

食品原料の高品位保管技術の確立

常見 崇史* 関根 正裕*

High Quality Preservation Technique For Food Ingredients

TSUNEMI Takashi*, SEKINE Masahiro*

抄録

主要穀類の一つである玄そばについて一年間保存し、ゲル分散動的粘弾性測定 (GDVM)、示差走査熱量測定 (DSC) 及び X 線回折測定により品質の変化を調べた。そば粉と抽出したデンプンとは糊化温度が異なり、そば粉の方が糊化温度が高くなった。玄そばの保管期間が長くなるにつれて、そば粉及びデンプンの糊化温度が上昇した。長期間の保存においては貯蔵弾性率 G' が保管温度や酸素濃度に関わらず低下した。30℃の保管においては玄そば保管後三ヶ月までに短期的なそば粉の変性が酸素の有無に関わらず起こることから、これを防ぐために 15℃以下での玄そばの貯蔵が望まれることが分かった。

キーワード：ゲル分散動的粘弾性測定，示差走査熱量測定，X 線回折測定

1 はじめに

穀類・豆類などの食品原料は収穫直後の品質が最も好まれ、これを用いた加工食品の商品価値も高い。しかし、収穫は年に一度であり、翌年の収穫までの期間は貯蔵した原料を用いなければならない。常に新鮮で高品質な製品を求められる食品加工業界にとって貯蔵期間中の品質劣化は大きな問題である。これらの対策として低温貯蔵庫を備えた原料取扱業者もあるが、それだけで 1 年間品質を保持するのは難しい。穀豆類は最も重要な食糧であり、これを高品質な状態のまま長期間貯蔵する技術は食品加工業者だけでなく、消費者全般によって求められており、長期的に見れば食糧危機への対応策ともなる。これらのことから、品質劣化の原因や機序を十分に検討した上で、温度管理やガス組成などの基本技術に加え、抗酸化処理、光学的処理などの物理的・化学的手法を加えた総

合的な長期貯蔵技術の開発が望まれる。

穀類の中でも特に高付加価値が見込まれ、品質の保存が強く望まれているそばについて、製粉後のそば粉に関しては低温貯蔵や脱酸素剤による検討が行われてきたが、製粉前の玄そばの保存条件の検討については不明な点が多い。そこで、玄そばについて温度及び保存時のガス組成等を変えて長期間 (1 年間) 保存し、経時変化に伴う品質特性の変化から、品質低下に関わる因子を明らかにすることを目的とした。

2 実験方法

2.1 試料

北海道音威子府村にて生産された玄そば (キタワセ) を試料に供した。

2.2 保管方法

玄そばをそれぞれ 300g ずつ酸素非透過性のナイロン/ポリエチレン製密閉袋に詰め、0℃ (低温貯蔵庫)、15℃ (穀物貯蔵庫)、30℃ (恒温器)

*北部研究所 生物工学部

にて保管した。これらのものについては、それぞれ普通に密閉した物と、脱酸素剤を投入して密閉した物を用意した。また、室温で密閉せずに開放状態で保管した物と室温中で脱酸素剤を投入して密閉した物を用意した。このほかに、 -30°C の冷凍庫に密閉した物を保管したもの、保存開始時に電磁波処理として、それぞれ30秒、60秒電子レンジをかけたもの（電磁波処理）を密閉袋に詰めた物について 15°C で保存した。

2.3 そば粉の製粉

それぞれの玄そばは粉碎器で軽く粉碎し、1mmメッシュのふるいにかけてそば殻を取り除いた後、ブラベンダーテストミルに通し、その後 $300\mu\text{m}$ メッシュのふるいにかける操作を二回繰り返し、そば粉を得た。

2.4 そばデンプンの抽出

そば粉からのデンプンの抽出方法を以下に示す。製粉をして得られたそば粉100gを1リットルの蒸留水に入れて攪拌した後4時間以上放置し、上澄み液が透明になるまで3回以上デカンテーションを行い、水溶性タンパク質を取り除いた。その後、超音波を20分間かけ、更に攪拌を30分間行った後、デカンテーションを行った。得られた沈殿物を布にくるみ、蒸留水中に揉み出しを行い、得られたデンプン懸濁液を水中で $45\mu\text{m}$ メッシュのふるいにかけて、微細なそば殻等の不純物を取り除いた。このデンプン懸濁液をNo.2濾紙にて吸引濾過し、濾紙上に残ったデンプンについて二晩通風乾燥をすることにより、そば粉デンプンを得た。

