

# 生菓子類の小ロット計画生産向け長期保存技術の確立

—原料の種類と配合条件が凍結及び解凍特性に及ぼす影響—

辻 政雄・恩田 匠・荻野 敏

## Studies on Long Storage Technique of Raw Confectioneries for a Planned Production

—Physical Properties of 'Mochi' Prepared from Non Waxy Rice Flour and Waxy Rice Flour in Freezing and Thawing Process—  
( 'Mochi' —A Traditional Japanese Food)

Masao TSUJI, Takumi ONDA and Satoshi OGINO

### 要 約

うるち粉ともち粉から団子を製造し、両者の冷凍及び解凍曲線の変化を検討した結果、両者ともほぼ同じ挙動を示した。しかし、硬さには製造直後では著しい差異がみられ、うるち粉がもち粉に比較して著しく硬かった。しかし冷凍—解凍後の硬化速度は、両者とも同様な傾向であった。

うるち粉団子の硬化抑制を製造面から検討した結果、冷凍—解凍後に団子を軟らかく保持するには、蒸し時間を長くし、その後よくこねて製造することが重要であった。さらに解凍は温度を高くして行い、砂糖を添加するのも有効な方法であった。

### 1. 緒 言

生菓子類は、水分が多く、栄養が豊富なために微生物による品質劣化が急速に進行し、保存性が極めて悪い。そのため、冷蔵下で生菓子類を保存して微生物の増殖を抑制する方法が有効であると考えられるが、主原料の米粉や小麦粉に含まれる澱粉は、低温下で硬化する性質、いわゆる老化が進行する。この老化は凍結しないかぎり低温ほど起こりやすい<sup>1)</sup>といわれ、0℃付近がもっとも早く進行する。そこでこの温度帯よりさらに低温で保存する冷凍保存が考えられるが、生菓子類についての報告はほとんどなく、笹だんご<sup>2)</sup>で見られる程度である。

最近、荻野<sup>3)</sup>は生菓子類の長期保存技術の確立を目的に、市販のカステラと団子で冷凍保存を検討している。これによるとカステラは冷凍—解凍後も製造直後の硬さを十分保持していたが、団子は老化がわずかながら進行することを報告している。このように生菓子類の計画生産を可能にするために冷凍技術は有用であると思われるが、原料の種類や配合する副材料等も老化に大きく影響することが予想されるなど検討する課題も多く残されている。

そこで今回は、和菓子の主原料であるうるち粉ともち粉を用いて、蒸し時間、こね回数、粉の粒度さらに冷凍・解凍温度の影響などの製造面から老化を抑制する方法を検討

した。

### 2. 実験方法

#### 2-1 原材料

原材料のうるち粉は上新粉、もち粉は牛皮粉を用いた。製造メーカーは両者とも日本の本穀粉(株)(栃木県小川市)であった。

#### 2-2 うるち粉の粒度分画

粉の粒度が老化に及ぼす影響を見るため、うるち粉を以下のように分画した。すなわち100メッシュと150メッシュの分析ふるいを2段に重ね、粉が飛散ないようにポリエチレンフィルムで覆ったのち、振動試験機(EMIC Corporation)で分画した。振動条件は、振幅:1mm、振動:50回/秒で10分間行った。

#### 2-3 団子試料の調製

うるち粉からの団子製造は以下のように行った。すなわち、粉300gに熱水300mlを加えてよく練り、これを約30gずつの団子に分割した後、蒸し器に入れて10分蒸した。つぎにこれら団子をステンレスのボールに取り、木の棒でつぶしたのち手でよくこねた。これを直径約40mmの棒状に伸ばし、その後30mm間隔に包丁で切断し、円柱状の試料を調製した。なお、手粉は製造に用いたと同じうるち粉を使用

した。

一方、うるち粉ともち粉の比較試験では、もち粉は上記条件で団子を製造すると、軟らかすぎて棒状形態の団子が作れなかったため、両粉とも蒸し器から取り出した後に市販もちつき機（「もちっ子」AFC-166(A)，東芝製）で練り、プラスチックの型枠（160cm×105cm×25cm）に入れたものを試料とした。

