米飯の炊飯特性に及ぼす各種調味料の影響 (第2報)

伊藤純子^{*, **§}, 香西みどり^{*}, 貝沼やす子^{***}, 畑江敬子^{*}

^{*} お茶の水女子大学生生活科学部

^{**} (現)株式会社田中食品興業所

^{***} 静岡県立大学食品栄養科学部

The Effect of the Various Seasonings on Cooking Properties of Rice (Part 2)

Junko Ito^{*, **§}, Midori Kasai^{*}, Yasuko Kainuma^{***} and Keiko Hatae^{*}

^{*} School of Human Life and Environmental Science, Ochanomizu University,
2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610

^{**} Tanaka Foods Co. LTD, 3-5-2 Sunamichi-cho, Sakai-shi, Osaka 590-0002

^{***} School of Food and Nutritional Sciences, University of Shizuoka,
52-1 Yada, Shizuoka-shi, Shizuoka 422-8526

The seasonings used were salt, soy sauce, sake, vinegar, sugar, curry powder, and tomato paste. They were added in the amount of 1.5, 10.35, 5, 5, 3, 1, 15 (g/100 g of rice), respectively, or with twice as much. The rice cooked with seasonings was prepared with 1.5 (w/w) ratio of water to rice. Rheological properties of cooking water with vinegar, curry powder and tomato paste were larger in viscosity and yield value than those without seasonings, those might cause the stickiness of cooked rice. The addition of all seasonings caused the rise of gelatinization temperature and increase in gelatinization energy. Those were remarkably in salt, soy sauce and tomato paste. After 24 hours of standing at 5°C, the degree of gelatinization of the rice cooked with soy sauce, sugar, curry powder, and tomato paste were significantly lower than those without seasonings. Preliminary degassing of tomato paste before adding to the cooking water was effective for the improvement of the physicochemical properties of cooked rice.

(Received Mar. 18, 2004 ; Accepted Jun. 28, 2004)

味付け飯においては、加える調味料が最終的な飯の仕上がりに大きく影響する。米飯の性状に及ぼす調味料の影響については、これまでに数多くの研究がなされてきた^{1)~13)}が、これらの多くは特定の調味料を用いたものであり、個々の調味料が炊飯特性に及ぼす影響を同時に比較することはできない。

そこで前報¹⁴⁾では、7種の調味料(食塩、醤油、清酒、食酢、上白糖、カレー粉、トマトペースト)を用いて検討を行った。全般的に、調味料の添加により、浸漬および加熱中の吸水は阻害され、炊き上がりの米飯は水分が少なくて硬い傾向が見られた。しかし食酢添加では、粘りと付着性の大きい飯が得られた。またカレー粉とトマトペーストでは、炊飯中の釜内の温度分布が大きく、特にトマトペーストの温度上昇は非常に緩やかであった。その結果出来上

がった米飯は水分が少なくて硬いにもかかわらず、粘りが大きいという特徴があった。このように添加する調味料の種類によって炊飯特性が様々に異なり、米飯の仕上がりに影響することが分かった。

本報では、これらの調味料が米飯の炊飯特性に影響を与える要因を明らかにすることを目的とした。また、米飯の物性等にマイナスに影響した調味料については、その改善策を検討することとした。

実 験 方 法

1. 試 料

平成12年度および13年度滋賀県産日本晴を試料米として用いた。入手後は玄米のまま4°Cで保存し、実験当日に精米機(トーヨーテスター精米機MC-90A, (株)東洋精米機製作所製)により歩留まり90%に搗精した。

調味料は、食塩、濃口醤油、清酒、食酢、上白糖、カレー粉、トマトペーストの7種類を用いた。これら調味料の添加量は前報¹⁴⁾の通りとし、味付け飯として適当な標準量ま

^{*} 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

^{**} 〒590-0002 大阪府堺市砂道町 3-5-2

^{***} 〒422-8526 静岡県静岡市谷田 52-1

[§] 連絡先 (Corresponding author), junko_itou@tanakafoods.co.jp

たは 2 倍量を用いた。

2. 炊飯液の粘度測定

米飯の物性には、飯粒表面の濃厚な粘性物質の性状が影響を与えているとの報告がある^{15)~17)}。そこで調味料を添加した米飯の場合についても検討するため、米粒の加熱膨潤とともに溶出された成分が再吸収される直前の炊飯液を採取し、回転粘度計による物性測定を行った。

