



煮込み前工程中のデンプンの部分糊化が レトルトカレーの粘度に及ぼす影響

神山和夫^{1,3,†}, 小池益人², 平尾宜司¹, 鳥羽陽³, 早川和一³

¹ハウス食品(株)ソマテックセンター, ²(株)ハウス食品分析テクノサービス,
³金沢大学大学院自然科学研究科

Effect of Partial Gelatinization during Precooking Operation on the Viscosity of Retort Curry

Kazuo KOYAMA^{1,3,†}, Masuhito KOIKE², Takashi HIRAO¹,
Akira TORIBA³, and Kazuichi HAYAKAWA³

¹Somatech Center, House Foods Corporation, 1-4 Takanodai, Yotsukaido, Chiba 284-0033, Japan

²House Food Analytical Laboratory Inc., 1-4 Takanodai, Yotsukaido, Chiba 284-0033, Japan

³Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa 920-1192, Japan

The effect of partial gelatinization of starch during precooking operation on the final viscosity of retort curry at serving temperature was investigated. While the increase in the viscosity of retort curry is largely due to the starch gelatinization during the heating processes of cooking and sterilization, it is known empirically that a high temperature during the material mixing operation before cooking may result in a lower final viscosity. The relationship between the temperature and the partial starch gelatinization during material mixing was therefore studied by measuring amylose leaching, swelling ratio, dynamic viscoelasticity, and by differential scanning calorimetry (DSC). When the mixing temperature was at or higher than 65°C, the starch was partially gelatinized under the low water condition, and as the result, the increase in the viscosity during cooking and sterilization was suppressed. This finding is expected to be useful in controlling the viscosity of starch-containing retort foods.

Keywords: viscosity control; starch gelatinization; amylose leaching; dynamic viscoelasticity; differential scanning calorimetry (DSC)

1. 緒 言

カレーなどのレトルト食品の粘度は、加水と加熱によってデンプンが糊化することで上昇する。レトルトカレーの一般的な製造工程を Fig. 1 に示す。まず、小麦粉、コーンスターチおよび油脂を高温で焙煎してペースト状のルウ (Roux) をつくる。ルウに食塩、ショ糖、香辛料、野菜ペーストなどの調味料原料を混合して、原料混合物 (Mixture 1) をつくる。次いで、大量の水を加えて (Mixture 2) 煮込むことで、とろみをもつ

レーソース (Curry sauce) ができる。これをレトルトパウチに充填後、中心部の温度を 120°C で 4 分間加熱する方法またはこれと同等以上の効力を有する方法で加圧加熱殺菌を行う [1, 2, i]。これらの工程のうち、煮込みおよび加圧加熱殺菌中にデンプンが糊化し、粘度が著しく上昇する。このようにして製造されたレトルトカレーは、レトルトパウチごと沸騰水中で 5 分間湯煎するなどして再加熱された後に喫食される。喫食時の粘度 (最終粘度) は、味や香りとともに製品の重要な品質要因の 1 つである。

レトルト製品の製造工程では、常に設計通りの最終粘度を得るため、デンプンの糊化が起きる煮込みおよび加圧加熱殺菌の工程における温度や時間とくに注意を払っている。しかし、原料混合物の調製時の温度が高すぎると、その後の煮込みや殺菌工程で粘度が十分に

(受付 2012 年 6 月 25 日, 受理 2012 年 8 月 23 日)