2.5 動的粘弾性測定

そば粉10g（水分20%換算）を2%キサントランガムゲル20gに分散させ十分に脱気した後、当所で開発した動的粘弾性装置¹⁾を用いて、2Hz、 $40\mu\text{m}$ の振動条件にて、 30°C ～ 90°C まで昇温速度 $1^{\circ}\text{C}/\text{分}$ で加温する際の貯蔵弾性率 G' 及び損失弾性率 G'' の変化を観察した。また、デンプンについても同様にデンプン8g（水分20%換算）を2%キサントランガムゲル16gに分散させ十分に

脱気した後、そば粉と同じ条件で測定した。

測定間隔は 0°C 、 15°C 、 30°C 及び室温で保存したそば粉、およびデンプンについて、保存開始時の測定のほかに、保存開始後1, 3, 6, 9, 12ヶ月経過した物について測定を行った。凍結保存した物と30秒、60秒電磁波処理をしたものについては、それぞれ6, 9, 12ヶ月経過した物について測定を行った。

昇温時における G' と G'' の立ち上がりから糊化温度を知ることができ、 G' と G'' の比である $\tan\delta$ はデンプン粒の構造上の特徴を表す。糊化が完了する 75°C 付近における各物性値は食品中と同様に糊化したデンプン粒の粘弾性を示しており、麺類などの食品に加工した時の触感など、力学的特性を反映する数値指標となる²⁾。

2.6 示差走査熱量測定

12ヶ月間保存したデンプン及びそば粉に関して示差走査熱量(DSC)測定を行った。

測定はDSC装置(Mac Science社製DSC3200)で行った。試料は、乾物重量で約10mg、蒸留水 $20\mu\text{g}$ をアルミ製容器に充填し密閉した。蒸留水 $20\mu\text{g}$ のみを入れて密閉したアルミ製容器を対照に用いて、昇温速度 $1^{\circ}\text{C}/\text{分}$ で 30°C から 95°C まで昇温し、DSC曲線を得た。

2.7 X線回折測定

1ヶ月及び12ヶ月間保存したデンプンについてX線回折測定を行った。十分に水で湿らせたデンプンについてX線回折装置(理学電気製RINT2000ゴニオメーター)を使用しX線は $\text{Cu K}\alpha$ 線を用い、発散および散乱スリット： 1° 、受光スリット： 0.3mm 、ゴニオメーター走査速度 $2^{\circ}/\text{分}$ で 2θ を 4° ～ 32° まで測定した。

3 結果及び考察

3.1 そば粉及びデンプンの糊化特性

3.1.1 保存開始時における粘弾性

保存開始時における粉碎そば粉の G' および G'' の昇温変化を図1に示した。 59°C 付近で G' 及び G'' が上昇を始め、 G' は 74°C で最大とな

りその後低下した。貯蔵弾性率 G' の増加率が最大になる温度が、力学的特性によるデンプンの糊

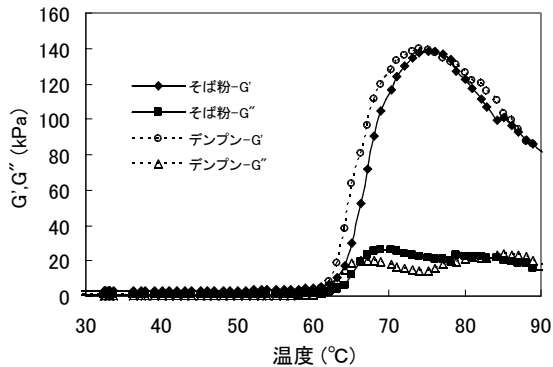


図1 保存開始時におけるそば粉とデンプンの粘弾性

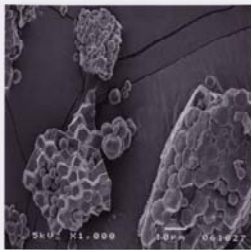


図2 そば粉

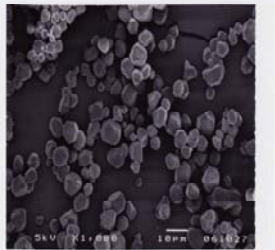


図3 デンプン

そば粉及びデンプンの走査型電子顕微鏡写真(×1000)

