練りようかんに関する研究(第1報)

製造工程における粘性挙動について

松下竹次郎*・酒井達郎*・八島信一*・中村 弘*

古くからわが国の菓子として家内工業的に製造されてきた練りようかんは、最近次第に量産化され、菓子類の中では大きな位置を占めてきた。一般の和菓子にも共通することではあるが、その加工技術については、昔からの経験が受けつがれてきたに過ぎず、科学的研究およびその文献が非常に少ない。

練りようかん(以下ようかんと略す)はしょ糖(あるいは水飴)、生あんおよび寒天などを熱湯に溶解し、これを加熱濃縮して冷却固化させたものである。構成的には多量のあん粒子^{1)~3)}〔煮熟された細胞澱粉⁴⁾—熱湯に

溶解しない細胞膜に包まれた澱粉(写真1)]を含む濃厚糖液サスペンションを寒天で固化させた一種の練り製品と見なし得る。すなわち、しょ糖・寒天・水系のゲル状連続層に粗大なあん粒子が濃厚に分散し、その体積比は約80:20、1cc中のあん粒子数は約70万、あん粒子内には糊化状態の澱粉粒が数個~十数個あり、ようかんの比重は1.34~1.37である(第1図、写真2)またしょ糖・寒天・水系のしょ糖濃度は70~73 w/w%, 寒天濃度は1.2~1.6 w/v%, 主成分は水分22~30%, しょ糖および還元糖52~62%, しょ糖、還元糖以外の炭水化物6~10%, 粗たんぱく質4~8%, その他である。したがって複雑なレオロジー特性を示し、それらが化学成分と混然一体となって、ようかん特有の風味を形造っている(高分子学会第9回レオロジー討論会に一部発表)。

今回は製造工程における濃縮液の粘性挙動に関する2, 3の基本的な実験を行ない、それらと風味、加工法との関係について検討したので第1報として報告する。

写真1 小豆あん粒子の顕微鏡写真(×600)

第1図 ようかんの構成(モデル)

写真2 ようかんの顕微鏡写真(×50)

注: 写真はようかん中のあん粒子の分散状態を知るため撮影したもので、黒色の粒子は表面(第1層)のヨードで染色されたあん粒子で、それらの間隙にある白色不鮮明の粒子は裏面(第2層)のあん粒子である。

* 栄太楼食品工業株式会社研究室(調布市仙川町677)

Studies on Neriyōkan. Part I. Viscous behaviors of concentrated solution of Neriyōkan in processing.
By TAKEJIROH MATSUSHITA, TATSUROH SAKAI, SHINICHI YASHIMA, and HIROSHI NAKAMURA.

実験方法

1. 供試材料

- (1) しょ糖：明治製糖KK製 M.X.
- (2) 生あん：北海道産小豆を指間で柔らかくつぶれる程度になるまで煮熟したのち、60メッシュのふるいを用いて裏ごしし、皮、胚座を除くとともに単一の細胞にときほぐす。これを一定量の水でさらして水溶性物質を除き、圧搾脱水して水分含有量62%に調製する。
- (3) 寒天：日本海藻工業KK製フレーク状寒天、ゼリー強度560。

2. 実験法

- (1) しょ糖液の粘度：糖濃度60~80%の各溶液を100°Cに保ち、それらの粘度を測定した。
- (2) あん粒子・水系の粘度：蒸留水にあん粒子を均一に分散させた、濃度13~25%の各試料を100°Cに保ち、それらの粘度を測定した。
- (3) あん粒子・しょ糖液系の粘度：しょ糖液系の糖度を一定(75%または77%)に保ち、あん濃度を0~15%にかえた各試料を100°Cに保って、それらの粘度を測定した。
- (4) 濃縮工程におけるようかんの粘度：約8ℓ入りのアルミニウム製容器に寒天32g、水2ℓを入れ、加熱して寒天を完全に溶かす。つぎにしょ糖2.2kgを加えて溶かしたのち、生あん1.2kgを加え、へらで攪拌しながら混合液を作り、水を加減して、内容量を4.4kg(水分約40%)、液温80°Cに調製する。つぎに粘度計の振動板を溶液の中心部に浸して固定し、攪拌しながら加熱濃縮して、内容量が3.65kgになるまで続ける。この間の内容量(原料配合量と重量から糖度が算出できる)と粘度を測定し、2.(5)の対照区a.とした。これを適當の容器に移し、常温に一昼夜放置すれば完全に固化して、ようかんになる。

- (5) 濃縮工程における物理的衝撃とようかんの粘度：物理的衝撃が濃縮工程における、ようかんの粘度におよぼす影響を知るために、研究用小型ホモジナイザーに2.(4)の調製液を注入し、あん粒子の分散あるいは破砕を試みた。実験はローターとステーターの間隙、および流量をかえてb, c, dの実験区を作った。