1 〒284-0033 千葉県四街道市鷹の台1-4

2 〒284-0033 千葉県四街道市鷹の台1-4

3 〒920-1192 石川県金沢市角間町

Fax : 043-237-2914, E-mail : k-koyama@housefoods.co.jp

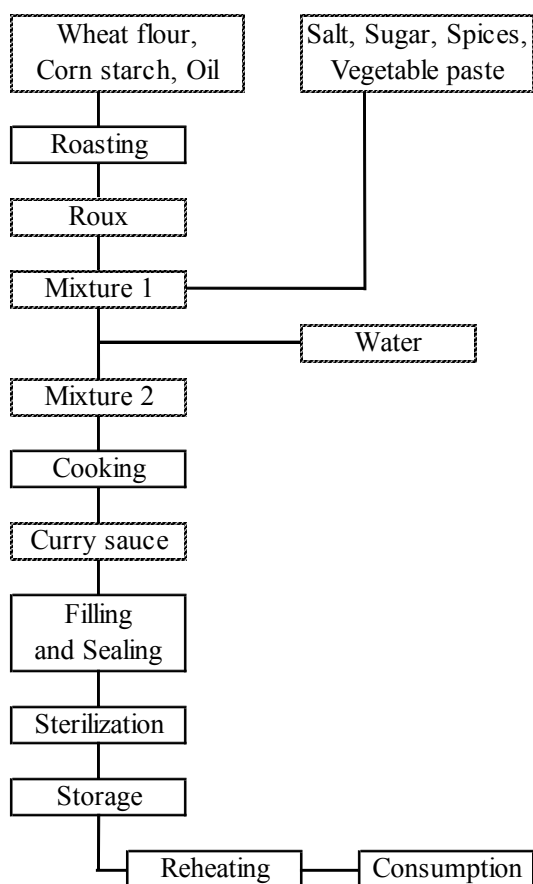


Fig. 1 A flow diagram of retort curry production.

上昇しないことも経験的にわかっていた。この原因として、原料混合物調製時にデンプンが低水分率下で高温に曝されると、部分的な糊化が生じ、続いて加水加熱してもその後の糊化が十分に進行しなくなることが考えられる。

低水分率下でのデンプンの糊化がその後の高水分率下での糊化を制限するという事例は、小麦粉ドウや米飯で報告されている [3-5]。また、温水処理（アニーリング）や湿熱処理したデンプンは、糊化やそれにとまなう粘度上昇が抑制されることもよく知られている [6-11]。しかしながら、これまでの研究では、低水分率下でのデンプンの部分糊化が、レトルト殺菌後の粘度にまで影響を及ぼすことは明らかにされていなかった。

そこで本研究では、レトルトカレーの煮込み工程前の原料混合物中のデンプンの糊化状態をアミロース溶出度および膨潤度を測定することによって、また、昇温時の糊化状態を動的粘弾性測定と示差走査熱量分析によって調べ、回転式粘度計で測定した喫食温度（60℃）における最終粘度との関係について考察した。

2. 実験試料および方法

2.1 実験試料

小麦粉, コーンスターチ, 油脂, トマトペースト,

食塩, ショ糖は市販品を用いた。ポテト由来アミロースは Sigma-Aldrich から、また 0.01 mol/l よう素溶液は和光純薬工業から購入した。

ルーには、小麦粉 39%, コーンスターチ 5%, 油脂 46% (融点 36℃), その他調味料 10% の配合比となる原料を工場の焙煎釜にて 120℃ に達するまで加熱した仕掛品を用いた。このルー 239 g と、水 272 g, ショ糖 65 g, トマトペースト 39 g, グルタミン酸ナトリウム 10 g およびその他調味料 6 g を 5 L 容の金属製鍋にとり、50℃ の恒温水槽に浸漬し、ヘラで 10 分間攪拌してペースト状の第 1 混合物 631 g を得た。第 1 混合物中のデンプンは、小麦粉中のデンプンとコーンスターチを合わせて 14%, 水分率は 43% であった。同様に 65℃, 70℃, 75℃ でも第 1 混合物を作製した。第 1 混合物を温度ごとに MT50, MT65, MT70, MT75 と称す。続いて、各第 1 混合物 631 g に、50℃ の水 1,320 g, グルタミン酸ナトリウム 29 g, 食塩 20 g を加えてヘラで攪拌し、デンプン 4%, 水 80% を含む懸濁液状の第 2 混合物 2,000 g を得た。第 2 混合物を攪拌しながらガスコンロ上で 15 分間かけて 95℃ まで加熱し、この温度で 5 分間保持した後、蒸散した分の水を追加して煮込み後ソースを得、粘度測定に供した。さらにこの煮込み後ソース 200 g をレトルトパウチに充填密封し、レトルト殺菌試験機 (Hisaka Works Ltd., Osaka) で 121℃ にて 15 分間の加圧加熱殺菌を施し、水冷した後、20℃ で 24 時間保存した。保存後のソースをレトルトパウチのまま沸騰水浴中で 5 分間再加熱し、最終ソースとして粘度測定に供した。

