

報 文

タピオカ澱粉スポンジケーキの膨脹と
収縮に関する研究

Studies on Expansion and Cave-in of Tapioca Starch Sponge Cake

藤井 淑子* 楠瀬 千春*
(Toshiko Fujii) (Chiharu Kusunose)久山 純子* 松本 博*
(Sumiko Kuyama) (Hiroshi Matsumoto)

Sponge cake batters were prepared with equal amounts of whole eggs, sugar and wheat flour, or wheat starch, tapioca starch. Cakes made from tapioca starch had a prominent shape, which showed caved-in in the center. In the oven, they showed remarkable expansion at the beginning but considerable shrinkage at the later stage of baking and further shrinkage took place out of the oven. The uneven distribution of tapioca starch particles in the batter which was brought about by the greater sedimentation velocity of tapioca starch particles was presumed to cause these remarkably expansion and shrinking.

Data of the amylograph measurement of tapioca starch batter showed easy gelatinization at lower temperature, and higher viscosity at the maximum point and larger breakdown during further mixing.

It seemed that the shrinkage after the expansion of tapioca starch batter may be caused by the properties of membrane of air cell in the batter which was adhesive and hard to set in.

序

一般に、スポンジケーキバターのオープン内での膨脹は、焼成初期に緩やかに進行し、焼成中期にバター内の気泡の膨脹と共に急速に進行して、バターの高さが最高に達する。その後、焼成後期にその膨脹した気泡が固定化する段階で若干の収縮がみられた後、ケーキのゲル構造が完成され¹⁾、焼成が終了する。

藤井らは²⁻⁷⁾、スポンジケーキ焼成に当たり、小麦粉の代わりに小麦澱粉を使用して一連の研究を行い、オープン中のバターの膨脹、焼成されたケーキの物性に関する澱粉の果たす役割を基礎的、モデル的に考察してきた。本研究では、タピオカ澱粉を用いてスポンジケーキの焼成を行ったが、小麦粉や小麦澱粉を用いたスポンジケーキの膨脹と比較し、その膨脹・収縮挙動の傾向そのものは変化しないけれども、タピオカ澱粉を用いたタピオカ澱粉ケーキのみ、大きく膨化した後、著しく収縮した。本研究では、スポンジケーキ焼成に際して、重要な要素である膨化と収縮について、とくに特徴的な挙動を

示すタピオカ澱粉に注目し、大きく膨脹し、収縮の少ない小麦粉ケーキ、小麦澱粉ケーキを比較することにより、スポンジケーキの膨脹と収縮の基礎的要因を探ると共に、それらがスポンジケーキの品質に与える影響も検討した。

実験方法

1. 材料

小麦粉は、前報と同様に薄力粉、蔗糖は三井製糖(株)の上白糖、鶏卵は新鮮な市販品を用いた。小麦澱粉(水分12.6%、粗蛋白0.2%)、タピオカ澱粉(水分11.4%、粗蛋白0.1%)は、グリコ栄養食品(株)から入手した。

2. スポンジケーキバターの調製方法及び焼成方法

前報に従って行った²⁻⁷⁾。すなわち、等量の全卵と蔗糖を共立て法によって泡立て、常にみかけの密度を $0.30 \pm 0.01 \text{ g/ml}$ になるよう調製した。この様にして作ったフォームを2分してその中に含まれる全卵又は、蔗糖と等量の小麦粉、あるいは小麦澱粉、タピオカ澱粉のいずれかを混合し、同時に2種類のバッターを得た。このバッター300gを180mm径、深さ60mmの円形ケーキ型(ブリキ製)に入れて、 185°C で40分間焼成してス

* 神戸女子大学

タピオカ澱粉スポンジケーキの膨脹と収縮に関する研究

ポンジケーキを得た。

3. 測定項目

1) ケーキ

均整比: AACC法で用いられているケーキの形状の評価法を用いた⁹⁾。これは、中央部と周辺部の厚さの相対比を示すもので、中央部が収縮すると負の値になり、中央部が良く膨化したケーキは正の値となる。

気孔状態: ケーキの断面を複写した。あるいは、実態顕微鏡を用いて写真撮影を行った。

クリープメータによる測定

回復性: 前報⁹⁾に従って、スポンジケーキ組織 30×30×20 (高さ) mm を試料とし、山電レオナー(RE-3305)のプランジャー No.51 (φ60) を用いてその試料の厚さの80%、あるいは、60%に圧縮を加えた後、除重して1分後の歪みの回復率(%)を求めた。

剪断試験: スポンジケーキ試料 30×40×15 (高さ) mm を用いて、前項と同じ測定機を用いて試料の中央上面から剪断試験用プランジャー (No.21 (株) 山電) で、14.99 mm (クリアランス 0.01 mm) まで降下させ、各試料の破断強度を測定した。プランジャーには、厚さ 0.5 mm、長さ 54 mm、幅 9 mm の鉄板を垂直に立てて用いた。