#### 2-4 凍結方法

プラスチック型枠に入れた試料はそのままフィルム包装、または円柱状団子はアルミホイルで個包装し、冷凍庫（タバイエスバック社製の横型超低温保存庫、形式：BFH-110LR、温度範囲：-20～-85℃、内容量：83リットル、断熱材：硬質ポリウレタンフォーム、冷却方法：冷媒を全密閉式圧縮機で冷却）に入れ、-40℃で凍結した。

#### 2-5 解凍方法

団子を-40℃で1週間保存後、30℃の恒温器中で行った。

#### 2-6 温度測定

小型電子温度計に貫通式センサーを付け、円柱状試料の側面部からセンサーを貫通させ、中心部の温度を経時的に測定した。

#### 2-7 硬さ測定

ユニバーサルハードネスメーターを用い、半球形（直径10mm）のプランジャーをつけて測定した。測定は試料8個を用い、円柱状団子の上部平面部を計測し、それぞれの平均値を硬さ（g）とした。

### 3. 結果

#### 3-1 うるち粉ともち粉から製造した団子の冷凍・解凍特性の比較

##### 3-1-1 うるち粉ともち粉から製造した団子の冷凍曲線

うるち粉ともち粉から製造した団子の冷凍曲線を図1に

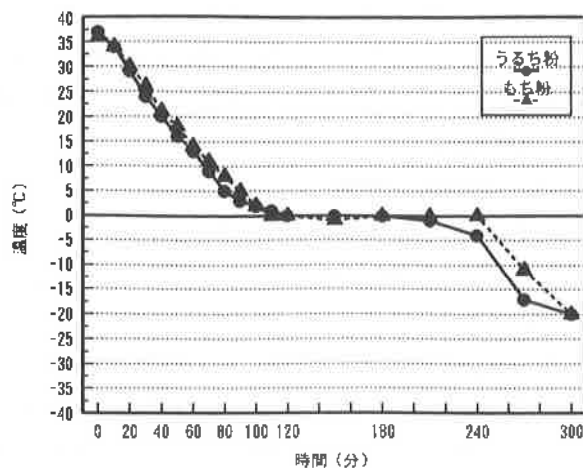


図1 うるち粉及びもち粉から製造した団子の冷凍曲線

示した。その結果、両者とも同様な冷凍曲線を示した。すなわち、団子を冷凍庫（-40℃）に入れた直後から0℃までは急激に温度が低下したが、その後0℃での長時間にわたる停滞期（最大氷結晶生成帯）がみられた。これは水が完全に氷結する時期と考えられ、その後、完全に水が凍ると団子の品温が急激に低下した。

##### 3-1-2 うるち粉ともち粉から製造した団子の解凍曲線

うるち粉ともち粉から製造した団子の解凍曲線を図2に示した。その結果、両者とも同様な解凍曲線を示した。すなわち、冷凍団子は、-2℃までは短時間に温度上昇するが、その後団子中の氷が溶解する平坦に近い緩慢な上昇を示した。しかし、その後完全に氷解すると団子の温度は急速に上昇した。

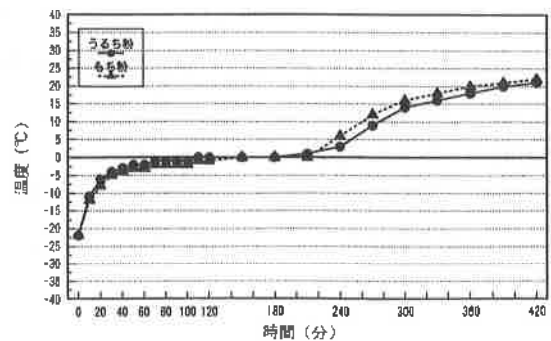


図2 うるち粉及びもち粉から製造した団子の解凍曲線

##### 3-1-3 うるち粉ともち粉から製造した団子の冷凍-解凍後の硬さの変化

うるち粉ともち粉から製造した団子の冷凍-解凍後の硬さの変化を図3に示した。製造直後のうるち粉ともち粉を比較すると、もち粉は著しく軟らかかった。一方、冷凍-解凍後では両団子とも製造直後に比較して硬化が進行し、団子間ではもち粉の方が顕著に軟らかかったが、硬化速度