2.2 測定

2.2.1 アミロース溶出度および膨潤度

第 1 混合物および煮込みソースのアミロース溶出度および膨潤度は、Kainuma [12] の方法を改変して測定した (N=3)。第 1 混合物, 煮込みソースを 40℃ の水でそれぞれ 2 倍, 5 倍に希釈し、遠心分離 (7,200 × g, 10 分間) 後の上清を No. 5B ろ紙でろ過した。0.01 mol/l よう素溶液 0.25 ml に水 15 ml を加えて混合後、先のろ液 0.50 ml を加えて混合し、25 ml に定容した後、直ちに 630 nm の吸光度を測定した。標準液として 0.8 - 1.6 mg/ml のポテトアミロース水懸濁液を同様に処理し、検量線を作成した。検量線から求めた上清中のアミロース濃度に上清の体積を掛け、上清中のアミロース重量を算出した。上清中のアミロース重量を試料中のデンプン重量で割った値をアミロース溶出度とした。また、沈殿重量を試料中のデンプン重量から溶出したアミロース重量を差し引いた値で割った値を膨潤度とした。

2.2.2 粘度

煮込み後ソースおよび最終ソース 48 g を粘度測定用

の試料容器に採取した。試料容器を 60℃の恒温水槽に 10 分間浸漬し、試料温度が 60℃になったことを確認した後、M3 ローターを取り付けた B 型粘度計 RB-100L (Toki Sangyo Co. Ltd., Tokyo) を用いてローター回転数 30 rpm にて回転開始 30 秒後における粘度を測定した (測定 $N=3$)。なお、測定は短時間で終了したため、試料表面からの水分蒸発による測定結果への影響は小さいと判断した。

2.2.3 動的粘弾性

第 1 混合物の貯蔵弾性率の温度依存性を動的粘弾性測定装置 RS1 (Haake GmbH, Karlsruhe, Germany) で測定した。直径 20 mm の平行円板型と試料台との間隙 1.0 mm に試料を採取し、30℃から 90℃まで毎分 5℃で昇温しながら、予め応力依存測定で得た線形領域内の応力 10 Pa を周波数 1 Hz で印加して、貯蔵弾性率 G' 、損失弾性率 G'' を測定し、損失正接 $\tan\delta = G''/G'$ を算出した。なお、水分蒸発は測定値に影響を与える程度ではなかった。

2.2.4 示差走査熱量分析 (DSC)

第 1 混合物の糊化特性を示差走査熱量分析計 Pyris-1 (PerkinElmer Inc., MA, USA) を用いて測定した。試料および水 (参照試料)、各 12 mg を 20 μ l 容の試料容器に採取し密封した。なお、試料容器は、アルミ製容器を予めオートクレーブ処理後、乾燥して水和熱の発生を防止した。試料容器を 5℃から 90℃まで毎分 5℃の走査速度で昇温した。測定後、DSC 曲線から糊化の開始温度 (T_0)、ピーク温度 (T_p)、終了温度 (T_c) およびエンタルピー変化量 (ΔH) を求めた。 ΔH は第 1 混合物中のデンプン 1 g 当たりのエンタルピーに換算した。

3. 結果および考察

3.1 アミロース溶出度と膨潤度の測定によるデンプンの糊化状態の観察

高水分率下でデンプンを加熱すると、デンプン粒が吸水膨潤し、デンプン粒からアミロースが溶出することが知られている [7, 10-13]。第 1 混合物および煮込み後ソースのアミロース溶出度を Fig. 2 に、膨潤度を Fig. 3 に示す。

第 1 混合物中のアミロース溶出は MT65 から観察され、MT75 で 4.0 mg/g にまで増加した。65℃から 75℃で調製した第 1 混合物には、アミロース溶出が認められたことから、部分糊化が生じていたことが確認できた。第 1 混合物の間で比較すると、MT65 に比べて MT70, MT75 のアミロース溶出度が大きかったことから、原料混合物の調製時に高温であるほど、デンプンの部分糊化が促進されることが考えられた。また、MT75 の膨潤度 4.8 g/g は MT50 の 3.4 g/g に比べて大きかった

ことから、アミロースの溶出と共に、デンプン粒の膨潤が部分的に生じていたと推測される。報告されている小麦デンプンの糊化温度を DSC の吸熱ピーク温度で見ると、水分率 54% のときに 58℃ [14]、水分率 67% のときに 62℃ [15] であることから、65℃以上で調製した第 1 混合物中では、低水分率 (43%) 下でのデンプンの糊化が始まっていたと考えられる。

MT50 を使用した煮込み後ソースのアミロース溶出度は 67 mg/g まで増加したが、MT75℃を使用した煮込み後ソースのアミロース溶出度は僅かに低下した。また、MT50 を使用した煮込み後ソースの膨潤度は 5.7 g/g にまで増加したが、MT75 を使用した煮込み後ソースの膨潤度は僅かに低下した。MT50 を使用した煮込み