2) バッター

オープン内のバターの高さの測定: オープン内で膨脹するバターの中央部高さをオープンの前面のガラス窓を通して経時的にカセットメータ (ピカ精工 (株) 製, PCTM-3000) によって読み取った。

減圧膨脹試験: 前報に従い⁷⁾、内径 56 mm のビーカーに入れた 10 g のバターを各測定温度 (25, 60, 70, 80°C) に加熱し、それらの温度で沸騰状態を維持するよう減圧し、その時の膨脹を減圧処理膨脹率として表した。

バター内の澱粉粒子の沈降: バター内に均一に分散していた澱粉粒子は、時間の経過に伴って次第に下層部に沈降する⁹⁾。バターを 50 g ずつ内径 56 mm のトールビーカーに入れ、静置して、上層部はすくいとり、下層部は、トールビーカーの底部にあらかじめ金属性シャーレ (内径 52 mm 高さ 9 mm 厚さ 0.8 mm) を入れておき、それを取出して秤量法によって各々見かけの密度を測定した。15 分間隔で時間経過に伴う両バターの密度の差を求めることにより、バター内の澱粉粒子の沈降速度とした。

バター内澱粉粒子の膨潤状態: 遠沈管底部の沈降物質の総重量によってバター内の澱粉粒子の膨潤状態を表した。各バターを遠沈管に 20.0 g ずつ分注し、25, 40, 50, 60, 70°C の各温度に設定した恒温槽中にて、30 分間加温した後、遠心分離 (4500 rpm, 30 分) し、上澄

液を傾斜して取りのぞき、下層部の沈殿物の重量を計測した。この重量は、澱粉のみの重量ではないが、澱粉粒子の吸水が進めば進む程、総重量も増加することになるので、この重量の変化によって澱粉の吸水状態を知る指標となると考えられる。沈殿物に含まれる澱粉粒子 1 g あたりの重量増加率を求め、吸水率としてこれを表した。

3) 澱粉

膨潤度: Schoch ら¹⁰⁾、二国ら¹¹⁾の方法を参考に、各澱粉が十分に膨潤できる状態 (8% 澱粉水懸濁液) で澱粉粒子の膨潤度を測定した。同時に顕微鏡観察も共に行って、粒子の形状の崩れているものは糊化しているものとみなした。

アミログラフ: 定法に従って、測定を行った。即ち、8% 澱粉水懸濁液を、毎分 1.5°C ずつ 93°C まで昇温し、30 分間 93°C を保持した後、同様に毎分 1.5°C ずつ 54.5°C まで冷却した。この時の温度の変化に伴う粘度を測定した。

実験結果

1. タピオカ澱粉スポンジケーキの形状と気孔

通常的小麦粉 (薄力粉) を用いたスポンジケーキ、その小麦粉の全量を小麦澱粉あるいは、タピオカ澱粉に置き換えたスポンジケーキの断面図を Fig. 1 に示す。

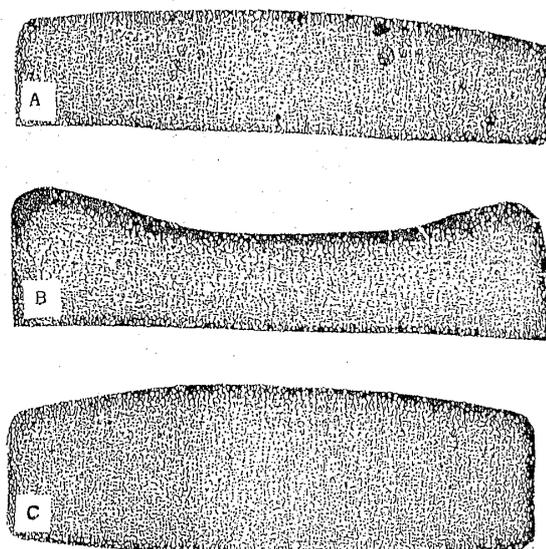


Fig. 1 Section of the sponge cakes made from wheat flour or various starches.

- A: wheat flour cake
- B: tapioca starch cake
- C: wheat starch cake

小麦粉ケーキの形状は平らで、そのケーキ体積 (1145 ± 30 ml) は、焼成前のバターの容積の 2.3 倍 (膨脹率として Table. 1 に示した) となった。小麦粉の全量

Table 1. The comparison of the sponge cake batters before and after baking

	Form density (g/ml)	Batter density (g/ml)	Batter volume V_0 (ml)	Cake volume V (ml)	Expansion rate V/V_0
Wheat flour	0.30 ± 0.01	0.60	500	1145	2.3
Wheat starch	0.30 ± 0.01	0.45	667	1423	2.2
Tapioca starch	0.30 ± 0.01	0.54	556	1099	1.9