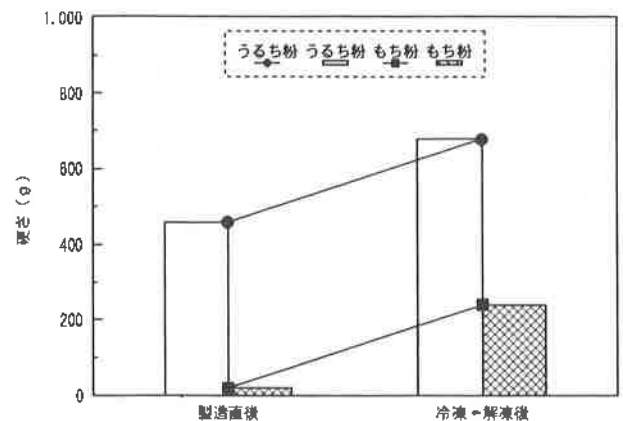


図3 うるち粉ともち粉から製造した団子の冷凍-解凍後の硬さの変化

(図中の直線で示したものは両者とも同様であった。

以上のことからうるち粉は製造直後で硬度が高いこともあるが、冷凍-解凍後にはさらに硬化が進行し、食感的にも硬さを感じた。そこで、これ以後はうるち粉の硬化抑制を製造面から検討した。

### 3-2 うるち粉から製造した団子の冷凍-解凍後の硬化抑制の検討

#### 3-2-1 蒸し時間の影響

蒸し時間を10分、20分及び30分で製造した結果を図4に示した。その結果、製造直後では20分及び30分では10分のものより軟らかくなった。また解凍後では蒸し時間が長い団子ほど軟らかかった。すなわち統計的に硬さの平均値を検定したところ、10分と20分及び10分と30分で比較すると1%で有意差がみられ、また20分と30分では5%有意で差が見られた。