ローターとステーターの間隙	流 量
b. 3.0 mm	1ℓ/2.5
c. 0.5 mm	1ℓ/1.25
d. 0.5 mm	1ℓ/2.5

つぎに各区を2.(4)と同一条件で濃縮し、内容量と粘

度を測定した。

- (6) 濃縮工程における物理的衝撃とでき上りようかんの堅さ：ローターとステーターの間隙を3mmに固定したホモジナイザーに、2.(4)の濃縮前の調製液を、4区に流量をかえて注入し、2.(4)のように濃縮固化させてb, c, d, eのようかんを作り、それらの破壊強度、沈降速度を測定した。

3. 測定法

- (1) 粘度の測定：製造工程中の測定に便利な振動粘度計(横河電機製作所製)を用いた。測定値は粘度と密度の積 centipoise $\times$ g/cm³である。

- (2) 破壊強度の測定：カードテンションメーター(飯尾電機KK製)と回転ドラムを第2図のように組合せ、その破壊点を求めた。この測定には径3mmの圧縮円板(円板は試料に平行)、荷重は400g、試料は2cm $\times$ 2cm $\times$ 2cmに整えて20°Cで測定した。破壊強度は第3図のように、試料が圧縮円板に接した点 t_0 と、破壊した点 t_1 におけるペンの位置(ただし高さ)の差h mmを目安として用いた。

- (3) 沈降速度の測定：ようかん40gを100ccのビーカーにとり、煮沸水70gを加えて加熱して完全に溶解させる。つぎに重量を110gに補正してから、100ccのメスシリンダーに移し、液温を70°Cにしてよく振盪し、70°Cの恒温槽のなかで、10分後における上澄液の容積を測って沈降速度の目安とした。

- (4) 顕微鏡写真：ようかんを氷結ミクロトームで厚さ約3 μ の切片にしてSchiff's reagentで染色して撮影した。

第2図 カードテンションメーター略図

第7図 ホモジナイザー処理を行なった各試料の濃縮工程における糖%と粘度

実験結果

(1) ショ糖液の濃度と粘度

第4図のような結果を得た。この測定値は BINGHAM and JACKSON⁵⁾, LANDT の結果と大体一致する。

(2) あん粒子・水系の濃度と粘度

第5図のような結果を得た。

(3) あん粒子・ショ糖液系の濃度と粘度

第6図のように(2)と類似した結果を得た。

(4) 濃縮工程におけるようかんの粘度および物理的衝撃が粘度におよぼす影響

この実験は、2, (4), (5)の a, b, c, d, 各区につき同一条件で2回ずつ行ない、ともに大体一致した値を得た。第7図はそれらの濃縮工程の粘性挙動を比較した結果で、それらの同一糖度における粘度を比較すると、 $b < a$, $c < d$ である。また b, c, d のあん粒子は明らかに変形し、それらの多数は細胞膜が破れて、細胞内の澱粉粒が連続層に流出している状態が顕微鏡で認められた(写真3)。なおこの実験で、cは糖度55%, dは54%で濃縮操作が事実上困難となったので実験を中止した。

第2表 ホモジナイザー処理と破壊強度、沈降速度の関係

区	処理時間 (min/l)	破壊強度 (高さ hmm)	沈降速度 (上澄液 cc)	水分含有量 (%)
a(対照)	無処理	75	56	26.6
b	1.25	68	37	26.7
c	2.50	65	29	26.5
d	3.75	62	27	26.6
e	5.00	58	23	26.8

(5) 濃縮工程における物理的衝撃(ホモジナイザー処理)が、でき上りようかんの堅さにおよぼす影響

第2表のように、処理時間、破壊強度および沈降速度には相関関係があり、ホモジナイザー処理は、ようかんの堅さ(破壊強度)および沈降試験の値を小にする。

考察と要約

(1) ようかん連続層の糖濃度は約75 w/w%, 分散質のあん粒子濃度は約20 w/w%で、これに相当するショ糖液の粘度は約13cp, あん粒子—水系の粘度は約180cp, あん粒子—75%ショ糖液系は約200cpである。したがってようかん濃縮液の粘度は主にあん粒子の濃度に影響される。

(2) 濃縮工程前のあん粒子・寒天・ショ糖液系をホモジナイザーで多様に処理して、あん粒子に種々なる変化を与えると、それらの濃縮工程における粘度は、同一糖度でも±数10cpの差を生じ(結果(4)), 同一糖度の製品の破壊強度「堅さ」にも大きい差を生ずる(結果(5))。一般にホモジナイザー処理はでき上りようかんの舌ざわりをよくするが、堅さを減少させる。

