

DSC によるデンプンの糊化・老化測定

米やパンなどの炭水化物には必ずデンプンが含まれています。デンプンを水とともに加熱すると、デンプン粒子が膨潤・崩壊し糊化が生じます。米を炊いたりパンを焼いたりすることで生まれる粘り気はこの糊化によるもので、糊化の特性はそのデンプンの種類や糊化する際の環境により変化します。また、糊化したデンプンを放置すると、膨潤したデンプン粒子内に存在するアミロースやアミロペクチンが会合と再配列により水分を放出することで、粒子そのものを堅くしていきます。この現象をデンプンの老化と呼びます。米やパンが日経つにつれて固くなるのはこの老化による乾燥が原因であり、市販のパンやレトルトの米には老化速度を下げる工夫がされている場合があります。

本稿では、水と塩水を用いた各種デンプンの糊化特性の違いと、小麦デンプンを用いた食パンの日数経過による老化速度の違いについて、DSC 測定により評価しました。

A. Kawaguchi

■ デンプンの糊化測定

水と塩水を用いた各種デンプン（小麦、とうもろこし、さつまいも）の糊化温度の測定を行いました。シールセルに 5 mg のデンプンと水を 10 μ l 入れたもの、10 %食塩水を 10 μ l 入れたものを各デンプンごとにそれぞれ用意し、10 $^{\circ}$ C/min で 100 $^{\circ}$ Cまで昇温して DSC 測定を行いました。結果を図 1～図 3 に示します。

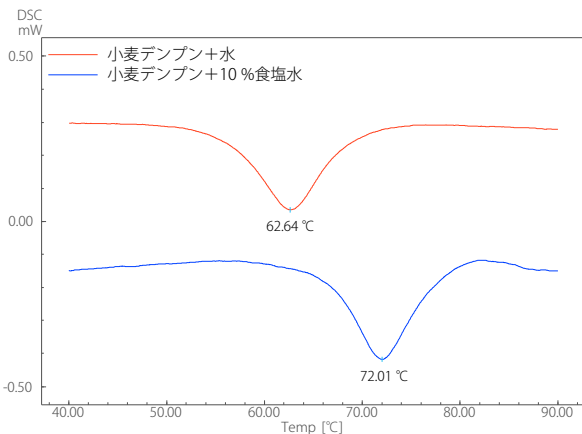


図 1 小麦デンプンの糊化の DSC 測定結果

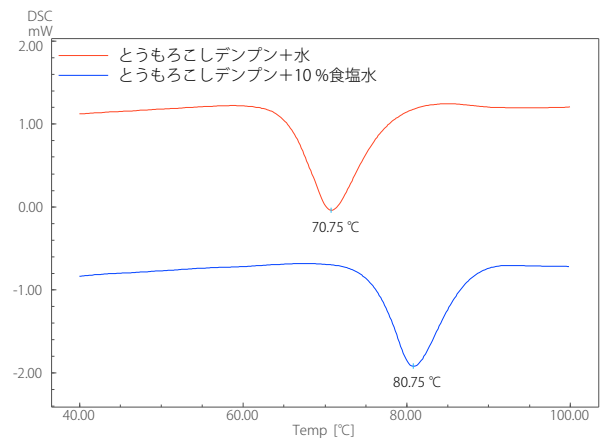


図 2 とうもろこしデンプンの糊化の DSC 測定結果

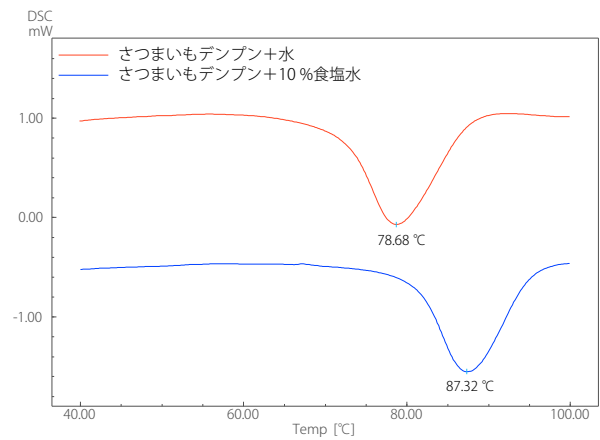


図 3 さつまいもデンプンの糊化の DSC 測定結果

図 1～図 3 の各 DSC 曲線の吸熱ピークはデンプンの糊化を示しています。図 1 の小麦デンプンの糊化は、水を入れたものは約 62.6 $^{\circ}$ C で生じていますが、10 %食塩水を入れたものは約 72.0 $^{\circ}$ C で生じており、塩が添加されると糊化温度が高くなることがわかります。この傾向は図 2 のとうもろこしデンプンと図 3 のさつまいもデンプンの場合も同様です。また、塩の有無に関わらず、糊化温度は小麦デンプン < とうもろこしデンプン < さつまいもデンプンとなっています。

このように、デンプンはその種類や塩、糖などの添加物の影響により糊化温度が変化します。糊化温度はデンプンを含む食品の加熱条件と密接に関わっており、今回の測定により、その加熱条件を DSC 測定で検討可能であることがわかります。

■食パンの老化測定

小麦デンプンを用いた食パンの老化測定を行いました。シールセルに食パン 10 mg と水 10 μ l を入れ、10 $^{\circ}$ C/min で 0 $^{\circ}$ C から 100 $^{\circ}$ C まで昇温して DSC 測定を行い、食パンを焼き上げた後の日数経過と老化の関係を調べました。焼き上げた直後、1 日経過、5 日経過、9 日経過後の食パンの測定データを、それぞれ図 4～図 7 に示します。