化温度と言えることから¹⁾、 G' および G'' の昇温変化からそば粉中に含まれるデンプンの糊化開始温度は 59 °C であり、74 °C で完了することが分かった。また、デンプンの糊化温度が、そばのそれよりも早いことが分かった。

図2及び図3にそば粉およびデンプンの電子顕微鏡写真を示す。抽出したデンプン粒においてはデンプンの粒一つ一つがバラバラに分散しているのに対して、そば粉では多数のデンプン粒をタンパク質と思われる被膜が被い、集塊を形成してい

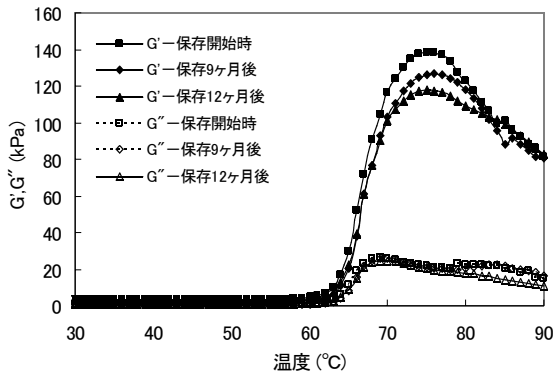


図4 そば粉粘弾性率の経時変化

る。そば粉の糊化が遅くなるのは、これらの被膜の影響がデンプン粒の膨潤を妨げたためと考えられる。

3.1.2 経時変化による粘弾性と糊化温度の変化

図4に15 °Cで保存したそば粉の粘弾性率の経時変化を示す。そば粉は保存にともない、糊化温度が高温側にシフトし、貯蔵弾性率 G' の最大値が低下した。

保存開始時から12ヶ月までのそば粉及びデンプンの糊化温度の変化をそれぞれ図5及び図6に示す。保存開始時はそば粉が65.8 °C、デンプンが64.5 °Cであったのに対して、12ヶ月保存後のそば粉及びデンプンの糊化温度はそれぞれ最高で67.7 °C及び66.4 °Cに上昇し、特に保存開始後1ヶ月での変化が顕著であった。このことから、玄そば保存においては、そば粉およびデンプンの糊化温度が保管温度に関わらず上昇することが分かった。また、12ヶ月後においてもそば粉とデンプンの糊化温度の差が認められた。

DSC測定により12ヶ月保存後のそば粉及びデンプンの糊化開始温度を観察したところ、糊化温度のピーク³⁾はデンプンが61.5 °Cとなり、そば粉が65.1 °Cとなった。そば粉の方がデンプンより