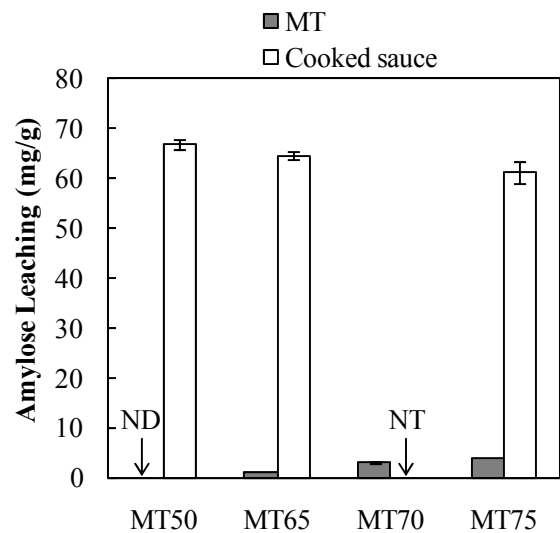


Fig. 2 Amylose leaching of Mixture 1 and Cooked sauce prepared from Mixture 1. ND; Not detected, NT; Not tested. Error bars represent the SE of 3 measurements.

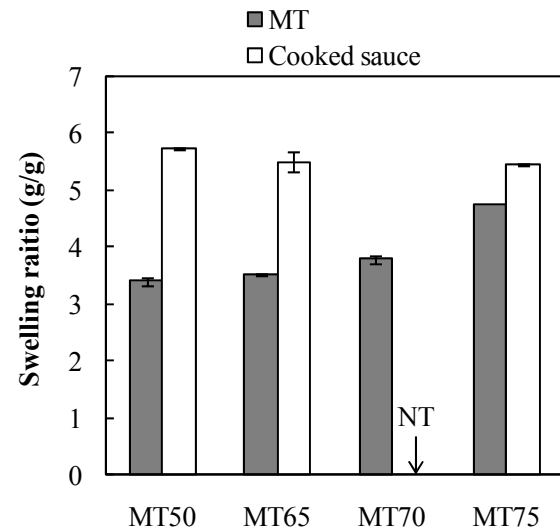


Fig. 3 Swelling ratio of Mixture 1 and Cooked sauce prepared from Mixture 1. NT; Not tested. Error bars represent the SE of 3 measurements.

後ソースのアミロース溶出度と膨潤度は、第1混合物に比べて著しく増加したことから、煮込み中の高水分率と加熱によってデンプンの糊化がさらに進行したといえる。しかし、MT75を使用した煮込み後ソースのアミロース溶出度と膨潤度は、MT50を使用した煮込み後のソースに比べて低かったことから、第1混合物調製時の温度が高いと、その後の煮込み工程での糊化が抑制されることが確認できた。

3.2 原料混合物調製時の温度とソースの粘度上昇の関係

Fig. 4に、第1混合物調製時の温度による煮込み後ソースおよび最終ソースの粘度への影響を示す。煮込み前の第2混合物の粘度は、調製に用いた第1混合物によらず、全て使用した粘度計の測定下限(400 mPa・s)以下であった。煮込み後ソースおよび最終ソースの粘度は、MT50を使用したとき、それぞれ、1,373 mPa・sおよび2,753 mPa・sにまで増加したが、第1混合物調製時の温度が65°C、70°C、75°Cと高くなるにつれて低下した。とくに、MT75を用いたソースの粘度は、煮込み後ソースで1,265 mPa・s、最終ソースで2,057 mPa・sにまでしか増加しなかった。すなわち、煮込み前の原料混合物調製時の温度が65°C以上の場合、その後の煮込みや殺菌の条件が同じであっても粘度上昇が抑制されることが確認された。

第2混合物の段階では測定限界以下であった粘度が、煮込み後ソースや最終ソースで増加したのは、高水分率下で、煮込み温度や殺菌温度にまで加熱されたことにより、デンプン粒が膨潤し、そのデンプン粒からアミロースが溶出したことによるものと考えられる。し

