

砂糖の加熱に関する研究

加 藤 和 子

(平成7年9月30日受理)

The Study to Heating of Sugar

Kazuko KATO

(Received September 30, 1995)

1. 緒 言

砂糖は、甘味料として一般調理に広く用いられ、また、調理の味を深めたり、まろやかさを出すために、かくし味としても用いられている。また、アイシングやキャンディーなど菓子類の主材料、または、ケーキやクッキーなどの副材料として重要な食品である。

砂糖の調理性としての溶解度、沸騰点、加熱による変化など、今までに報告されている実用値はほとんどがショ糖である^{1) 2)}。また、砂糖を副材料としての研究^{3) 4)}や新甘味料の研究^{5) 6)}はあるが、砂糖を主材料として種類の違いによる研究は見当たらない。

砂糖の主原料は甘薯(さとうきび)や甜菜(さとうだいこん)で、製造法、色相、加工形態、精製程度などによりいろいろ分類される⁷⁾。その中で家庭で用いられている主な砂糖は、含蜜糖の黒砂糖、また、分蜜糖では、上双糖、中双糖、グラニュー糖の白双、上白糖、三温糖の車糖、角砂糖、粉砂糖、氷砂糖の加工糖などさまざまである。これらの砂糖は、精製法が異なるため、成分も異なり、砂糖としての性質、調理での用い方も異なると思われる。そこで、結晶粒子の異なる大きさの中ざらめ糖、グラニュー糖を用いて、上白糖と比較しながらそれぞれの砂糖の加熱による変化とフォンダンの調製、顕微鏡観察を行ったので報告する。

2. 実験方法

1. 試料調製

1) 砂糖液の加熱による変化

試料とした砂糖は、市販の上白糖、中ざらめ糖、グラ

ニュー糖を用いた。各砂糖を300mlのビーカーに50gずつ入れ、蒸留水25mlをそれぞれに加え、水銀温度計を感温部が砂糖液の中央部に位置するようにつりさげ、攪拌せずに300Wの電熱器(TOSHIBA HP-634)で加熱し、加熱温度が100, 103, 106, 110~180℃までの10℃ごとの各温度の泡の立ち方、着色状態、香り、また、ビーカー中の水の中に砂糖液を1滴落とし、固まり方を観察するウォーターテスト、各温度までの温度上昇変化について観察した。

着色については、測色色差計(日本電色工業製 ND-1001DP)を用いて、セルに加熱した砂糖液と同量の蒸留水を加えて入れ、L, a, b値を測定した。また、色差を $\Delta E = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2}$ の式より求めた。

2) フォンダンの調製

上白糖、中ざらめ糖、グラニュー糖を300mlのビーカーに各30g、蒸留水15mlを加え、攪拌せずに110℃まで加熱後、そのまま40℃まで放冷した後、ガラス棒で120回/minの定速で攪拌し、白濁するまで、白くとりとしてその後変化がなくなるまでの時間を測定し、色、舌ざわり、硬さを観察した。

さらに、各砂糖の白濁時、フォンダンの結晶を400倍で顕微鏡観察を行った。

3. 結果および考察

調理では、それぞれの調理に適する砂糖濃度を得るために、加熱温度で調節している。そこで、中ざらめ糖、グラニュー糖を上白糖と比較しながら、加熱温度による泡立ちの変化をみた。

表1より中ざらめ糖は、上白糖、グラニュー糖と比較すると103℃と低い温度で激しく大きい泡立ちとなる。これは、中ざらめ糖は表面にかけられたカラメルの影響

表1 砂糖液の加熱温度による泡立ちの変化

温度	上白糖	中ざらめ糖	グラニュー糖
100℃	細かい泡	細かい泡	細かい泡
103℃	細かい泡	激しい泡	細かい泡
106℃	細かい泡	激しく大粒の泡	細かい泡
110℃	激しい泡	さらに激しい泡	細かい泡
120℃	泡が増し大きくなる	泡が増し大きくなる	泡が増し大きくなる
130℃	大きい泡が激しくなる	大きい泡が激しくなる	ゆっくりさらに大きい泡
140℃	泡がゆっくりになる	泡が小さくゆっくりになる	さらにゆっくり大きい泡
150℃	泡がゆっくりになる	泡が小さくゆっくりになる	さらにゆっくり大きい泡
160℃	泡が小さくゆっくりになる	表面に大きい泡	静かな泡立ち
170℃	泡が小さくゆっくりになる	表面に大きい泡	泡が小さく少なくなる
180℃	泡が小さくゆっくりになる	泡が小さくゆっくりになる	泡が小さくゆっくりになる