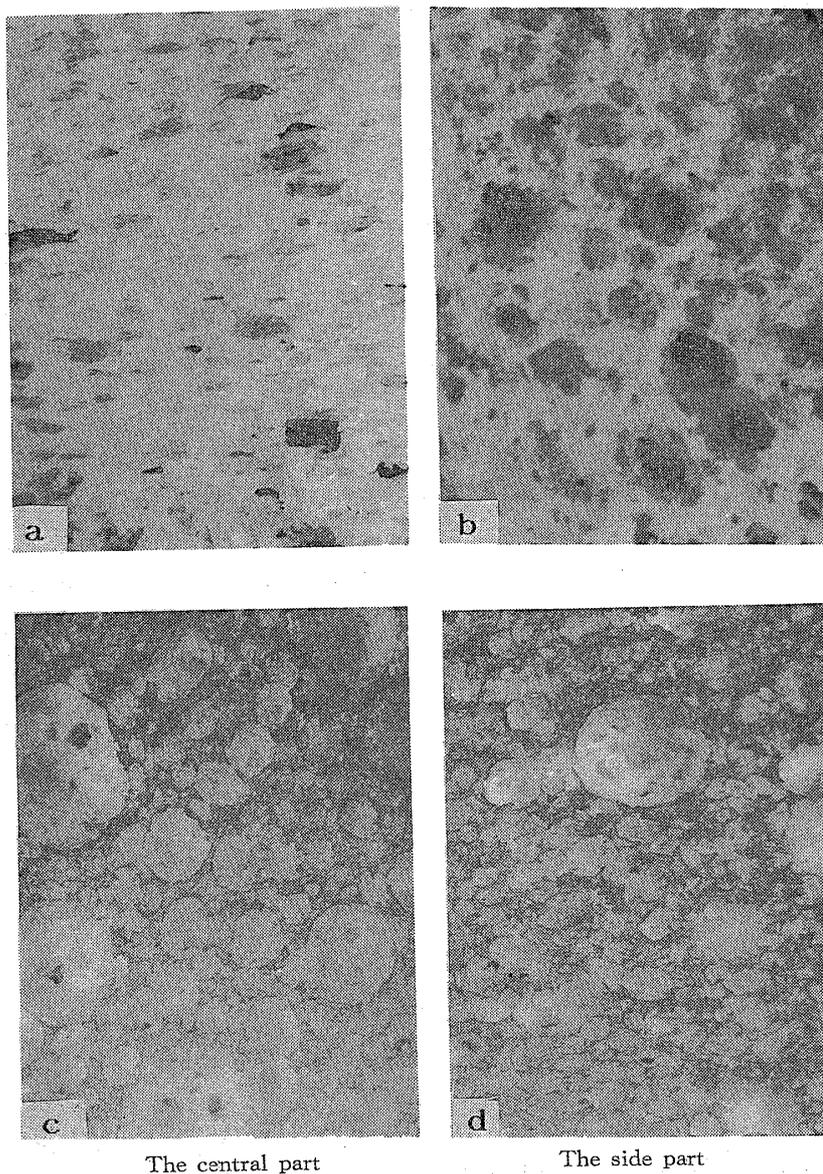


Fig. 2 The microscopic observation of sponge cakes from tapioca starch and wheat starch cake

tapioca starch cake (B): a. central part
b. side part
wheat starch cake (D): c. central part
d. side part

を小麦澱粉に置き換えた小麦澱粉ケーキの形状はほぼ平らで、特に体積の大きい (1423 ± 34 ml) ケーキとなり、その膨化率は、2.2になった。これに対し小麦粉をタピ

オカ澱粉に置き換えたタピオカ澱粉ケーキは、中央部の表面がかなり落ち込んでケーキ体積は小さく (1099 ± 57 ml)、膨化率は、1.9と三者の中で最も小さい値となった。

タピオカ澱粉スポンジケーキの膨脹と収縮に関する研究

小麦粉ケーキ、小麦澱粉ケーキ組織の気孔の形状は、共に球形に近い形をしていた。タピオカ澱粉ケーキのケーキ組織を周辺部と落ち込みの見られる中央部にわけ、その断面図を Fig. 2 に示した。落ち込みの認められた中央部の気孔 (a) は扁平化している。周辺部の気孔 (b) は、球形で、やや大きく、きめが粗くなっている。これは加熱により膨脹したバターがその後収縮したことが想定される。

2. タピオカ澱粉ケーキのスポンジ組織の物性

1) 回復性

タピオカ澱粉ケーキ、小麦澱粉ケーキ、小麦粉ケーキの中央部から採取した試料に、厚さの約 80% の歪みを加えて回復性を測定した。結果は、Fig. 3 (A), (B), (C) に示す。小麦澱粉ケーキ (C) は加えた歪みの 80% が速やかに回復する。回復性の大きいスポンジ組織であ

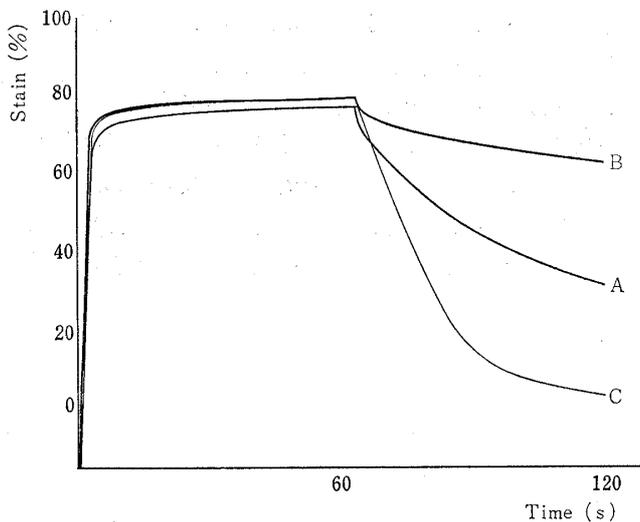


Fig. 3 Deformation and recovery curves of the sponge cake crumbs.