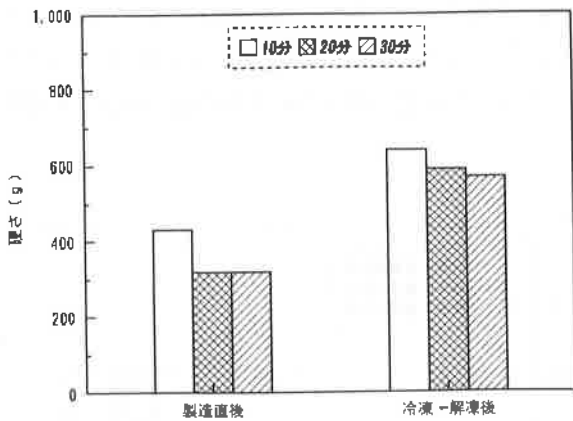


図4 うるち粉から製造した団子の冷凍-解凍後の硬さに及ぼす蒸し時間の影響

#### 3-2-2 こね回数の影響

こねる回数を50回及び250回で検討した結果を図5に示した。製造直後及び解凍後の硬さともよくこねた250回の

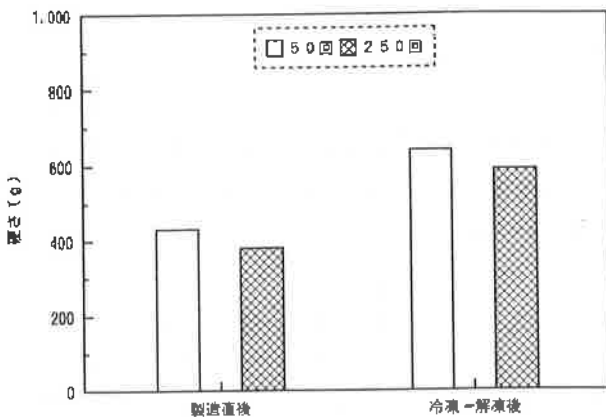


図5 うるち粉から製造した団子の冷凍-解凍後の硬さに及ぼすこね回数の影響

方が軟らかい団子であった。しかし、硬化速度は両者とも同じ傾向であった。

#### 3-2-3 粒度の影響

団子の物理性は、粉の粒度によって大きく影響<sup>11)</sup>されると言われており、当然冷凍-解凍後の硬さも影響をうけることが予想された。そこで、うるち粉を粒度①150メッシュ以上②100~150メッシュ③100メッシュ以下(①, ②, ③の順序で粒度が大きくなる)の3区分に分けた。なお、それぞれの割合は①が33%, ②が31%及び③が36%であった。これらから団子を製造し、冷凍-解凍後の硬さの結果を図6に示した。その結果、粒度が大きくなるに従い、製造直後の団子は硬いが、解凍後の団子は硬化が抑制される傾向であった。統計的には①と②及び①と③で比較すると5%の有意差が認められた。