で、他の2種より低い温度でも、わずかに砂糖濃度が高くなり、液に粘りが出て、泡立ちに変化が起こったものと考えられる。しかし、120℃以後は同様の傾向となり、3種とも、はじめは細かい泡が出はじめ、しだいに激しくなり、大きい泡となり、ゆっくりとした静かな泡立ちとなって、再び小さい泡になるといった、すでに報告されている文献¹⁾²⁾と同様の傾向を示し、中ざらめ糖、グラニュー糖でも泡立ちから、温度や濃度を知ることができることがわかった。

次に、砂糖液の加熱温度による着色の変化についてみた。

表2より、上白糖とグラニュー糖を比較すると、上白糖の方が早く110℃(106℃との色差が4.1)、グラニュー糖は140℃(130℃との色差が2.0)で淡黄色に着色している。これは、上白糖には熱分解してカラメル化しやすい、転化糖シラップ(ビスコ)が1.0~1.5%添加されている⁷⁾ため、上白糖はカラメル化が早いと考えられる。中ざらめ糖は、はじめからカラメルで着色されているため、着色が加熱後早くからみられるが、120℃で110℃との色差が12.3となり着色しはじめであると思われる。

次に、砂糖液の加熱温度による香りの変化をみた。

表3より、中ざらめ糖は106℃で甘い香りがしはじめ、150℃で少々焦げくさく、他の2種より早く香りに変化

が現れる。これはやはり表面にかけられたカラメルの影響であると考えられる。また、グラニュー糖は110℃、上白糖は140℃で香ばしい香りとなり、加水分解が進み、転化糖になり、さらに高温で分解が進んで、砂糖の無水物ができたものと思われる。

次に、砂糖液の加熱温度によるウォーターテストを行った結果を表4に示した。

表4より、上白糖とグラニュー糖は130℃、中ざらめ糖は140℃で糸を引き始める。これは、加熱による香りの変化と同様に、煮つめ温度が高くなり、濃度も高くなったため、水和していた水が不十分になり、分子同士が引き合って、粘りがではじめたものと考えられる。

以上の実験を繰り返すうちに、加熱による温度上昇に違いがあることに気づき、砂糖の種類による各指定温度までの温度上昇時間を測定した。

図1より、グラニュー糖が一番早く100℃まで達し、次いで、中ざらめ糖、上白糖の順となり、その後はほぼ同様の傾向を示した。これは、それぞれの砂糖の結晶が完全に溶けるまでの時間の差によるものと思われる。

日本では、砂糖=上白糖として多くの調理に用いられ、家庭ではわずかに、コーヒーや紅茶を飲むときにグラニュー糖を用いるが、以上の結果より、砂糖の種類による香り、着色、温度上昇など各砂糖により異なることが認められ、

砂糖の加熱に関する研究

表2 砂糖液の加熱温度による着色の変化

温度	上白糖				中ざらめ糖				グラニュー糖			
	L 値	a 値	b 値	色	L 値	a 値	b 値	色	L 値	a 値	b 値	色
100℃	71.7	-2.1	49.0	白濁	61.5	1.9	42.7	淡褐色	73.2	-1.5	50.0	白濁
103℃	75.2	-1.8	51.3	白濁	61.4	2.2	42.6	淡褐色	75.3	-1.4	51.4	白濁
106℃	70.4	-2.0	48.1	白濁	58.1	3.7	40.3	淡褐色	67.5	-1.9	46.1	白濁
110℃	73.8	-1.4	50.4	淡黄色	57.7	4.4	40.1	淡褐色	73.3	-1.8	50.1	白濁
120℃	68.7	-1.7	46.9	淡黄色	49.0	8.6	34.1	褐色	68.1	-1.3	46.5	透明
130℃	66.6	-1.7	49.0	淡黄色	51.6	5.8	35.9	褐色	72.1	-1.1	49.3	透明
140℃	64.5	-3.6	44.4	黄色	54.2	3.0	37.6	褐色	70.6	-1.8	48.2	淡黄色
150℃	61.9	-3.8	42.9	黄金色	53.5	4.1	37.2	濃褐色	65.0	-3.0	44.9	黄色
160℃	41.4	19.0	28.9	褐色	50.3	6.8	35.1	濃褐色	60.8	-0.4	42.3	淡褐色
170℃	35.8	24.4	25.0	茶褐色	26.6	25.5	18.6	黒褐色	40.6	20.7	28.4	茶褐色
180℃	22.3	26.5	15.6	黒褐色	12.0	13.8	8.3	黒褐色	24.8	26.8	17.3	褐色