Cake samples: 30×30×20 (height) mm
Plunger diameter: 55 mm
Compression speed: 5 mm/s
A: wheat flour cake
B: tapioca starch cake
C: wheat starch cake

ることを示した。小麦粉ケーキ (A) は、小麦澱粉ケーキに比較して、約半分程の回復性となった。これに対し、タピオカ澱粉ケーキ (B) は、加えた歪みの約 90% が残存したままで、回復率が 10% で非常に回復性の低いスポンジ組織であることが認められた。また、このタピオカ澱粉ケーキの中央部と周辺部の回復性を各々測定した結果、Fig. 4 (B-a), (B-b) に示したように両者共に回復性は低かったが、周辺部の方が比較的回復性が高い結果となった。タピオカ澱粉ケーキは、収縮をおこして中央部の気孔が扁平化したために中央部の回復性が低

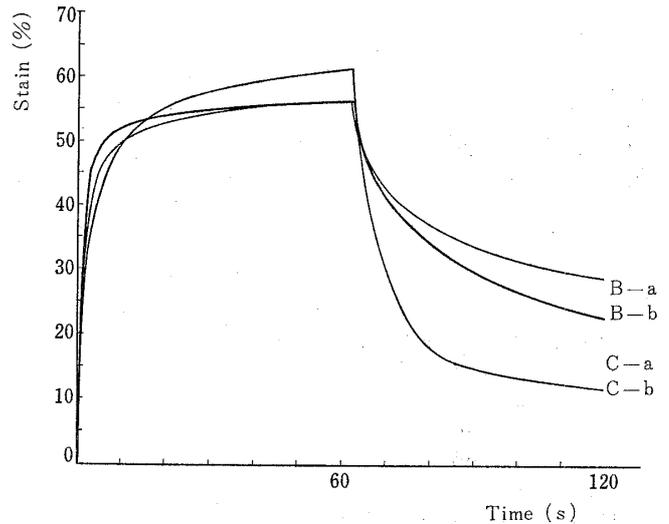


Fig. 4 Deformation and recovery curves of cake crumb made from tapioca starch and wheat starch (Conditions of estimation were the same as Fig. 3)

B-a: center part of tapioca starch cake
B-b: side part of tapioca starch cake
C-a: center part of wheat starch cake
C-b: side part of wheat starch cake (the same line)

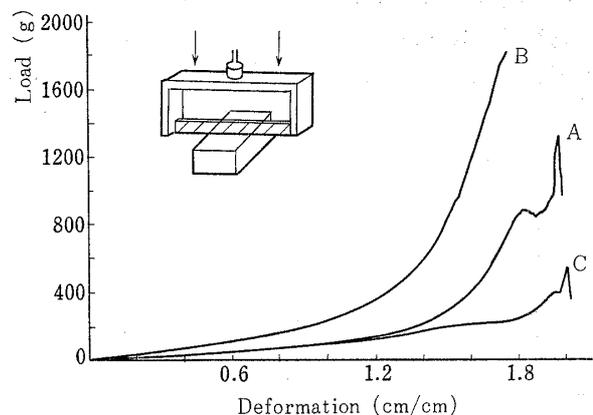


Fig. 5 The deformation and shearing force of sponge cake made from various starch

A: wheat flour cake
B: tapioca starch cake
C: wheat starch cake (the same line)

く、周辺部と中央部の回復性に相違が生じた。

2) 剪断試験

各々のケーキ試料によって剪断試験を行った結果を Fig. 5 に示す。小麦澱粉ケーキ、小麦粉ケーキは、ともに容易に剪断が可能で、小麦澱粉ケーキは 0.5 kg の加重で容易に剪断することが可能であったが、小麦粉ケーキは 1.3 kg の加重が必要であった。特に小麦澱粉ケーキは柔らかいことが示された。これに対し、タピオカ澱粉ケーキは 2 kg の加重では、剪断できず、噛み切りにくいテクスチャーを保有していることが示された。

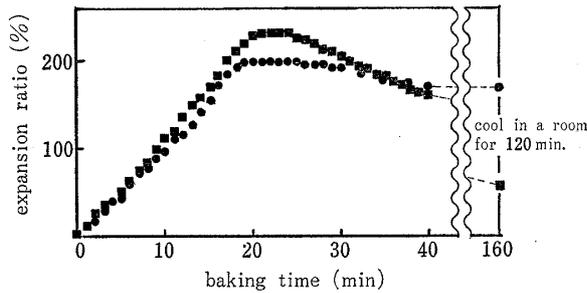


Fig. 6 The expansion of sponge cake batter in the oven made from tapioca starch and wheat starch