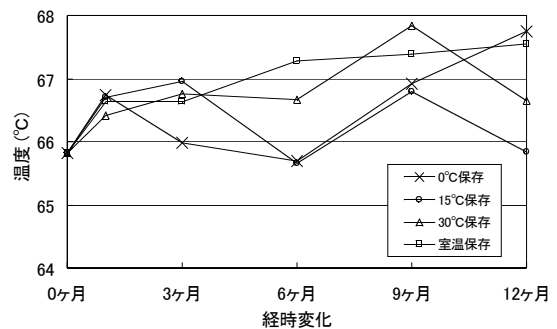


図5 そば粉の糊化温度変化

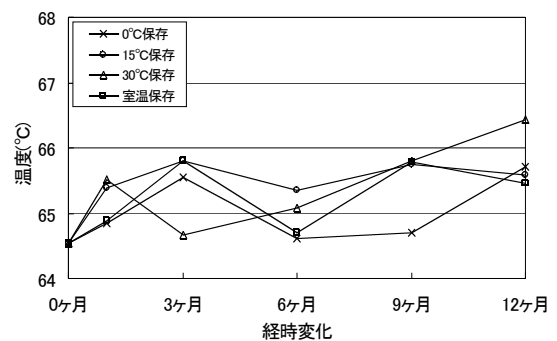


図6 デンプンの糊化温度変化

も糊化温度が約 3.6 °C 高く、これにより、粘弾性測定による糊化挙動と対応した。

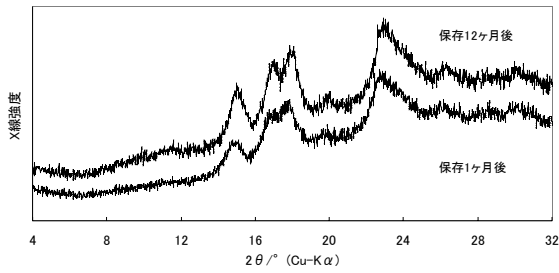


図7 デンプンのX線回折結果

30 °C で 1 ヶ月保存したデンプンと 30 °C で 12 ヶ月保存したデンプンの X 線回折結果を図 7 に

示す。デンプンの結晶形は 3 種類に分類される⁴⁾が、そば粉のデンプン粒は A 形の結晶形を示した。また、保存期間が長くなると、全体的に回折ピークが明瞭になり、特に回折角 17° ~ 18° 付近に見られる 4a 及び 4b 環のピークについて顕著に観察された。一般に結晶化が進むと回折ピークが明瞭になることから⁵⁾、玄そばを保存することにより、デンプン粒の結晶化が徐々に進行することが示され、そば粉及びデンプンの糊化温度の上昇はデンプン粒の結晶化によるものと推測された。

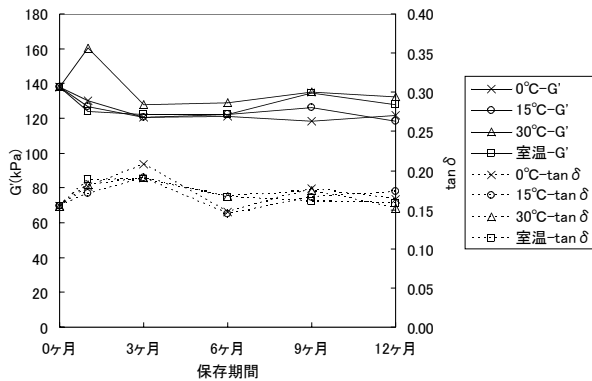


図8 保存期間によるG',tan δ の変化 (そば粉脱酸素剤なし)

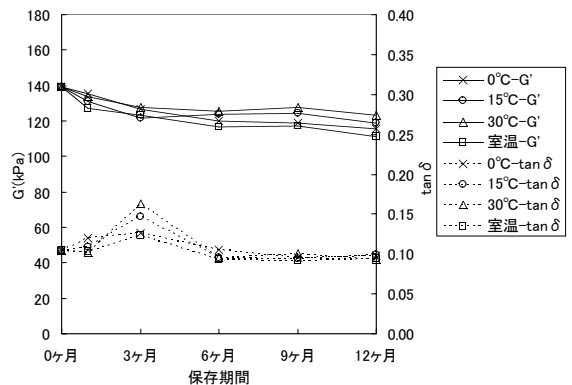


図9 保存期間によるG',tan δ の変化(デンプン脱酸素剤なし)

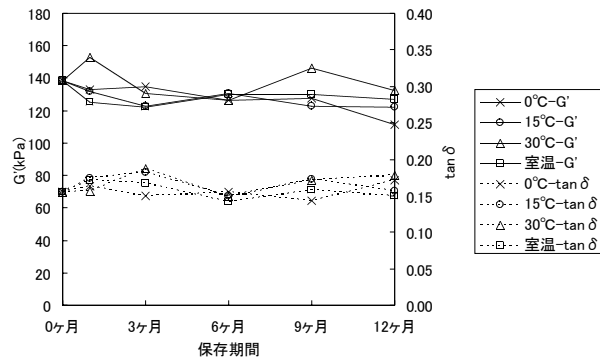


図10 保存期間によるG',tan δ の変化 (そば粉脱酸素剤入り)

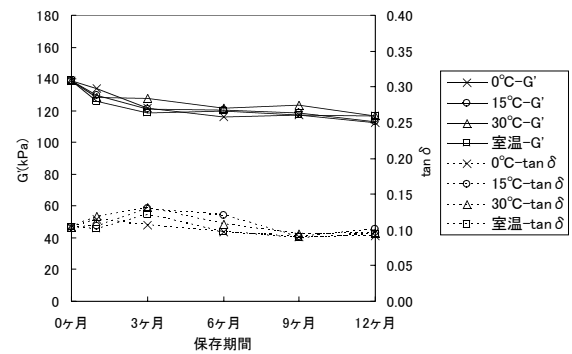


図11 保存期間によるG',tan δ の変化 (デンプン脱酸素剤入り)

