ノート

熱機械分析装置を用いた米菓生地の膨張過程の分析

渡邉　亮*　髙橋　誠**　知野　秀次**　竹内　一成**　大野　匠**

Analysis of Expansion Prosess of Rice Craker Paste Using Thrmomechanical Analyzer

WATANABE Ryo*, TAKAHASHI Makoto**, CHINO Shuji**, TAKEUCHI Kazunari** and ONO Takumi**

1. 緒　　言

米菓の製造では，米菓の製造条件と米菓品質の関係，特に米菓の品質を決定する主要要素である焼成時の状態変化，すなわち米菓生地の膨張過程の把握は重要である。具体的に米菓生地の昇温過程における膨張は大まかに以下の 3 つの膨張過程がある。①加熱していくと通常の物質と同じく熱膨張を示す過程。②生地がガラス転移温度に達したことによる軟化と生地中水分の気化膨張を駆動力とした急激な膨張（膨化）過程。③生地中水分の減少によりガラス転移温度が上昇して硬くなるとともに気化膨張源が無くなることで膨化が止まり，通常の熱膨張を示す過程。この 3 つの過程において，通常の熱膨張は膨化に比べ無視できる程小さいため，膨化前後でどれ程膨らみ（膨張程度），どの温度で膨化し始める（膨張開始温度）かが重要となる。膨張程度は食感などに影響し，また，膨張開始温度は低く出来れば製造工程において焼成工程の短縮や省エネ対策につながる。

そこで，本研究では米菓の競争力強化に向けた技術開発につなげるため，理化学機器を用いて米菓生地の昇温過程を連続的に測定し，米菓生地の熱膨張過程の分析を行った。

一般的に材料の熱膨張特性は熱機械分析装置(TMA)によって測定されるため，以前，石井らはこれを用いて米菓生地の分析を検討した[1)]。そこで今回，我々は原料（デンプン中のアミロース含量が異なる各種原料米），水分及び副原料を変化させた種々の生地において，それらの構成要素が膨張過程においてどのように影響しているかについて TMA を用いて検討した。

* 下越技術支援センター

** 新潟県農業総合研究所食品研究センター

2. 実験

2.1 アミロース含量や生地水分が米菓生地の膨張過程に与える影響

2.1.1 試料及び測定方法

表 1 に測定に用いた米菓生地の作製条件を示す。これらの米菓生地から 8 mm×8 mm の大きさに切り出した試験片について表 2 に示した条件で測定を行った。膨張挙動の評価は石井らの方法 [1)]と同じ熱歪みε_tを用いた。試験前の試験片の高さ h_0 と温度 t における試験片高さ h_t を用いて，その温度 t 時点での熱歪みε_t として，次式から算出した。