■...tapioca starch cake batter
●...wheat starch cake batter

Expansion ratio
= (height of batter at time - initial height of batter) /
initial height of batter

※ Measurements were made at the center

3. オープン内でのバターの膨脹

ケーキバターをオープン内で焼成する時のケーキバター中央部の高さ (mm) の経時変化をカセットメーターを用いて測定し、焼成前のバターの高さに対する膨脹率を求めた (Fig. 6)。バターの内部温度が最高温度 (98°C) になるのとほぼ同時期、すなわち焼成前半の約20分前後に、それぞれのバターは膨脹の最高の高さに達した。この時点でタピオカ澱粉ケーキバターは、

小麦澱粉ケーキのバターを上回った膨脹率を示している。タピオカ澱粉バターは最大膨脹に達した後間もなく収縮が始まり、オープン内ですでにかなりの収縮が起こっている。しかし、オープン内での収縮は、山形に膨らんでいたケーキ表面がほぼ平らに近い状態になっただけで、ケーキ表面の中央部に落ち込みは生じていない。焼成後オープンから取り出して120分間放冷する間に最大膨脹時の高さの約40%が収縮した。一方、小麦澱粉ケーキは大きく膨脹して最大膨脹に達した後は、オープン内の焼成中にも、ケーキを焼きあげた後の放冷中にも殆んど収縮しなかった。

4. 減圧処理膨脹試験

オープン内でケーキバターが焼成前期に最大膨脹に達するまでのモデル実験として、減圧処理膨脹試験を行なった (Fig. 7. (a), (b), (c), (d))。

タピオカ澱粉バターの減圧処理による膨脹率は、未加熱 (25°C・Fig. 7.(a)) の場合は、小麦澱粉バターのそれと同程度まで大きく膨脹した。しかし、その気泡膜は小麦澱粉バターの気泡膜に比較して伸張性が大きく、合一と破泡を繰り返した。小麦粉バターの気泡の大きさは不均一で膨脹率600%付近で破泡を繰り返した。60°C加熱バターの減圧処理膨脹率は、Fig. 7.(b) に示すように、タピオカ澱粉バターは630%、小麦澱粉バ

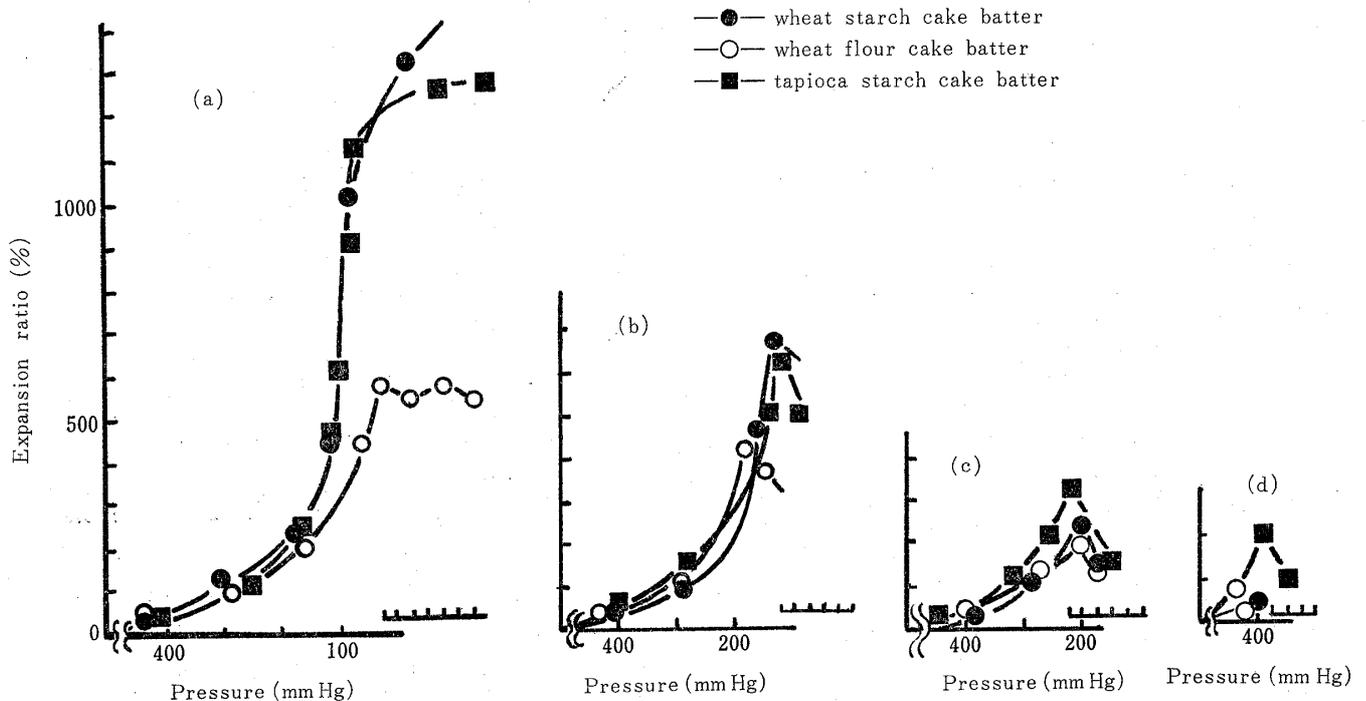


Fig. 7 The expansion behavior of air cells in wheat starch, wheat flour and tapioca starch batter at decreased pressure before heat treatment (a) and after heating to 60°C (b), 70°C (c), 80°C (d)