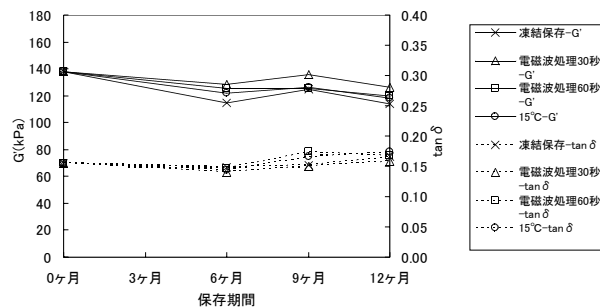


図12 保存期間によるG',tan δ の変化 (そば粉電磁波処理、凍結保存)

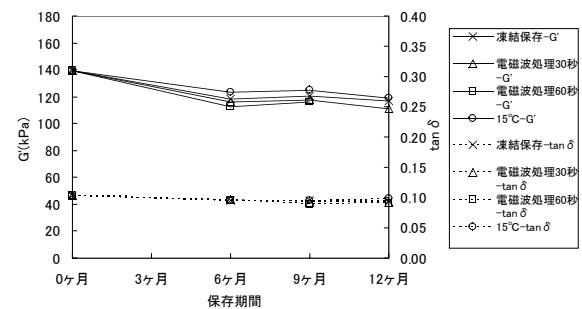


図13 保存期間によるG',tan δ の変化 (デンプン電磁波処理、凍結保存)

3.2 保存条件による粘弾性変化

3.2.1 保存温度差による粘弾性率変化

0℃、15℃、30℃、室温において、貯蔵されたそば粉の75℃における粘弾性値の経時変化を図8に示し、それぞれの温度で貯蔵したデンプンの75℃における粘弾性値の変化を図9に示した。そば粉では30℃貯蔵1ヶ月で貯蔵弾性率G'が上昇した。抽出したデンプンではこのような現象は現れていないことから、貯蔵初期にデンプン以外、すなわちタンパク質の変性が起きたと思われる。このことから、そばの品質変化を抑えるためには15℃以下での保存が望まれる。また、デンプンの貯蔵弾性率G'は保管温度に関わらず長期間保存するにつれて低下した。これは、デンプンの結晶状態の変化が糊化後の物性に影響したものと考えられた。また、長期保存においては高温保存の方が貯蔵弾性率が高かった。

3.2.2 脱酸素剤の有無による粘弾性率変化

各温度で脱酸素剤を投入して密閉貯蔵されたそば粉及びデンプンの75℃における粘弾性変化をそれぞれ図10、図11に示した。脱酸素剤が投入されていない図8、9と同様に、そば粉では30℃貯蔵1ヶ月で貯蔵弾性率G'が上昇したが、デンプンではこのような現象は現れてないことから、30℃保存における短期間のタンパク質の変性は酸素の有無に関わらず起こることが分かった。また、玄そば貯蔵においてはデンプンの変化は酸素濃度による影響を受けないことが分かった。

3.2.3 電磁波処理後の保存及び凍結保存による粘弾性率変化

初期保存時に酵素を不活性化させる目的で電磁波処理を施したものと、凍結保存により保存を行った玄そばのそば粉及びデンプンの75℃における粘弾性変化をそれぞれ図12、図13に示した。図8、9と比べると、そば、デンプンともそれほど大きな変化は現れないことから、電磁波処理及び凍結保存が玄そば貯蔵の変化に及ぼす影響は小さいと考えられる。

4 まとめ

そば粉の糊化温度は、デンプンとは温度が異なり、そば粉の方が糊化温度が高くなった。また、玄そばを長期間保存することにより、糊化温度の上昇が保管温度に関わらず起きた。

長期間の玄そば保存においては貯蔵弾性率G'が保管温度や酸素濃度に関わらず低下した。また、30℃の保管において、そば粉の貯蔵初期における粘弾性挙動の変化が現れ、長期保存においても貯蔵弾性率が高くなった。そば品質の変化を抑えるために15℃以下での保存が望まれることが分かった。

参考文献

- 1) 関根正裕：キサンタンガム水溶液中におけるでんぷん糊化挙動の動的粘弾性測定，食科工，**43**，(1996)，683
- 2) 関根正裕，堀内久弥：キサンタンガムゲルマトリクス中における高濃度デンプンの動的粘弾性測定，食科工，**48**，(2001)，328
- 3) Donovan, J.W.: Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymers*, **18**, (1979), 263
- 4) 中村道徳，貝沼圭二編：澱粉・関連糖質実験法，学会出版センター，(1989)
- 5) 二国二郎編：デンプンハンドブック，朝倉書店，(1961)