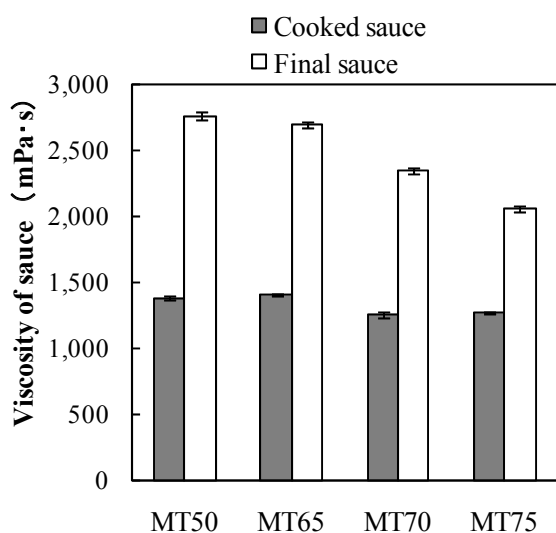


Fig. 4 The viscosities of Cooked sauce and Final sauce made from Mixture 1 prepared at 50, 65, 70, and 75°C. All viscosities were measured at 60°C. Error bars represent the SE of 3 measurements.

かし、第1混合物調製時の温度が65°C以上になると、その後の加水、煮込みおよび殺菌の条件が同じであっても粘度上昇が抑制されることが確認された。これらの結果は上記、煮込みソースのアミロース溶出度および膨潤度の結果と一致する。注目すべきは、第1混合物調製時の温度が65°C以上の場合、粘度上昇がとくに著しい殺菌時においてもデンプンの糊化抑制が働いたことである。

3.3 動的粘弾性測定装置によるデンプンの糊化挙動の観察

第1混合物を昇温したときの貯蔵弾性率 G' の変化を Fig. 5に、損失正接 $\tan\delta$ (=損失弾性率 G'' /貯蔵弾性率 G') の変化を Fig. 6に示す。測定開始時のMT70、MT75の G' は、MT50、MT65の G' に比べて明らかに大きかった。このことは、第1混合物調製時の温度が高い場合、すでに一部のデンプン粒が吸水膨潤していたという Fig. 3の結果を支持するものである。すなわち、第1混合物の動的粘弾性測定結果は、デンプン粒の膨潤度およびアミロース溶出度測定結果とよく符合すると考えられた。

第1混合物 MT50、MT65は測定開始から60°C付近にかけて、MT70、MT75は測定開始から70°C付近にかけて、 G' が一旦減少した。 G' の一時的な減少幅は、MT50やMT65に比べMT70やMT75で著しかった。これはMT70やMT75中のデンプンは、すでに低水分下での部分糊化が完了しているので、試料の昇温にとまらう糊化はそれ以上進行せず、 G' が温度依存的に低

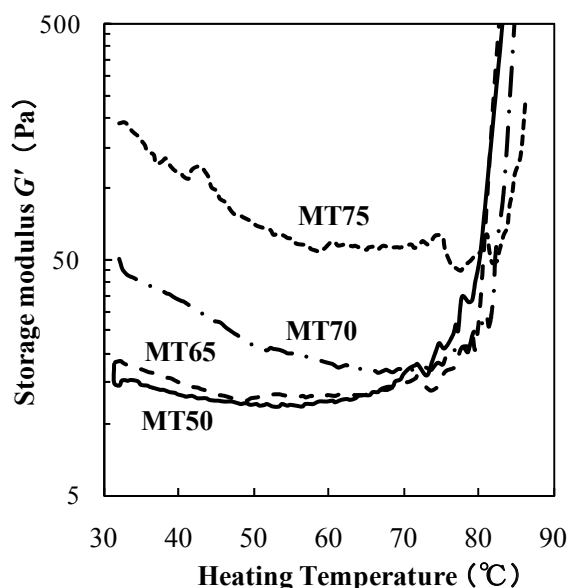


Fig. 5 Temperature dependence of storage modulus (G') of Mixture 1. The sample was heated at 5°C/min from 30°C to 90°C.

下したのに対し、MT50やMT65では、温度上昇による G' の低下と、昇温による部分糊化の進行にともなう G' の増加が相殺した結果と考えている。

第1混合物MT50、MT65の G' は昇温に伴い70℃付近から、また、MT70、MT75の G' は80℃付近から右上がりに増加した。MT70、MT75の G' 増加開始温度がMT50、MT65に比べて高温側にシフトしたことから、これら試料中のデンプンは膨潤が抑制された状態にあったものと考えられた。すなわち、第1混合物調製時が高温であると、デンプン粒内の構造が変化し、その後の加熱による糊化が抑制されたと考えられる。このようなデンプン粒内の構造変化は、温水処理や湿熱処理を施した加工デンプンで起きることが報告されている[6-11]。JacobsとDelcour[6]は、温水処理を、高水分率下で、ガラス転移温度以上、糊化温度以下で処理することと定義している。一方、湿熱処理は、低水分率下(35%以下)で、ガラス転移温度以上から糊化温度以下で処理することと定義しているが、実際には高温(100℃前後)の蒸気で処理するため、デンプンの部分糊化が生じることが多い。本研究において、第1混合物MT70、MT75は、湿熱処理デンプンに比べて処理温度は低いものの、デンプン粒内の構造が変化し、このデンプンの糊化状態が煮込み後ソースや最終ソースでの糊化抑制に繋がったと考えられる。また、低水分率下でのデンプンの糊化がその後のデンプンの糊化を制限するという現象は、小麦粉ドウや米飯で報告されている[3-5]。レトルトカレー中のデンプンは、小麦粉ドウや米飯よりも小さな粒子として水中に分散して