タピオカ澱粉スポンジケーキの膨脹と収縮に関する研究

ッターの膨脹率は680%であった。加熱によるバター成分の蛋白質の熱変性や澱粉の膨潤等による影響でタピオカ澱粉、小麦澱粉両バターの膨脹は25°Cの時に比較して顕著に抑制される傾向がみられた。70°C (Fig. 7. (c)) に加熱されたバターは、更に加熱による変性が進んで、膨脹の抑制傾向が一層顕著に認められたが、各試料間の膨脹率の差は殆ど認められなかった。しかし、タピオカ澱粉バターの膨脹は、小麦粉、小麦澱粉バターのそれを上回った膨脹を継続した。このように、タピオカ澱粉バターのみが、70°Cに加熱されてもまだ、気泡膜の伸張性をかなり保有していた。80°C (Fig. 7. (d)) に加熱されたタピオカ澱粉バターの気泡のみは約200%の膨脹が認められ、固定化の進行が遅れ、気泡膜の伸張性を残していることを認めた。この点で、タピオカ澱粉バターに含まれている気泡の気泡膜と他のバターの気泡膜の、伸張性や、熱変性の程度に著しい相違が示唆された。

5. バター内の澱粉粒子の分散状態

小麦澱粉とタピオカ澱粉バター内に含まれている澱粉粒子の沈降状態を比較した (Fig. 8)。その結果、タ

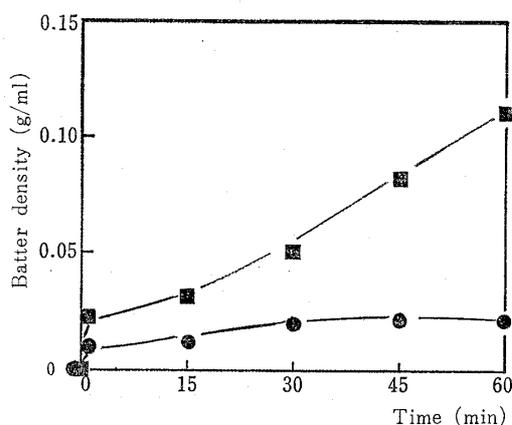


Fig. 8 The sedimentation rate of the starch particles in the sponge cake batters

a) The differential density between upper level and lower level of the cake batter

- wheat starch cake batter
- tapioca starch cake batter

ピオカ澱粉ケーキバターの上部と下部の時間経過に伴う密度の差は、小麦澱粉のそれに比較して顕著に大きく、タピオカ澱粉バター内に含まれる澱粉粒子の分散状態は不安定で、時間と共に粒子が沈降しやすいことを示している。

6. 澱粉粒子の膨潤

澱粉粒子を8~4%濃度の十分な水の存在下で、25から70°Cまで加熱したときの澱粉粒子1g当たりの吸水率をFig. 9に示した。タピオカ澱粉は、25°Cから温度

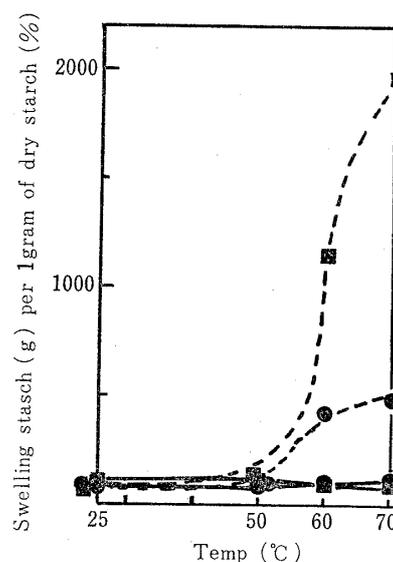


Fig. 9 The swellings of starch granules under higher water level (water suspension) or under lower level (cake batter)

- wheat starch in batter
- tapioca starch in batter
- wheat starch in water
- tapioca starch in water

上昇に伴って急速に著しく膨潤し、70°C前後では膨潤率約2000%に達している。小麦澱粉は、比較的低温から膨潤しはじめるが、70°Cで約400%に膨潤した (Fig. 9)。この、タピオカ澱粉の膨潤率が高く、小麦澱粉の膨潤率が比較的低いという傾向は、Schochら¹⁰⁾、二国ら¹¹⁾と一致した。小麦粉は水に懸濁すると、単純に澱粉粒子の膨潤のみではなく、グルテンやペントザンなどの吸水も生じるので、澱粉粒子の膨潤を比較することは困難なため行っていない。