表3 砂糖液の加熱温度による香りの変化

温度	上白糖	中ざらめ糖	グラニュー糖
100℃	変化なし	変化なし	変化なし
103℃	変化なし	変化なし	変化なし
106℃	変化なし	甘い香り	変化なし
110℃	わずかな風味	甘い香り	甘い香り
120℃	わずかな風味	甘く香ばしい香り	甘く香ばしい香り
130℃	風味が増す	甘く香ばしい香り	甘く香ばしい香り
140℃	香ばしい香り	甘く香ばしい香り	甘く香ばしい香り
150℃	香ばしい香り	少々焦げくさい	甘く香ばしい香り
160℃	香ばしい香り	焦げくさい	カラメル香り
170℃	少々焦げくさい	焦げくさい	焦げくさい
180℃	焦げくさい	焦げくさい	焦げくさい

表4 砂糖液の加熱温度によるウォーターテスト

温度	上白糖	中ざらめ糖	グラニュー糖
100℃	すぐ溶ける	すぐ溶ける	すぐ溶ける
103℃	すぐ溶ける	すぐ溶ける	すぐ溶ける
106℃	すぐ溶ける	底ですぐ溶ける	底ですぐ溶ける
110℃	とろっと底に沈む	底ですぐ溶ける	とろっと底に沈む
120℃	玉になり底に沈む	円盤状にゆっくり沈む	柔らかく固まり沈む
130℃	糸を引き玉になり沈む	柔らかく固まり沈む	糸を引き玉になり沈む
140℃	糸を引き玉になり沈む	糸を引き玉になり沈む	糸を引きながらモザイク状
150℃	糸を引きながらモザイク状	玉になり速く沈む	大きな玉になり沈む
160℃	すぐ固まり沈む	玉になり速く沈む	すぐ固まり沈む
170℃	すぐ固まり沈む	固い玉になり沈む	すぐ固まり沈む
180℃	すぐ固まり沈む	固い玉になり沈む	すぐ固まり沈む

実際の加熱調理での使いわけが考えられる。上白糖は着色の早さを利用して、炒めものやドーナッツなど高温短時間加熱の調理に、一方、着色の遅いグラニュー糖は白く美しく仕上げなければならないメレンゲを使ったお菓子、焦げやすいケーキやクッキーなどの高温長時間加熱を行うお菓子などに適すると考えられる。そこで、次に砂糖を主材料としたフォンダンを作り、砂糖の違いをみた。

フォンダンは、砂糖の飽和溶液中に細かい結晶が多数含まれたクリーム状のもので、砂糖衣、アイシングなどに使われている。フォンダンの最も重要な条件は、砂糖液の煮つめ温度であり、攪拌の仕方、添加物により仕上がりが異なる。一般的なフォンダンの作り方^{9) 10)}として、砂糖液の加熱温度は106～120℃でシロ糖濃度70%とされており、過飽和になるまで糖液を冷却せず温度の高いうちから攪拌を行うと結晶ははやく出はじめるが、先にできた結晶のまわりに後からできた結晶が付着して結晶が成長してしまうことがわかっている¹⁰⁾。今回の実験では、シロ糖濃度70%の場合に過飽和になる40℃まで放冷し、十分に冷却した後に攪拌し、各砂糖のフォンダンを調製し、色、舌ざわり、硬さをみた。

フォンダンのできあがるまでの時間を図2に示した。

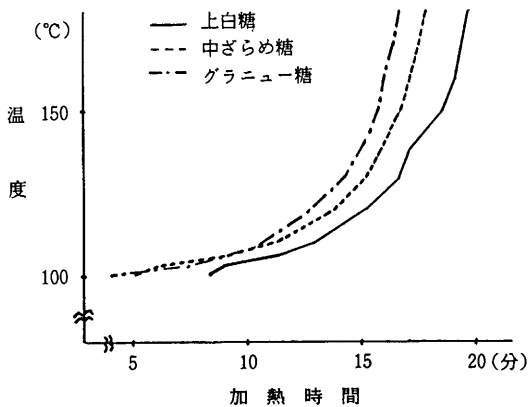


図1 砂糖の種類による温度上昇の変化

図2より、どの砂糖も白濁しはじめるまでの時間に大差は認められず、攪拌開始後わずかであった。次に、白くとりとして変化がなくなりフォンダンとなるまでの時間は、上白糖が短時間でできあがり、中ざらめ糖、グラニュー糖は時間がかかった。できあがりを比較すると、中ざらめ糖は色がベージュ色である以外は硬さ、舌ざわりとも他の2種との違いはあまり認められなかった。そこで、白濁しはじめた時点と、フォンダンに仕上がった時点の顕微鏡観察を行った。

