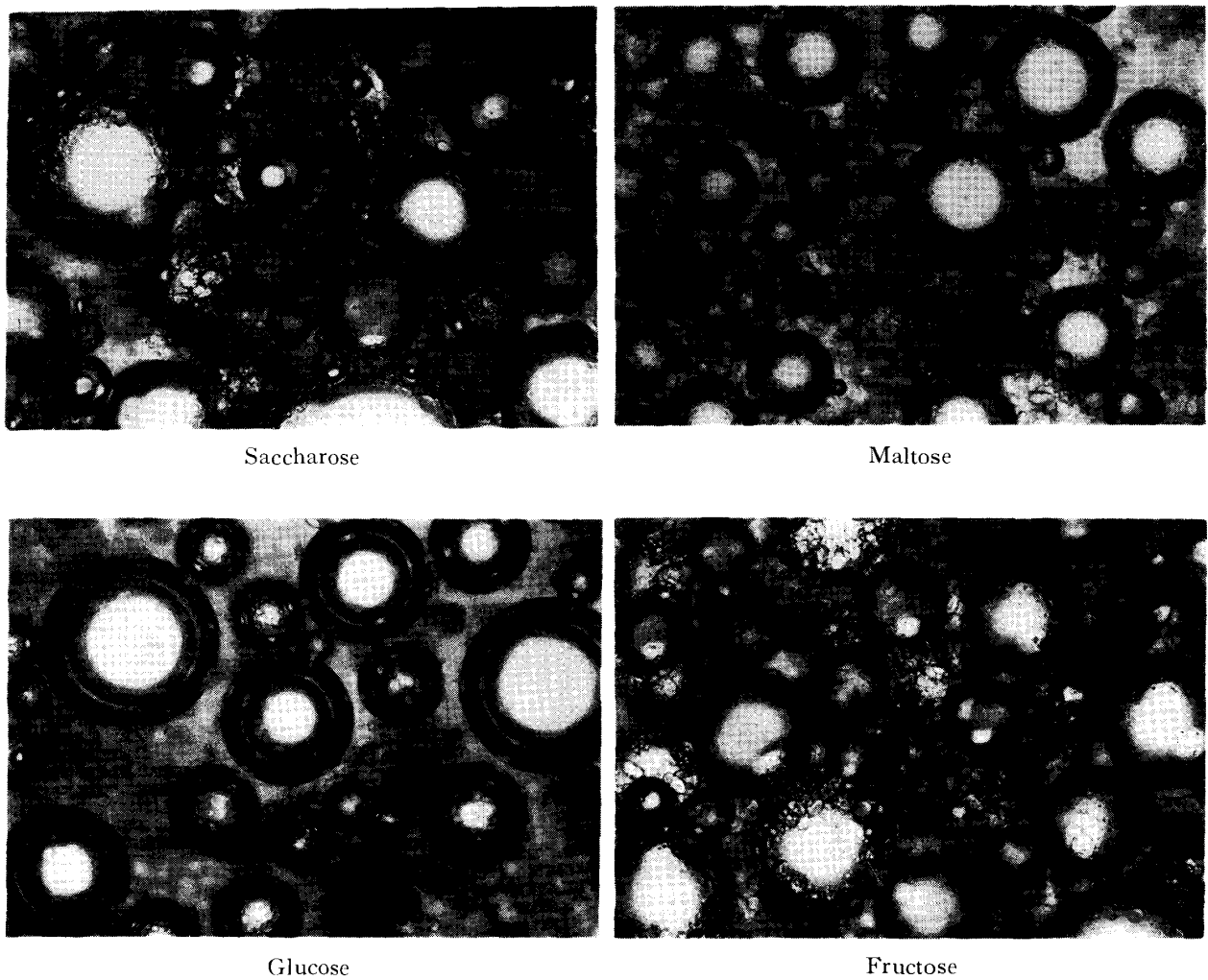


Fig. 5 Effect of sugars on foam size of batter (×100)

である。ケーキ内部は直接熱の作用を受けにくいいため、アミノカルボニル反応やカラメル形成が起りにくく、色差は少なかった。

6. 水分含有量

焙焼当日、10日及び20日間保存ケーキの水分含有量を表3に示した。焙焼当日の水分量は麦芽糖添加のものがやや多く、ブドウ糖添加のものがわずかに少い傾向を示した。保存日数の経過とともに水分は減少し、