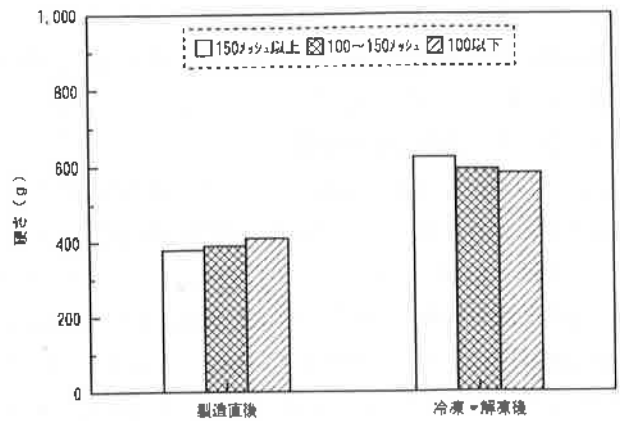


図6 粒度の異なるうるち粉から製造した団子の冷凍-解凍後の硬さの変化

#### 3-2-4 解凍温度の影響

解凍温度の影響をみるために30℃区のほか80℃の高温区を設定し、解凍曲線を図7に、また硬さの変化を図8に示した。その結果、当然のことながら高温区ほど団子の解

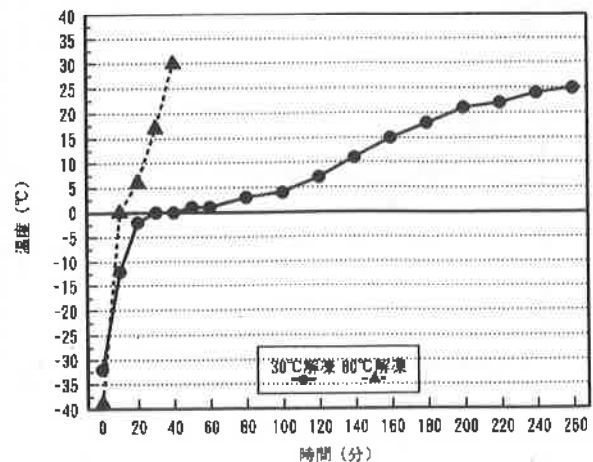


図7 うるち粉から製造した団子の解凍曲線

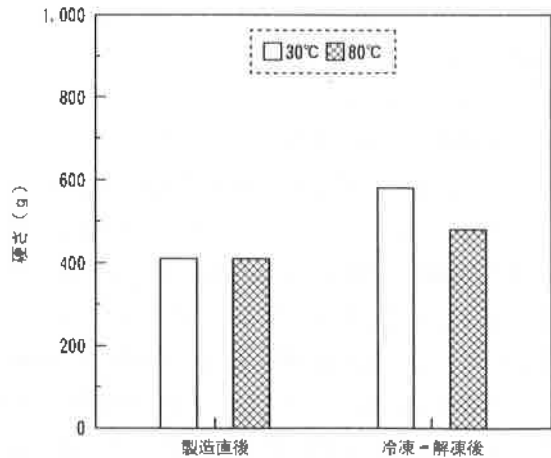


図8 うるち粉から製造した団子の冷凍-解凍後の硬さに及ぼす解凍温度の影響

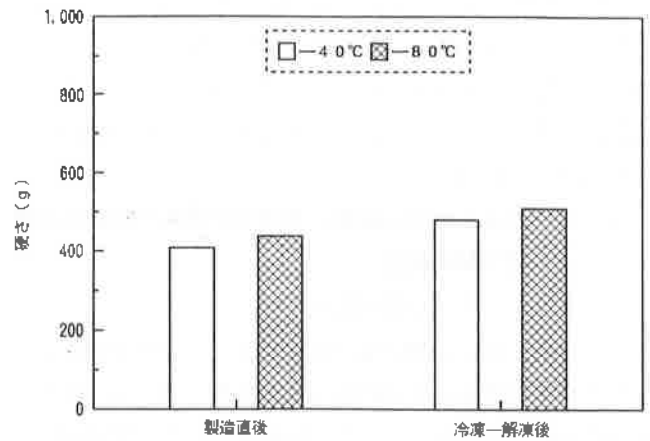


図10 うるち粉から製造した団子の冷凍-解凍後の硬さに及ぼす冷凍温度の影響

凍が早く進行し、30°C解凍でみられるような0°C付近での停滞はみられずに団子の品温が直線的に上昇した。一方、硬さは80°Cでは30°Cに比較して顕著に低い値を示し、高温解凍により団子の硬化が抑制されることがわかった。

### 3-2-5 冷凍温度の影響

上記の結果から解凍を急速にすることで硬化が抑制されることがわかったが、ここでは冷凍温度の影響を調べた。冷凍温度は-40°C区のはかに-80°C区を設定した。両試験区の冷凍曲線を図9に、硬さの変化を図10に示した。なお、解凍は80°Cで行った。その結果、-40°Cでは0°Cでの停滞期が50分ほど見られたが、-80°Cではその停滞が見られず急速に品温が低下した。しかし、両温度区とも硬化速度に差異は見られなかった。

### 3-2-6 もち粉添加の影響

3-1において、もち粉はうるち粉に比較して製造直後ではかなり軟らかい物性をもつ結果が得られたことから、うるち粉にもち粉を添加することで、冷凍-解凍後の硬化抑制

が図られるかどうかを検討した。うるち粉ともち粉をそれぞれ10:0、9:1及び8:2の割合で混合した粉を調製し、団子を製造した。その結果を図11に示したが、もち粉の割合が増加するに従い、製造直後の団子は軟らかくなった。しかし、解凍後の硬さはいずれの混合割合でも同程度であった。