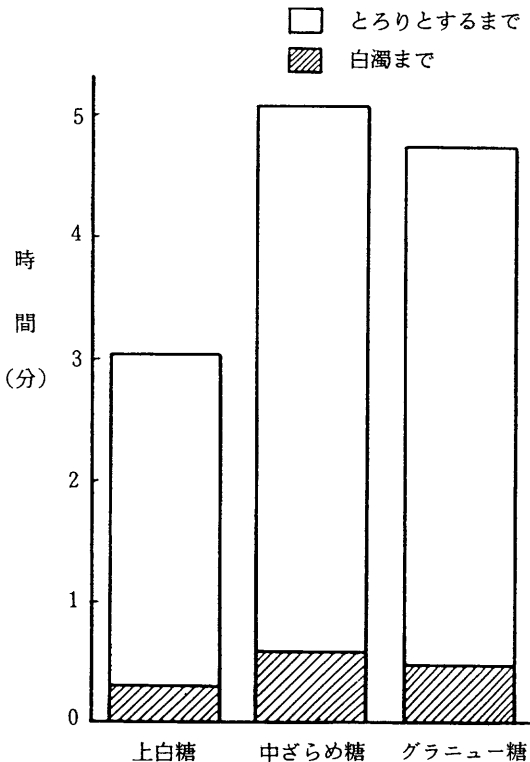


図2 フォンダの仕上がりまでの時間

図3の写真より、3種とも白濁しはじめた時点は、シロップ中に大小の結晶が分散しているのが認められる。これは、白濁時には、まだわずかしき結晶が出ていないため、その後の放冷中に残りの結晶がゆっくり、さらに成長してしまい、さまざまな大きさになり口ざわりが悪くなっていると考えられる。できあがりのフォンダンの結晶をみると、微細な結晶が多数より集まっていることがわかる。これより、攪拌を続けたことにより、微細な結晶の集合体となり、均一でなめらかな舌ざわりのフォンダンになったものと考えられる。

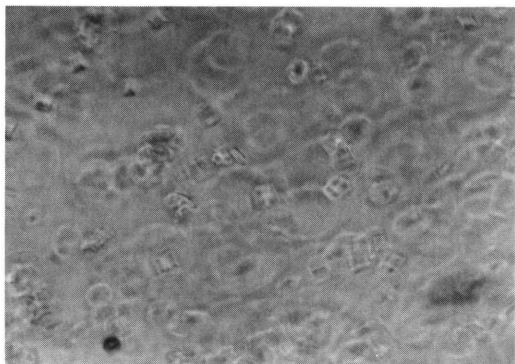
以上の結果から、いずれの砂糖の場合にも、飽和溶液中に微細な結晶が均一に分散した、舌ざわりの良い、さらに質の良いフォンダンを得るためには、攪拌を急激に行い、結晶がすべて出て、わずかに流動性を残すところまで、攪拌を続けることが大切であると思われる。

4. 要 約

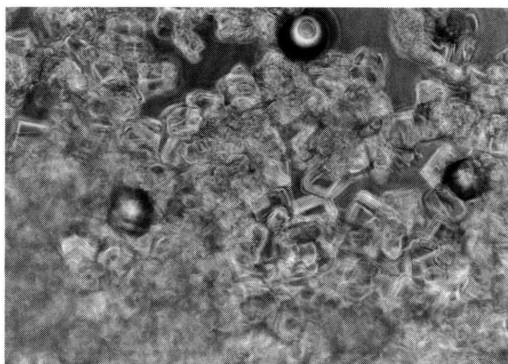
上白糖、中ざらめ糖、グラニュー糖を用いた砂糖液の加熱温度による比較、フォンダンの調製結果を要約すると次のようになる。