Table 3 Effect of sugars on moisture content of angel cakes (%)

Sugar added	days		
	0	10	20
Saccharose	34.0	29.3	27.3
Maltose	35.2	31.3	29.5
Glucose	33.2	30.1	29.4
Fructose	34.0	30.3	28.3

焙焼当日の水分量を100%とすると、20日後ではショ糖添加のもの80.3%、麦芽糖添加のもの83.8%、ブドウ糖添加のもの88.5%、果糖添加のもの83.2%となった。本来、糖の吸湿性は果糖が最も大きく、次いでブドウ糖、ショ糖の順に小さくなる<sup>12,13)</sup>が、結果では吸湿性、保水性はブドウ糖が最も高く、ショ糖が一番低くなっている。焙焼した場合、アミノカルボニル反応やカラメル化によって糖の影響は減少し、他の要因の寄与が大きくなるものと考えられる。

7. α化率

表4に焙焼当日、10日及び20日間保存ケーキのα化率を示した。いずれの試料の場合も、保存とともにほぼ同じ比率で老化する。また焙焼当日ケーキのα化率は、単糖類のブドウ糖や果糖添加のものが、二糖類のショ糖や麦芽糖添加のものより約3%高いが、その差が有意かどうか、またそれがどのような要因によってもたらされるかについては明らかでない。