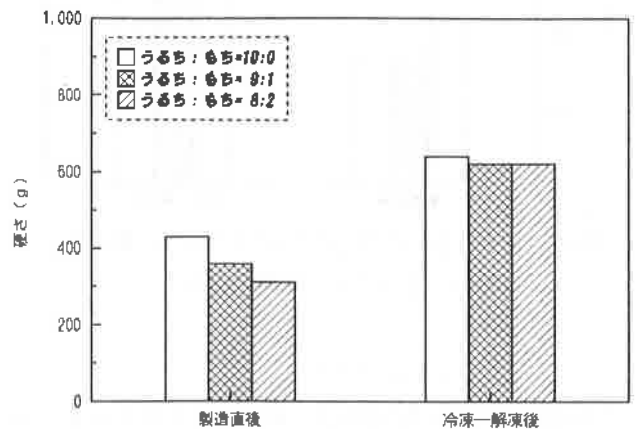


図11 うるち粉ともち粉を混合した粉から製造した団子の冷凍-解凍後の硬さの変化

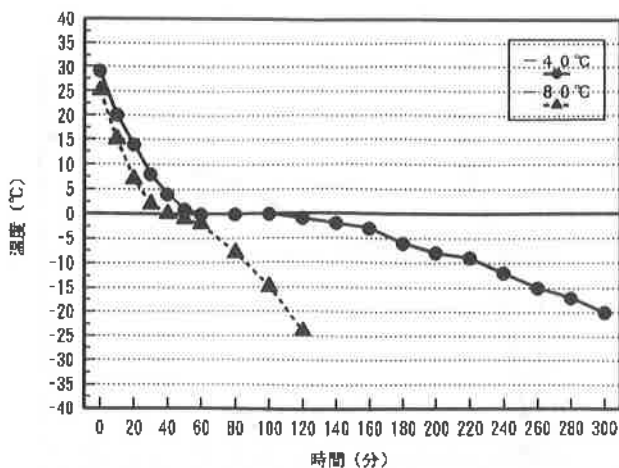


図9 うるち粉から製造した団子の冷凍曲線に及ぼす冷凍温度の影響

### 3-2-7 砂糖添加の影響

上白糖をこねる過程でうるち粉300gに対して100g添加し、砂糖添加の団子を製造した。その結果を図12に示したが、砂糖を添加することにより統計的には5%程度の有意差であるが、団子の硬化が抑制された。

## 4. 考察

永島ら<sup>6)</sup>はもち生地を冷凍(-20°C)下に貯蔵すると、冷蔵したものに比較して老化しにくいことを述べている。もちの硬化現象の要因の一つは、もち生地中の澱粉分子と水分子の相互の挙動によって起こるものと推察<sup>7)~9)</sup>されて

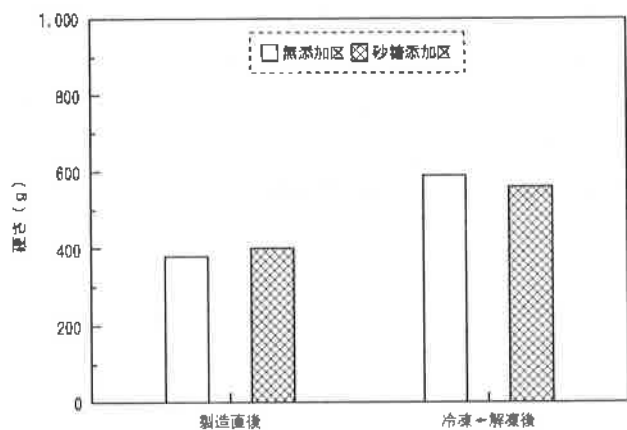


図12 砂糖を添加したうるち粉から製造した団子の冷凍→解凍後の硬さの変化

いる。すなわち、もち製造直後からもち生地中の水分子と澱粉分子が互いに分離し、水はクラスターとなる。一方、澱粉分子間で会合を起こし、これが密な状態となって硬化すると言われている。このことから冷蔵中では澱粉分子の会合が促進されるが、冷凍中では水が結晶化するために澱粉分子の移動がなく、そのまま固定されるために老化しにくい<sup>1)</sup>と考えられている。

今回、著者らはもち粉団子とうるち粉団子の冷凍特性を検討したところ、両者とも解凍後は製造直後より硬化していた。すなわち冷凍保存しても老化することがわかった。そしてその硬化速度は両者とも同様で、原料粉間に差は見られなかった。しかし、もち粉とうるち粉の澱粉構造の差異に基づくと思われるが、分枝構造を持つアミロペクチンのみから成るもち粉は、うるち粉に比較して、製造直後の団子は顕著に軟らかかった。