いるが、これらと同様の現象が起きた可能性が考えられる。

測定開始時から80℃付近までの昇温中の $\tan\delta$ は、全ての第1混合物で1より大きかった。これは、測定中の試料は低水分下で加熱されているので、デンプン粒の膨潤が十分でなく、粒同士や溶出アミロースを含めた相互作用が小さく、流動性が高いゾル状態であったためと考えられる。昇温による $\tan\delta$ の増加は G' の増加より10℃ほど低温から開始したことから、低水分下での制限された糊化においてもゾル状態が支配的であると考えられる。

3.4 DSCによるデンプンの糊化状態の観察

第1混合物のDSCチャートをFig. 7、DSC曲線から求めたパラメータをTable 1に示した。なお、エンタルピー変化量(ΔH_1 および ΔH_2)は、Fig. 7に示すように78℃付近に認められた谷を境としてピークを2つに分割し、それぞれの面積を台形則により計算した値を第1混合物中のデンプン1gあたりに換算して求めたものである。

MT50の測定で得られた第1ピーク温度 $T_{p1}=72^\circ\text{C}$ および第2ピーク温度 $T_{p2}=81^\circ\text{C}$ の2つの吸熱ピークは、それぞれ小麦デンプンおよびコーンスターチの膨潤に要した熱量を示すと考えられる。具体的には、デンプ

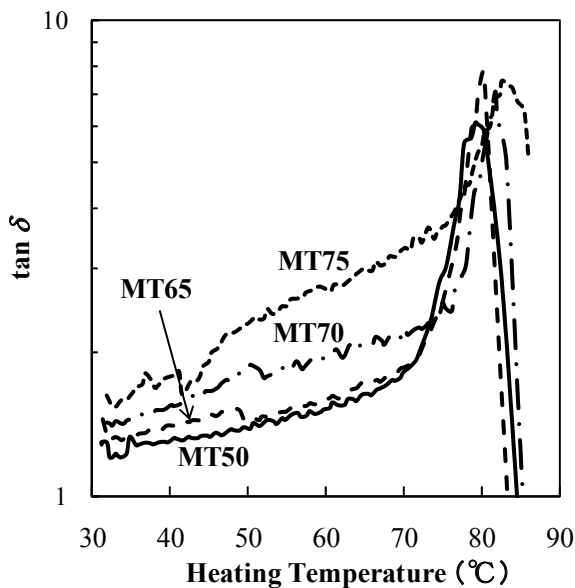


Fig. 6 Temperature dependence of loss tangent ($\tan\delta=G''/G'$) of Mixture 1. The sample was heated at $5^\circ\text{C}/\text{min}$ from 30°C to 90°C .

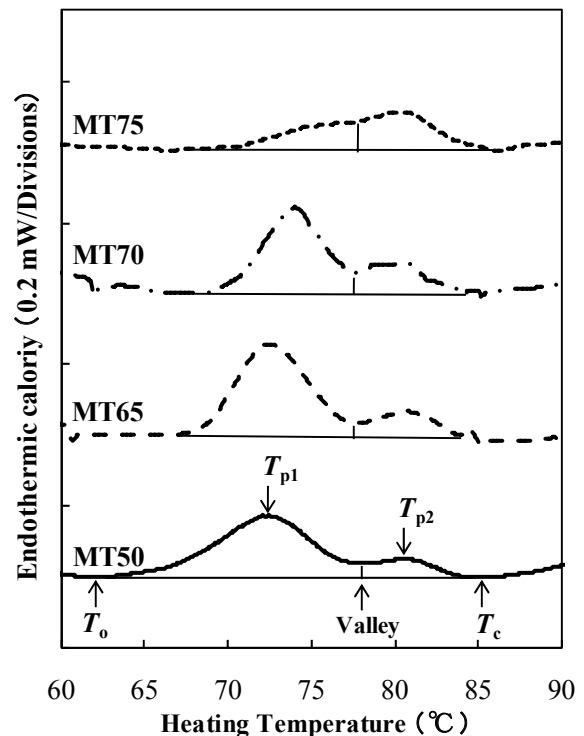


Fig. 7 DSC curves of Mixture 1. The sample was heated at $5^\circ\text{C}/\text{min}$ from 5°C to 90°C .