(3) ホモジナイザー処理によるようかんの破壊強度「堅さ」の減少の原因としては、処理により完全なあん粒子(写真3のA)が減少し、破片や抜けがら(写真3のB)が多くなり、このために構造形成能が低下して、破壊強度が下る、あるいは細胞内から連続層へ流出した澱粉粒による寒天凝固力の低下などが考えられる。寒天凝固力に関するこの種の実験として、著者らは、寒天溶液のみをホモジナイザーで処理するも、寒天ゲルの破壊強度の低下は認められないこと、また寒天およびようかんに、コンスターチ、アルギン酸ソーダ、C.M.C., ゼラチン、ペクチンあるいはガラス粉末を数%加えると、それらの破壊強度が低下することを認めた(未発表)。また山崎ら⁶⁾はみかん汁の懸濁液を寒天に加えることにより、破壊強度の低下を認め、その原因を果汁中の固形物にあることを報告している。

(4) 濃縮終点の判定は、原料配合の適否とともに、ようかんの品質を左右する要点で、それぞれ一長一短はあるが重量、比重、糖度、沸点、粘度などによる方法がある。菓子職人の間では、濃縮液をへらなどで攪拌する時に感じる抵抗、あるいは流れ具合を判定の目安にして、大体一定した製品を作っているが、これらはその粘度を官能的に把握して、濃縮度合を判定しているものと考えられる。したがって濃縮液の粘度を適当な粘度計で測定し、判定することにより、安定した品質のようかんが得

られるはずであり、このことは結果(4)で確かめられた。

(5) しかし濃縮液の粘度、およびでき上りようかんの堅さに一番影響をおよぼすあん粒子は、ようかんの製造条件（とくに加熱、攪拌の状態）の差異で、様々の変化（大きさ、細胞膜破壊および澱粉粒流出の程度など）を受ける。このため粘度、および堅さ（結果(4)、(5)）の関係は、かならずしも一定しがたく、でき上りようかんの品質に、種々のバラツキを生じることがあるから、製造のときはこの点の検討も必要と考える。

終りに臨みご指導を頂きました日本女子大学岩崎康男教授、北海道大学理学部中川鶴太郎教授に深謝致します。

文 献

- 1) 広田義夫：日本農学会報，**136**，1（1913）.
- 2) 高橋悌蔵：澱粉工誌，**2**，(1)，10（1954）.
- 3) 住江金之，小崎道雄，三浦二郎：農産技研誌，**5**，(6)，267（1958）.
- 4) 岩崎康男：日本農業研究所資料，**1**，1（1947）.
- 5) BROWNE, C.A. and ZERBAN, F.W.: Physical and Chemical Methods of Sugar Analysis, (John Wiley & Sons, New York) 510（1948）.
- 6) 山崎清子，加藤 悦：日本家政学会誌，**10**，(1)，3（1959）.

（1961年5月8日受理）

早期栽培米の性状に関する研究（第3報）

早期栽培米の貯蔵，乾燥および加工における性状の変化について（続）

木原芳次郎*・梶川靖子*・御所町子*

前報¹⁾につづいて早期栽培米の性状に関し処理方法の影響について研究した。

実験ならびに考察

1. 早期栽培米の性状におよぼす貯蔵の影響

(1) 新米と古米の性状の比較

前報で、早期栽培米が古米になると、澱粉・ヨード青色試験において透光率が高くなり、Brabender's Amylogramにおいて最高粘度が高くなることを2，3種類について報告したが、前報で用いた試料につき、前と同様な実験を行ない、1年後における性状の変化を調べた。試料についての処理方法、および貯蔵条件は第1表のようである。なお新米・古米の言葉は貯蔵前と貯蔵後のものをいみする。

i) 膨 潤 度

白米を粉碎し、40メッシュのふるいを通した米粉5gを目盛付50cc遠沈管に入れ水を加えよく攪拌し、1時間室温および80°Cの恒温水槽に放置、各々遠心分離機にかけて、沈降米粉の体積を測定し膨潤度とした。前報

と比較すると第2表のごとくである。

膨潤度は室温においては差が認められないが、80°Cにおいては明らかに前年度に比較して体積が大きく、古米になると釜ぶえが大きいということと一致する。K,Lについては1960年も1961年も変化がない。

ii) 離 水

試料5gをプリン型に入れ、水45ccを加え、攪拌しながら電熱器上で5.5分間加熱して糊を作る。これをフリーザーに入れて凍結する。翌朝室温に放置し、解氷してスッチェに内容に移し、滴下する水分量をメスシリンダーに受けて測定した結果を第3表に示す。

離水は2時間以内に起り、それ以後は変化が少ない。1960年に離水を起していないD,H,Iは1961年には離水をしている。E,F,Gは1961年の方が離水量が多くなっている。B,Cは1960年と1961年とはほぼひとしい。貯蔵方法が異なるJ,K,Lについては、Jは離水なしで兩年とも同じ、K,Lはともに1960年の方が離水量が多い。以上の結果より、古米になると離水が多くなる傾向にあるように思う。

* お茶の水女子大学食品化学教室（東京都文京区大塚町）

Studies on Properties of Early Seasonal Rice. Part III. Variations of properties on storage, drying and processing (continued). By YOSHIJIRO KIHARA, YASUKO KAJIKAWA and MACHIKO GOSHO.