次に、糖や蛋白質を含んだケーキバターのなかの澱粉粒子の膨潤の状態を測定した。各ケーキバターを25°Cから70°Cまで加温してもその膨潤率は、90から120%の範囲を示した (Fig. 9)。

7. アミログラフによる測定

アミログラフの測定による各澱粉の糊化特性をTable. 2に示した。タピオカ澱粉は、小麦澱粉に比較して、糊化開始温度と最高粘度時の温度が低く、最高粘度が著しく高値をしめした。最高粘度後のブレイクダウンは、小麦澱粉では殆ど認められなかったが、タピオカ澱粉では、ブレイクダウンの値が高いことを認めた。

考 察

オープン内で焼成中のスポンジケーキバターの膨脹と収縮、更にオープン外で放冷中に起こる収縮について、タピオカ澱粉バターは特に顕著な落ち込みを伴う特徴

Table 2. Data of Amylogram

	T ₁ (°C)	maximum viscosity (BU)	T ₂ (°C)	Break down (BU)
Wheat starch	76.5 ⁽¹⁾	240	93.5 ⁽²⁾	—
Tapioca starch	61.5 ⁽¹⁾	935	72.5 ⁽²⁾	465

8% Tapioca starch or wheat starch suspension

(1) Temperature at which gelatinization begins

(2) Temperature at maximum viscosity

ある挙動を示す。これを小麦粉、小麦澱粉、両ケーキバターの挙動と比較することによってスポンジケーキの膨脹と収縮の要因を考察する。

1. 膨脹の要因について

1) ケーキバターの膨脹と含気量

通常、ケーキバターに名まれる気泡の量が多い程、焼成後のケーキ体積は大きくなる。これは小麦粉、小麦澱粉バターのみかけの密度とそれを焼成したケーキの体積の関係をみれば明らかである (Table. 2)。しかし、オープン内の膨脹の進行を焼成中のケーキの高さの増加率で比較する (Fig. 6) と、その密度から計算したタピオカ澱粉バター (バター体積 556 ml) 内の気泡の含量は、小麦澱粉バター (体積 667 ml) のそれよりもむしろ少ないのにも拘らず、オープン内では、小麦澱粉バターを上回った高さの増加率 (230%) を示した。このような膨脹の特異性をもたらす要因は、バター内に含まれる気泡量のみが原因ではなく、気泡膜の性質にも起因することが大きいと考えられる。

2) 気泡膜の伸張性

先に示した理由から、オープン内でのバターの加熱に伴う変化を明らかにするためにモデル的に実験を行った。バターの減圧処理膨脹試験 (Fig. 7.(c), (d)) の結果を見るとタピオカ澱粉バターは、70, 80°C に加熱されても比較的高い膨脹性を示し、タピオカ澱粉バターの気泡膜の顕著な伸張性を持つことが明らかになった。このタピオカ澱粉に特有な 80°C に加熱された気泡が尚、伸張性を保有していることが、次項で述べる気泡膜の固定化の遅れを示すことになると考えられる。

2. 収縮の要因について

1) 気泡膜の固定化の遅れ

加熱に伴って大きく膨脹したバター中の気泡膜は、さらに継続して加熱される間に、大きく膨脹したまま固定化されることが理想的である。小麦粉を用いたケーキでは、その気泡膜の周囲に分散している澱粉粒子が気泡膜の卵、砂糖、グルテンから水分を吸収し、膨潤することで気孔壁が固まり、固定化すると考えられている¹²⁾。しかし、タピオカ澱粉ケーキは Fig. 6 に示したよう

に、オープン内でも、放冷中においても収縮し、先に示したような固定化が十分に行われていないことが示唆されている。

この固定化の遅れを立証するモデル実験として、Fig. 7 の減圧膨脹処理試験がある。タピオカ澱粉バターのみは、他のバターには無い気泡膜の顕著な伸張性が保有されていること、即ち、固定化が充分進行していない状態におかれていることを示す。

以上のようなタピオカ澱粉バターの異常な膨脹収縮を起こす要因としては、次のような2つのことが考えられる。

i) 澱粉粒子の分散状態が不均一であること

Fig. 8 に示したようにバター内でタピオカ澱粉粒子が沈降することによって、気泡の周囲への澱粉粒子の分散が不均一になる。スポンジケーキバター内でも、時間経過に伴って上層部への気泡の移動、下層部への澱粉粒子の移動が進行する。そのため、上層部では、気泡の周囲に分散している澱粉粒子が、より不均一になるため、バターの加熱膨脹にともなって気泡膜の脆弱化をおこし、気泡のみが大きく膨脹した後、収縮したものと考えられる。