なお，本報告では膨化後の熱歪みを膨張程度として評価した。

$$\varepsilon_t = (h_t - h_0)/h_0$$

2.1.2 結果及び考察

各種米菓生地について複数回測定し，その平均した結果を図 1 に示す。

いずれの原料を用いた米菓生地でも生地水分が多くになるに従い，膨張開始温度が低温側へシフトし，膨張程度は増加した。

原料米の主成分であるデンプンに対して一般的に水が可塑剤として働くことが知られていることから，生地中の水分が多いほどガラス転移

表 1　各種原料米を用いた米菓生地の作製方法

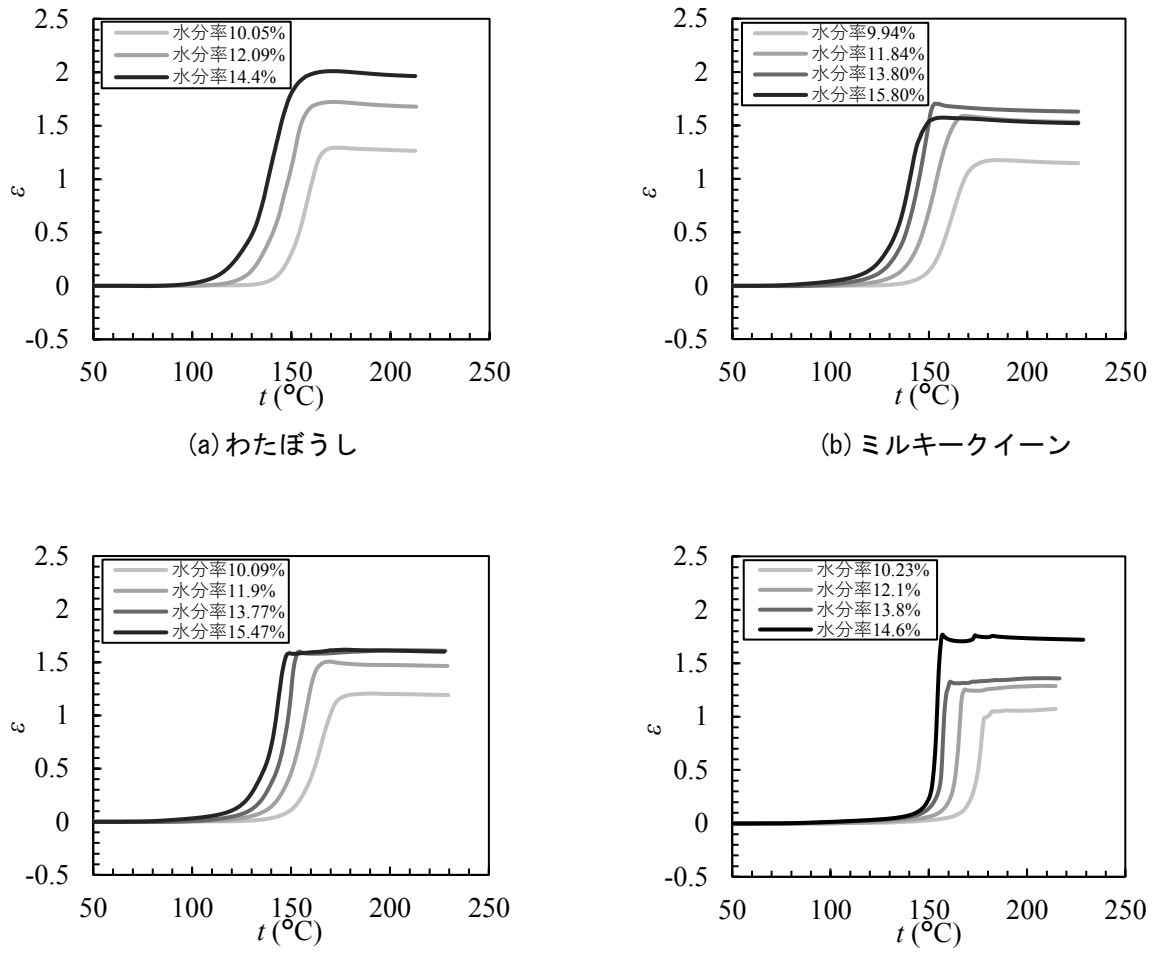
原料米	わたぼうし（蛋白 5.2%），ミルキークイーン（アミロース 5.8%），コシヒカリ（アミロース 16.2%，蛋白 5.6%），越のかおり（アミロース 29.7%，蛋白 6.4%）
製粉方法	洗米後 5 °C 一晩で浸漬，圧扁ロールで粉砕
生地の仕込み	うるち米菓生地の製造方法：乾物 3.5 kg，生地水分率目安 47~48%（もちは 43~44%），蒸練 8 分，練り 4 回で生地を調製
乾燥	抜き後直ちに 70 °C（もち），80 °C（うるち）で乾燥して水分を 4 段階（原料米にわたぼうしを用いた試料は 3 段階）に調製