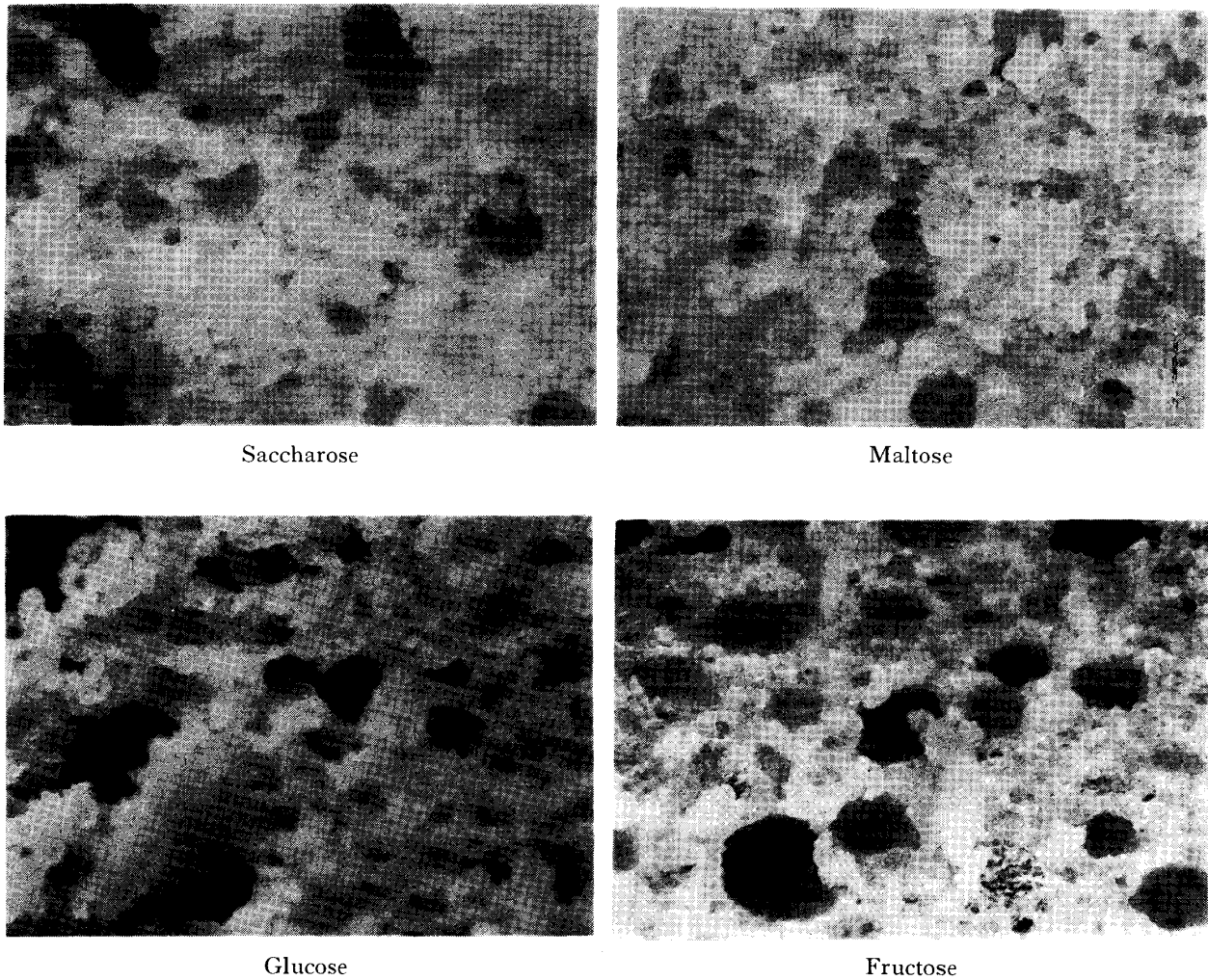


Fig. 6 Effect of sugars on sponginess of angel cakes ( $\times 10$ )

8. テクスチャー

みかけのヤング率を表5に示した。焙焼当日では麦芽糖添加のもの数値が高く、最も硬く、他の糖では果糖添加のものがわずかに高い傾向を示したが、ショ糖及びブドウ糖添加のものと大きな差はなかった。10日間保存の場合、二糖類添加のものの方が数値が高くなっているが、20日間保存の場合は果糖添加のもの数値が最も高い結果を示した。

Table 4 Effect of sugars on gelatinization on angel cakes (%)

Sugar added	days		
	0	10	20
Saccharose	87.8	76.4	73.6
Maltose	87.8	81.3	73.3
Glucose	90.5	78.9	77.3
Fructose	90.6	78.5	78.1

また焙焼当日ケーキのレオメーターによる硬さ、凝集性、弾力性を表6に示した。今回の測定条件では麦芽糖添加のものは硬くて測定出来ず、他の糖添加のものより硬いという点ではみかけのヤング率と同様であった。ショ糖、ブドウ糖、果糖添加の3試料間では、ブドウ糖添加のものが軟らかく、ショ糖添加のもの、果糖添加のもの順に硬さが増加した。凝集性には大きな差はないが、ブドウ糖添加のもの数値がやや高

Table 5 Effect of sugars on young modulus of angel cakes (g/mm<sup>2</sup>)

Sugar added	days		
	0	10	20
Saccharose	0.7	4.8	5.4
Maltose	1.3	5.0	6.9
Glucose	0.7	3.8	6.1
Fructose	0.8	3.4	8.1

**Table 6** Effect of sugars on hardness, cohesiveness and springness of angel cakes

Sugar added	Surface			Inside			Bottom			Mean		
	H (kg)	C	S (%)	H (kg)	C	S (%)	H (kg)	C	S (%)	H (kg)	C	S (%)
Saccharose	0.98	0.77	83	1.07	0.72	83	1.39	0.65	84	1.15	0.71	83
Maltose	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Glucose	0.77	0.80	85	0.89	0.76	81	1.39	0.79	84	1.02	0.78	83
Fructose	1.36	0.74	82	0.97	0.73	82	1.68	0.74	83	1.34	0.74	82

H: hardness, C: cohesiveness, S: springness

く、果糖添加のもの、ショ糖添加のもの順に小さくなり、弾力性は3試料間にはほとんど差がなかった。硬さ、凝集性、弾力性と水分含量や $\alpha$ 化率との関連性は見られず、スポンジ状態の気孔の大、小に大きく関係し<sup>13,14)</sup>、またスポンジ状態は、攪拌液やバターの気泡に影響されると考えられる。

**9. 官能検査による評価**

官能検査の順位法による順位合計を表7に示した。香り、硬さ、甘味、総合評価の各評価項目について、ケンドールの一致係数WのSによる検査表により、危険率1%で有意に一致性が認められた。硬さについては、麦芽糖添加のものが最も硬く、次いで果糖添加のものが硬く、ショ糖とブドウ糖添加のものでは差がなく、機器測定と同じ結果を示した。弾力性は機器測定において余り差がなく、官能検査でも評価がしにくかったようで、評価に一致性は認められなかった。甘味は Schutz と Pilgrim の糖質の甘味度<sup>15)</sup>によると、ショ糖1.00に比べ麦芽糖0.46、ブドウ糖0.61、果糖1.15であり、官能検査の評価も麦芽糖添加のものの甘味が最も弱く、次いでブドウ糖添加のものが弱い結果を示した。ショ糖と果糖添加のものでは甘味に差がないと評価されたが、これは果糖の方がカラメル化が高いため、甘味としてはショ糖と同程度に感じたのでは