ii) 澱粉の糊化による気孔組織の特異性

通常、十分な水の存在下で澱粉粒子が糊化する温度は、卵の蛋白質が熱変性する温度よりも低い。しかし、ケーキバター中では、糖を添加した低い水分レベルであるために、澱粉の糊化温度が高温側にずれると考えられる¹³⁻¹⁴⁾。このため、ケーキ中では卵の気泡が熱変性によってゲル構造に変化した構造を、澱粉が糊化によって周囲の水分を奪って固め、構造を強化すると考えられる¹²⁾。これは卵の泡沫の骨格をセメントで強化するような役割をはたすと考えられる。しかし、ケーキバター中の澱粉は、Fig. 9 に示したように、70°C まで熱を加えても尚、膨潤が殆んどおこっていない程度であり、タピオカ澱粉のみが特異的に膨潤しているとか、あるいは膨潤度が低いといったようなことは考えられない。焼成されたいずれのケーキにおいても膨潤度の小さい澱粉粒子が煉瓦を積み上げたような状態になって気泡膜を固定

タピオカ澱粉スポンジケーキの膨脹と収縮に関する研究

化していると考えられる。特に小麦澱粉の糊化の状態は、Table. 2 に示したように、ブレイクダウンの値の小さい、従って粒子構造の強い、しかも比較的粘性の低い糊化状態であるために、固定化しやすいと考えられる。しかし、タピオカ澱粉ケーキの澱粉粒子は、Table. 2 に示したように、糊化が比較的低温で起こりやすく、強い粘性をもち、粒子の壊れやすい状態であるために、強固な固定化が望めないのではないかと考える。一方、小麦粉を用いたパンでは、焼成することにより糊化を開始すると、気泡膜に含まれる小麦澱粉粒子は、密着しているグルテンから水分を奪い、膨潤糊化をする。この時に気孔壁に亀裂が生じ、このことにより、気孔は、気密性を失い、通気性を獲得するため、冷却に伴って収縮を起こさないことが報告されている¹²⁾。小麦粉を用いたケーキ組織中においてもこのような現象が生じていることが想像される。タピオカ澱粉ケーキ内においては、気泡膜の周囲に分散しているタピオカ澱粉の糊化状態が粘質であるために、気密性が高くなり、気孔壁に包まれているガスが膨脹するのにともなって気泡は大きく膨脹する。しかし、オープンから出して放冷する間に冷却ともなう気孔内のガスの圧力の低下に伴って収縮をおこし、気孔が扁平化すると考えられる。

ケーキバター内では、水分が極端に少いために、澱粉粒子の吸水膨潤は生じにくい、そのわずかな糊化性状の相違がケーキの性状に大きな影響を与えていると考えられる。

要 約

スポンジケーキを鶏卵、砂糖、タピオカ澱粉の各々同重量で調製し、小麦粉または小麦澱粉で調製したスポンジケーキと比較した。タピオカ澱粉スポンジケーキの特徴は、中央部が大きく落ち窪んだ形状である。これはタピオカ澱粉バターがオープンの中で大きく膨脹した後収縮し、更に放冷中にも大きく収縮したためである。タピオカ澱粉バター中の澱粉粒子の沈降試験の結果とバターの減圧膨脹試験の結果、上記の現象はその大きな

沈降速度によってもたらされるバターの中のタピオカ澱粉粒子の不均一な分散が要因となっていると考えられた。また、アミログラフの結果によると、タピオカ澱粉粒子の糊化特性は、低温でも糊化しやすく、粘度が高く、ブレイクダウンが大きいという特徴をもっていた。そのため、タピオカ澱粉ケーキの気孔壁が粘質となり、固定化がしっかり行なわれず、これがケーキ収縮の要因になったと考えられる。

本実験を行うに当たり、試料をご提供頂いたグリコ栄養食品(株)に感謝致します。尚、本研究の一部は食品振興財団研究助成金を得て行ったものであり、謝意を表わします。

文 献

- 1) 水越正彦: *New Food Industry*, Vol. 30, p. 63
- 2) 藤井淑子, 島田淳子: *家政誌*, **34**, 616 (1983)
- 4) 藤井淑子: *神戸女子大紀要*, **24**, 17 (1990)
- 5) 藤井淑子, 団野源一: *日食工誌*, **35**, 684 (1988)
- 6) 藤井淑子, 久山純子, 団野源一: *日食工誌*, **37**, 619 (1990)
- 7) Fujii, T., Kuyama, S.: *Nippon Shokuhin Kougyo Gakkaishi*, **39**, 524 (1992)
- 8) AACC Method 10-91, page 1 of 1
- 9) Gordon, J., Davis, E. A. and Timms, E. M.: *Cereal Chem.*, **56**, 50 (1979)
- 10) Schoch, T.H.J.: *DIE STARKE*, **11**, 156(1959)
- 11) 二国二郎: *澱粉科学ハンドブック*, p. 148~150, 朝倉書店, (1977)
- 12) 二国二郎: *澱粉科学ハンドブック*, p. 560, 朝倉書店, (1977)
- 13) 上村光男: *製パン技術試料*, **338**, 10 (1992)
- 14) Bean, M. M. and Yamazaki, W.T.: *Cereal Chem.*, **55**, 936 (1978)

(平成5年1月21日受理)