表 2　TMA 測定条件

測定荷重(mN)	9.8
測定温度範囲(°C)	50~240
昇温速度(°C min^{-1})	20
プローブ径(mm)	φ3

温度が低下するため膨張開始温度が低下したと考えられ，また水分は気化膨張源であることから，膨張程度が増加したと考えられる。

また，原料米に「越のかおり」を用いた米菓生地は他の原料から作られた米菓生地に比べ膨張が急激であった。



(a) わたぼうし　　(b) ミルキークイーン

(c) コシヒカリ　　(d) 越のかおり

図 1　種々の原料米による米菓生地の TMA 測定結果

表 3　副原料を用いた米菓生地の作製方法

副原料	置換率 (%，乾物重量比)	加水率 (%)	蒸練・練り	乾燥
対照（副原料なし）	0	39	原料乾物 3500 g 相当量。蒸練 8 分，水冷 2 分，練り 3 回。	【一次乾燥】80 °C で水分率 17%まで【二次乾燥】一次乾燥後，生地を一晩寝かした後，80 °C で水分率 10.5%まで
マルチトール	2.5	40		
	5	40		
食塩	1	38		
	2	38		

主原料：上新粉（たかい食品製）で同一

2.2　副原料の種類及び置換率が米菓生地の膨張過程に与える影響

2.2.1　測定方法及び試料

表 3 に測定に用いた米菓生地の作製条件を示す。測定方法は「2.1.1　試料及び測定方法」と同様とした。

2.2.2　結果及び考察

各種米菓生地について複数回測定し，その平均した結果を図 2 に示す。

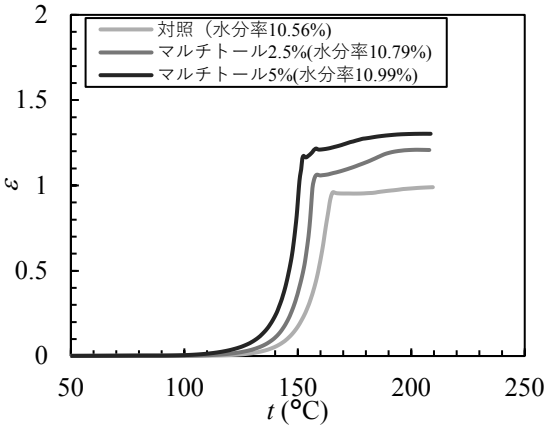
副原料としてマルチトールと食塩のいずれを用いた系もその置換率が増加すると膨張開始温度が低温側へシフトし，膨張程度は増加した。食塩はマルチトールに比べ効果的に膨張程度の増加に寄与していた。

副原料の置換率の増加に伴い膨張開始温度が低下したことは，デンプンに対して水と同様に糖類や塩類も可塑剤として働くことから妥当な結果であると考えられる。

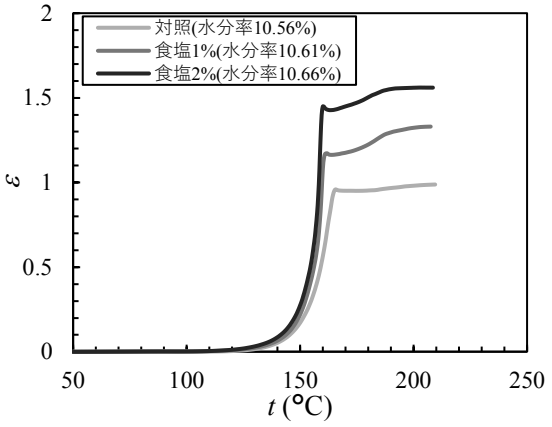
3. 結　　言

(1) 米菓生地中の水分の増加が膨張程度の増加に寄与することが TMA による測定によって確かめられた。また，膨張開始温度の低下に寄与することを明らかにした。

(2) 米菓生地の副原料にマルチトールと食塩のいずれを用いた場合もそれらの置換率の増加は膨張開始温度の低下や膨張程度の増加に寄与した。



(a) 副原料としてマルチトールを用いた系



(b) 副原料として食塩を用いた系

図 2　種々の副原料を用いた米菓生地の TMA 測定結果

参考文献

1) 石井治彦ほか，“米菓生地の熱膨張の測定方法に関する実験的研究”，工業技術研究報告書，No.48，2019，pp.65-67