ないかと考えられる。

香りと総合評価について順位合計の検定をクレーマーの検定表により行った。香り、総合評価ともにショ糖添加のものが1%の危険率で有意に好まれ、麦芽糖添加のものは1%の危険率で有意に好まれなかった。ケーキとしてショ糖添加のものが最も好まれたのは、適度にカラメル化やアミノカルボニル反応が行われ、焼き色が適当で、またケーキのスポンジ状態も比較的良好であったためと考えられる。

以上の結果より、糖の特性を考慮して砂糖と混合使用することにより、風味の向上、焼き色の向上、スポンジ状態の改良など、良好なケーキの製造に効果を期待することができる。

**IV. 要 約**

エンゼルケーキに、麦芽糖、ブドウ糖、果糖を各々単独で使用した場合、ケーキの性状にどのように影響するか基礎的知見を得るため、比重、膨化率、気泡やスポンジ状態の観察、色差、テクスチャー、官能検査などによってショ糖を使用したエンゼルケーキと比較し検討を行った。

(1) 麦芽糖：比重が大きく膨化率は低く、スポンジ状態も悪く、甘味が弱く、硬さは試料中最も硬く、表

**Table 7** Sensory evaluation of angel cakes

Rank	Smell				Hardness				Springness				Sweetness				Total acceptance			
	S	M	G	F	S	M	G	F	S	M	G	F	S	M	G	F	S	M	G	F
1	16	0	0	0	0	11	0	5	3	4	7	2	8	0	0	8	9	0	5	2
2	0	1	8	7	0	5	1	10	6	0	0	10	8	0	0	8	4	0	8	4
3	0	4	7	5	11	0	4	1	6	3	3	4	0	0	16	0	3	0	3	10
4	0	11	1	3	5	0	11	0	1	9	6	0	0	16	0	0	0	16	0	0
Total	16*	58*	41	45	53	21	58	28	37	46	40	34	24	64	48	24	26*	64*	30	40

\* Significant at 0.01 level.

S: Saccharose, M: Maltose, G: Glucose, F: Fructose

面の焼き色がかなり浅く、ケーキとしては不適當であった。官能検査の結果は1%の危険率で有意に好まれなかった。

(2) ブドウ糖：比重が小さく膨化率が最も高く、良好なスポンジ状態が得られた。硬さは試料中最も軟らかく、甘味がやや弱く、表面の焼き色はショ糖添加のものより濃い傾向を示した。

(3) 果糖：比重は小さいが気泡が不安定なため膨化率は低い傾向を示した。甘味が強く、また表面の焼き色は最も濃く着色し、硬さはブドウ糖使用のものよりやや硬い傾向を示した。

### 参考文献

- 1) 渡辺長男：食の科学, 30, 72(1976)
- 2) 高崎義幸：食品工業, 119, 41(1976)
- 3) 山根嶽雄：甘味料, 66(1966) 光琳書院
- 4) 松下慎哉：調理科学, 7, 1(1974)
- 5) 尾崎準一, 桜井芳人, 渡辺長男：製菓ハンドブック, 15(1965) 朝倉書店
- 6) 外山忠男, 桧作 進, 二国二郎：澱粉工業学会誌, 13, 3(1966)
- 7) 池田潤平：官能検査法(1973) 食品科学会編
- 8) 川北兵蔵, 山田光江：食品の官能検査, 47(1975) 医歯薬出版
- 9) 竹林やゑ子：洋菓子材料の調理科学, 59 (1980) 柴田書店
- 10) 桜井芳人：洋菓子製造の基礎, 113(1969) 光琳書院
- 11) 竹林やゑ子：洋菓子材料の科学, 41, 50 (1980) 柴田書店
- 12) 桜井芳人：洋菓子製造の基礎, (1963) 光琳書院
- 13) 川染節江, 山野善正：家政学雑誌, 37, 9, 759 (1986)
- 14) 川染節江, 山野善正：家政学雑誌, 38, 7, 559 (1987)
- 15) 河野友美, 沢野 勉, 杉田浩一：調理科学事典, 131(1975) 医歯薬出版