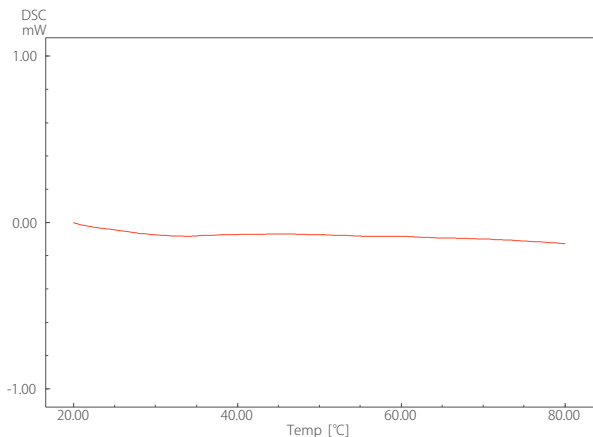


図 4 食パンの DSC 測定結果 (焼き上げ直後)

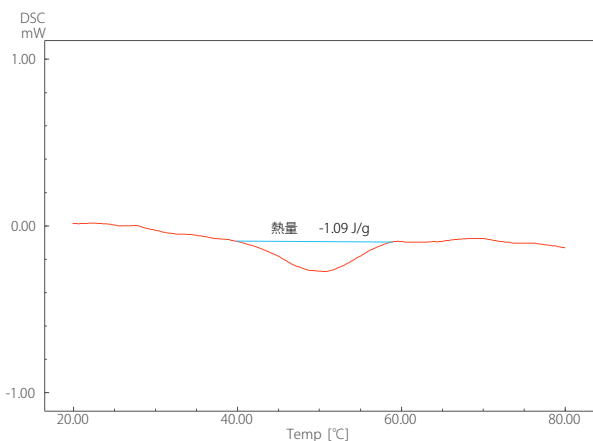


図 5 食パンの DSC 測定結果 (1 日経過)

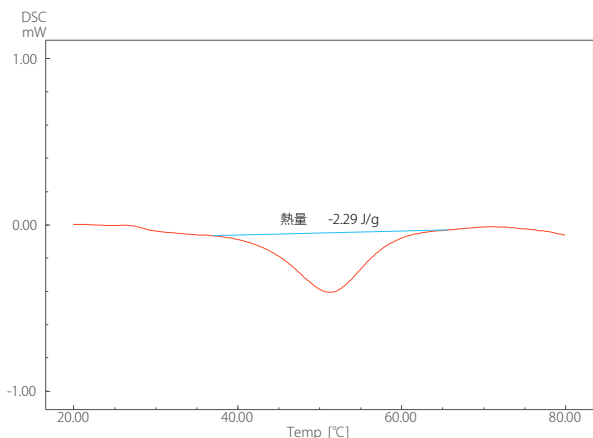


図 6 食パンの DSC 測定結果 (5 日経過)

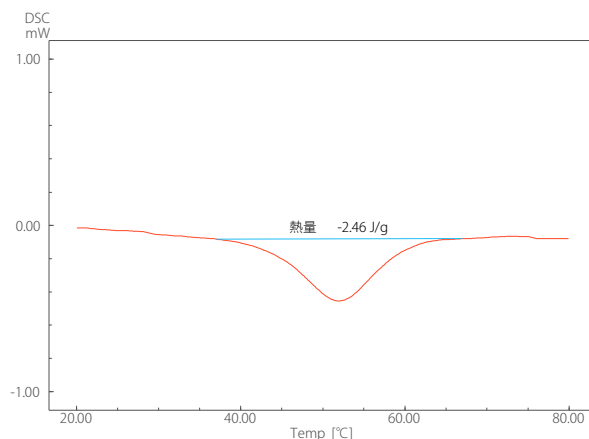


図 7 食パンの DSC 測定結果 (9 日経過)

食パンを焼き上げた直後の図 4 では測定データにピークは表れていませんが、1 日経過後の図 5 では転移による吸熱ピークが出現しており、経過日数が 5 日 (図 6)、9 日 (図 7) と増えるにつれて、ピークが大きくなっていることがわかります。このピーク大きさは老化の進行具合を示しており、日が経つにつれて老化が進行していることがわかります。

図 8 に焼き上げた直後からの食パンの経過日数と、転移による吸熱ピーク大きさ (転移熱量) の関係をプロットした結果を示します。

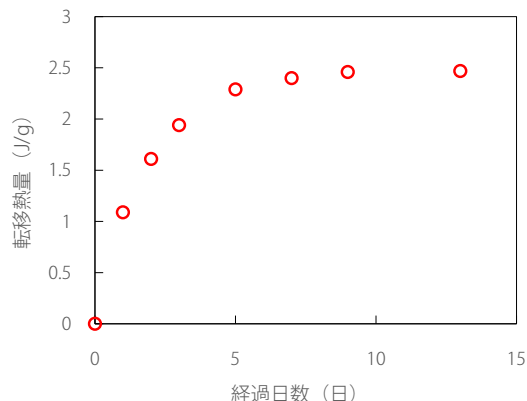


図 8 食パンの経過日数とピーク大きさ (転移熱量) の関係

■まとめ

焼き上げた直後から、日数が経過するにつれて転移熱量が大きくなっていますが、9 日経過以降転移熱量が変化していないことがわかります。この結果から、今回測定したパンは焼き上げた直後から老化が進行し、7 日目で進行が止まるといことがわかります。デンプンはその種類や糖分、油脂の有無などによって老化速度は変わります。このように、DSC による老化測定を行うことで、各種のパンや米など、デンプンを含む食品の固さの経時変化を評価することが可能です。