1. 中ざらめ糖は表面のカラメルの影響により103℃と低い温度で激しい大きな泡立ちとなる。120℃以後は3種とも同様の傾向を示す。
2. 中ざらめ糖は表面のカラメルの影響により、上白糖は転化糖シラップの影響により着色が早いので高温短時間加熱調理に適し、グラニュー糖は着色が遅いので、高温長時間加熱調理に適する。
3. 中ざらめ糖は106℃、グラニュー糖は110℃、上白糖は140℃で香ばしい香りとなる。
4. 上白糖、グラニュー糖は130℃、中ざらめ糖は140℃で糸を引くようになる。
5. 砂糖の結晶が溶けるまでの時間が、砂糖の種類により異なるため、温度上昇の速度が異なる。
6. フォンダンのできあがりまでの時間は3種とも、攪拌開始後わずか白濁しはじめ、フォンダンとなるまでは上白糖より、中ざらめ糖、グラニュー糖の方が時間がかかる。
7. 顕微鏡観察により3種とも、白濁時には大小の結晶が分散しており、できあがりのフォンダンの結晶は、微細な結晶の集合体が認められた。

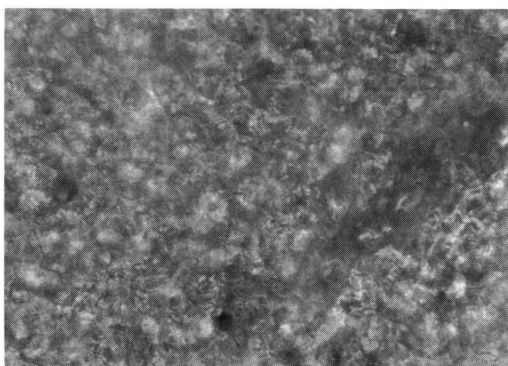
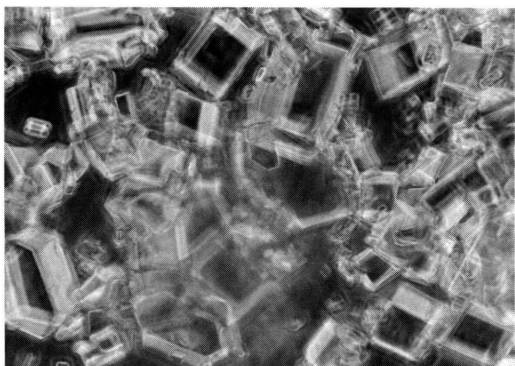
白濁時



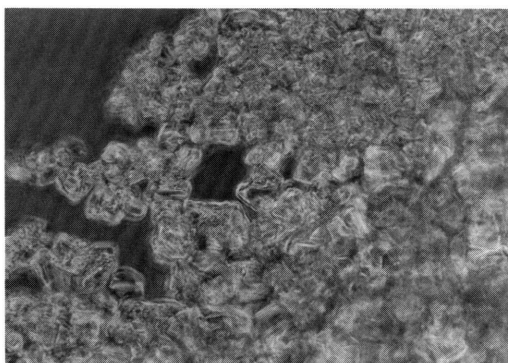
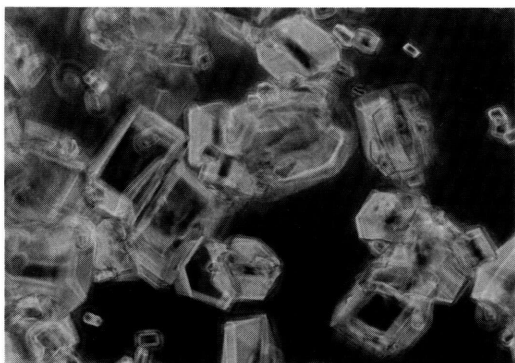
フォンダン



上白糖



中ざらめ糖



グラニュー糖

図3 砂糖の再結晶の顕微鏡写真(×400)

砂糖の加熱に関する研究

引用文献

- 1) 松元文子：新・調理学，光生館，東京，133（1993）
- 2) 調理科学研究会：調理科学，光生館，東京，393（1981）
- 3) 田辺洋子，飯島真喜子，島田淳子，吉松藤子：家政誌，37，357（1986）
- 4) 栗津原弘子：調理科学，15，114（1983）
- 5) 加賀敏夫，水谷武雄：精糖技術誌，34，45（1984）
- 6) 鈴木一正，中島良和：食品工業，26，8，34（1983）
- 7) 吉積智司，伊藤汎，国分哲郎：甘味の系譜とその科学，光琳，東京，93（1986）
- 8) 竹林やゑ子：洋菓子の調理科学，柴田書店，東京，52（1994）
- 9) 調理科学研究会：調理科学，光生館，東京，490（1981）
- 10) 河村フジ子：系統的 調理学－食事計画から食卓まで－，家政教育社，東京，91（1989）