つぎにうるち粉団子の硬化抑制を目的に、各種の製造方法を検討したが、蒸し時間を長くし、よくこねることで、冷凍→解凍後の硬さを低く抑えることができた。これは、蒸し時間が長く、よくこねることで団子中の澱粉分子間に水が十分に侵入し、水和が十分進行したものと考えられた。また、砂糖添加でも団子の硬化が抑制されたが、これは砂糖分子が澱粉分子の会合を抑制した結果と考えられた。しかし、もち粉添加は、製造時の硬さを抑制する効果はあったが、解凍後の硬さには顕著な効果はなかった。これは、今回のもち粉添加量では少ないものと思われ、さらにもち粉を多く使用すれば硬化抑制効果は見られるものと考えられる。

また、冷凍及び解凍温度を変えてうるち粉団子の硬化抑制を検討すると、冷凍過程では老化を促進させる0℃付近<sup>2)</sup>の通過時間の長短にかかわらず解凍後の硬さには大差はなかった。しかし、解凍時に停滞期を持たない80℃とそれを持つ30℃で比較すると、前者は顕著に硬化抑制効果が見ら

れた。今回、冷凍時0℃での停滞期間が、解凍後の硬化しやすさに及ぼす影響について詳細な検討をしていないので明確なことは言えないが、冷凍→解凍後の硬化抑制は、冷凍温度より解凍温度が大きく影響していることが十分考えられる。

## 5. 結 言

和菓子の主原料であるうるち粉ともち粉を用いて、冷凍→解凍時の硬化抑制を検討した。

はじめに原料粉の違いをみるため、うるち粉ともち粉から団子を製造して、両者の冷凍及び解凍曲線の変化を検討したところ、両者ともほぼ同じ挙動を示した。しかし、硬さには著しく差異がみられ、製造直後ではうるち粉がもち粉に比較して著しく硬かった。また解凍後では両者とも硬さが増したが、硬化速度は同様な傾向であった。

つぎにうるち粉の硬化抑制について以下の検討を行った。蒸し時間を10分、20分及び30分で検討すると、20分及び30分では10分のものより団子は軟らかかった。また解凍後の硬さも低い傾向であった。

こね回数を50回及び250回で検討すると、製造直後及び解凍後の硬さともよくこねた250回の方が軟らかい団子であった。

粉の粒度を①150メッシュ以上②100～150メッシュ③100メッシュ以下(①、②、③の順序で粒度が大きくなる)の3区分に分け、それぞれから団子を製造したところ、粒度が大きくなるにしたがい、製造直後の団子は硬いが、解凍後の団子は硬化が抑制された。

解凍温度を30℃及び80℃で検討したところ、80℃の方が顕著に軟らかく、したがって団子は、急速に解凍することが重要であることがわかった。

うるち粉ともち粉をそれぞれ10:0、9:1及び8:2の割合で混合した粉で団子を製造すると、もち粉の割合が増加するに従い、製造直後の団子は軟らかくなるが、解凍後の硬さは、いずれの混合割合でも同じであった。

砂糖を粉に添加すると、無添加より解凍後の老化が抑制された。

以上の結果から、うるち粉を原料にした団子を冷凍→解凍後に軟らかく保持するには、むし時間を長くし、その後よくこねて製造することが重要である。さらに解凍は温度を高くして行い、砂糖を添加するのも有効な方法であった。

## 参考文献

- 1) 二国二郎監修：澱粉科学ハンドブック，朝倉書店，p40 (1977)
- 2) 財団法人冷凍食品協会監修：最近冷凍食品事典，朝倉書店，p227 (1991)

- 3) 荻野 敏・歌田 誠・小宮山美弘：山梨県工芸技術センター、研究報告、10、50 (1996)
- 4) 寺元芳子：調理科学、18、54 (1985)
- 5) 勝田裕子：調理科学、22、196 (1989)
- 6) 永島伸浩・川端晶子・中村道徳：澱粉科学、37、243 (1990)
- 7) 檢作 進：調理科学、3、225 (1970)
- 8) 野口 駿・中沢文子：調理科学、12、8 (1979)
- 9) 中沢文子・野口 駿・高橋淳子・高田昌子：家政誌、34、566 (1983)
- 10) 永島伸浩：澱粉科学、39、23 (1992)