Table 1 DSC characteristics of Mixture 1.

Sample	Peak 1			Valley	Peak 2			Combined
	T_o (°C)	T_{p1} (°C)	ΔH_1 (J/g)		T_{p2} (°C)	T_c (°C)	ΔH_2 (J/g)	
MT50	62.2	72.1	4.1	77.9	80.7	85.1	0.8	4.9
MT65	66.2	72.5	3.8	77.5	80.6	84.1	0.8	4.6
MT70	66.9	74.1	3.4	77.7	80.7	83.6	1.0	4.4
MT75	66.6	-	1.3	77.7	80.1	86.2	1.7	3.1

The endothermic peak were divided into two peaks at the valley temperature as shown in Fig. 7 and the respective enthalpy changes (ΔH_1 and ΔH_2) per gram starch in Mixture 1 were calculated using trapezoidal rule.

ン粒中の結晶構造の融解熱に相当すると考えられる [7, 11, 16]. これらの T_p は, 水存在下の小麦デンプンとコーンスターチの T_p の文献値 [14, 15] に比べて, 9–10°C も高温であった. これは, 第1混合物では, デンプン (14%) に対してショ糖 (10%) の含有率が高いため, 主にショ糖がデンプンの膨潤を抑制し, 糊化温度を上昇させたためであろうと考えている [17, 18]. なお, データは示していないが, ルウ製造時の加熱やルウ中の油脂 (17%) の存在が T_p に影響を及ぼさないことは, 我々の過去の研究において確認されている (未発表データ).

第1ピークは, 第1混合物調製時が高温であるほど, T_{p1} が高温側にシフトし, エンタルピー変化量 ΔH_1 が減少した. MT50 に対して MT65, MT70 で見られた T_{p1} の高温側へのシフトは, 第1混合物の調製時にデンプンが部分糊化したことで, 未糊化デンプンに不完全結晶の融解と再結晶化が起きたためと考えられる. 本来, 未糊化デンプンの再結晶化は, ΔH_1 の増大をもたらすが [7, 10], MT50 に対して MT65, MT70 の ΔH_1 は逆に減少した. これは, すでに糊化したデンプンは, DSC 測定時に吸熱しないため, 総合すれば, 第1混合物調製時の温度が高いほど ΔH_1 は減少する結果と考えられる.

一方, 第2吸熱ピークの ΔH_2 は, 第1混合物調製時が高温であるほど大きくなったが, これは, 第1吸熱ピークが高温側にシフトした結果, 見かけ上大きく計算されたためと考えている. それぞれへの影響を個別に評価するためには, さらに詳細な検討が必要である. ただし, 第1ピーク, 第2ピークのエンタルピー変化の合計量 ΔH_{total} は, ΔH_1 と同様に, 第1混合物調製時が高温であるほど減少したことから, デンプン全体としては部分糊化が生じていたといえる.

4. 結 論

レトルトカレーの粘度は, それが大きく上昇する煮込み工程や加圧加熱殺菌工程より前に行う原料混合工程においてデンプンが部分糊化することにより, その後の増加が抑制されることを確認した. 原料混合物中のデンプンは, 混合温度が 65°C 以上であると, 低水分率下であっても, デンプン粒の部分的な吸水膨潤とアミロースの溶出が始まる. とくに 70°C 以上での原料混合物の調製は, 未糊化デンプン粒内の不完全結晶の融解と再結晶化を起こし, その後に加水加熱しても糊化し難い構造にデンプン粒を変化させたと考えられた. すなわち, 原料混合物の調製工程でデンプンの部分的な糊化を起こすと, 次工程のデンプンの糊化, とくに粘度上昇を抑制する結果につながるので留意が必要である. この知見は, デンプンを含むレトルト製品の喫食の粘度を制御する上で役に立つことが期待される.

引 用 文 献

- 1) K. Koyama, M. Koike, T. Hirao; "Viscosity control of the retort food made from wheat roux (Komugikoru wo shiyoshita retortoseihin no nendoseigyō)". *The Canners J.*, **86**, 1157 (2007).
- 2) Janpan Canners association; "Lecture on manufacturing of cans, bottles, retort food, beverage. II. (Kan, bin-zume, retortoseihin, inryo, seizo-kogi II)". Tokyo, Japan, pp.341-345 (2002).
- 3) H. Watanabe; "The factor which governs water migration in starchy foods" (in Japanese). *Jpn. J. Food Eng.*, **5**, 143-151 (2004).
- 4) M. Fukuoka, T. Mihori, H. Watanabe; MRI observation and mathematical model simulation of water migration in wheat flour dough during boiling. *J. Food Sci.*, **65**, 1343-1348

- (2000).
- 5) S. Takeuchi, M. Maeda, Y. Gomi, M. Fukuoka, H. Watanabe; The change of moisture distribution in a rice grain during boiling as observed by NMR Imaging. *J. Food Eng.*, **33**, 281-297 (1997).
 - 6) H. Jacobs, J. A. Delcour; Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: a review. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 2895-2905 (1998).
 - 7) T. Kuge, S. Kitamura; "Annealing of starch granules - warm water treatment and heat-moisture treatment" (in Japanese). *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **32**, 65-83 (1985).
 - 8) Y. Kurahashi, Z. Yoshino; "Heat-moisture-treated starch; its production, properties, and uses" (in Japanese). *J. Appl. Glycosci.*, **47**, 125-132 (2000).
 - 9) T. Takahashi, M. Miura, N. Ohisa, S. Kobayashi; Modification of gelatinization properties of rice flour by heat-treatment. *Nihon Reorogi Gakkaishi*, **33**, 81-85 (2005).
 - 10) K. Tsutsui, K. Katsuta, T. Matoba, M. Takemasa, K. Nishinari; Effect of annealing temperature on gelatinization of rice starch suspension as studied by rheological and thermal measurements. *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 9056-9063 (2005).
 - 11) H. Fuwa, T. Komaki, S. Hizukuri, K. Kainuma; "Encyclopedia of starch science (Denpun kagaku no jiten)". Asakurashoten, Tokyo, Japan, 2003, pp.193-203.
 - 12) K. Kainuma, T. Oda, S. Suzuki; "Studies on the Phosphate Derivatives of Starch (Part 1) Synthesis of Phosphorus Cross-Linked Starch with Aqueous Solution of Phosphorus Pentoxide" (in Japanese), *Denpun Kogyo Gakkaishi*, **14**, 24-28 (1967).
 - 13) A. C. Eliasson; Viscoelastic behaviour during the gelatinization of starch. *J. Texture Studies*, **17**, 253-265 (1986).
 - 14) M. Fukuoka, K. Ohta, H. Watanabe; Determination of the terminal extent of starch gelatinization in a limited water system by DSC. *J. Food Eng.*, **53**, 39-42 (2002).
 - 15) M. Obanni, J. N. Bemiller; Properites of Some Starch Blends. *Cereal Chem.*, **74**, 431-436 (1997).
 - 16) K. Nishinari, T. Funami; "Hydrocolloids for creating palatable foods" (in Japanese). *Reito*, **80**, 361-368 (2005).
 - 17) J. K. Jang, S. H. Lee, S. C. Cho, Y. R. Pyun; Effect of sucrose on glass transition, gelatinization, and retrogradation of wheat starch. *Cereal Chem.*, **78**, 186-192 (2001).
 - 18) M. Hirashima, R. Takahashi, K. Nishinari; "The effects of taste substances on the physical properties of corn starch pastes. II." (in Japanese). *J. Cook. Sci. Jpn*, **36**, 371-381 (2003).

引用 URL

- i) <http://www.retortfood.jp/about/howto.html> (Jun. 16, 2012)

要 旨

製造工程中に起きるデンプンの部分糊化が、レトルトカレーの最終粘度に及ぼす影響を調べた。レトルトカレーの粘度は、煮込みとそれに続くレトルト殺菌工程で、原料中のデンプンが糊化することで上昇する。しかし、煮込み工程前の原料混合工程の温度が高過ぎると、最終粘度が十分に上昇しないことが経験的にわかっている。そこで、原料混合工程の温度とデンプンの糊化状態をアミロース溶出度、膨潤度、動的粘弾性および示差走査熱量分析から調べ、最終粘度との関係を考察した。その結果、原料混合工程の温度が65℃以上であると、デンプンの部分糊化が起こるため、その後の煮込み工程と殺菌工程での粘度上昇は抑制されることがわかった。