炊飯操作および炊飯中の温度測定方法は前報¹⁴⁾と同様である。小型電気炊飯器 (SR-03F, 松下電器産業(株) 製) にスライダック (山菱電機(株) 製) を接続し、沸騰まで 110 V (強火) で 12 分間、続いて 70 V (弱火) で通電した。沸騰 2 分 (加熱開始から 14 分) 後に直ちに目開き 1mm のふるいで米粒と炊飯液に分け、得られた炊飯液を 20°C で 10 分間放置後、コーンプレート型粘度計 (TVE-30H, 東機産業(株) 製) を用いて粘度測定を行った。試料は 1ml, コーンロータは 1°34'×R24, 測定レンジは H, 測定温度は 20°C とした。回転速度 N を 0.2 rpm から 100 rpm の範囲を階段状に上昇および下降するプログラムを表 1 のように設定し、そのときの粘度計指示値 θ (%) を自動記録した。回転速度 N (rpm) と得られた指示値 θ (%) より、(1) 式および (2) 式を用いてずり速度 D (s^{-1}) およびずり応力 s (Pa) を算出した。

$$s = K_1 \cdot \theta \quad (1)$$

$$D = K_2 \cdot N \quad (2)$$

ここで K_1 はずり応力係数、 K_2 はずり速度係数である。流動曲線 s - D によって囲まれる面積よりヒステリシスループ面積 (Area) を算出した。次に流動方程式であるべき乗法則 ((3) 式) を適用し、粘性係数 μ および流動性指数 n を求めた。

$$s = \mu \cdot D^n \quad (3)$$

また、Casson の流動方程式は (4) 式で表される。

$$\sqrt{s} = \sqrt{s_c} + \sqrt{\mu_c D} \quad (4)$$

ここで s_c は Casson 降伏値、 μ_c は Casson 粘度である。 $\sqrt{s}$ および $\sqrt{D}$ をそれぞれ両軸にとって、測定データの平方根をプロットすると流動曲線は直線になる。 $\sqrt{s}$ 軸の切片 $\sqrt{s_c}$ を 2 乗し、Casson 降伏値を求めた。降伏値とは、流動し始める応力の限界値である。

3. 示差走査熱量測定 (DSC)

(1) 試料の調製

試料米を 60 メッシュのふるいに通るように粉碎し、米粉を調製した。調味液は前報¹⁴⁾と同様に調製し、濃度は標準および 2 倍とした。

(2) 糊化特性の測定

70 μ l 容のアルミニウム製セルに米粉 10 mg と調味液 25 mg を密封し、20°C で 1 時間静置後、示差走査熱量計 (DSC120, セイコーインスツルメンツ(株) 製) を用いて昇温速度 2°C/min, 測定温度範囲 20-120°C で測定を行った。なお、リファレンスは水とした。吸熱曲線の変曲点より糊化開始温度 (T_o) および終了温度 (T_e) を、吸熱ピーク点より糊化ピーク温度 (T_p) を得た。また吸熱曲線とベースラインによって囲まれる面積より糊化エネルギー (ΔH) を算出した。

4. 糊化度の測定

(1) 試料の調製

前報¹⁴⁾で調製した米飯試料 (20°C・1 h, 5°C・24 h) 15 g に 3 倍量の無水エタノールを加えてホモジナイズ (18000 rpm, 3 min) し、上澄みを捨て、同様のエタノール処理をさらに 2 回繰り返し、ガラスフィルターで吸引ろ過した。さらにアセトンで 2 回洗浄して脱水を行い、風乾後、デシケーター中に保存した。これを 60 メッシュのふるいに通るように粉碎し、脱水粉末試料とした。

(2) 測定方法

松永ら¹⁸⁾の方法に従い、 β -アミラーゼ-プルラナーゼ法で測定を行った。

5. 調味料の脱気操作

炊飯中の釜内の温度分布にばらつきがあり、かつ炊飯後の飯のテクスチャーおよび糊化度にマイナスに影響した調味料について、予め加水量から差し引いておいた水 50 g に調味料を溶かしてからアスピレーターで 30 分間脱気を行い、前報¹⁴⁾と同様に加熱直前に調味料を加え、炊飯した。炊飯中の温度履歴の測定も前報¹⁴⁾と同様に行った。なお、釜内の 6 点の温度を経時的に測定した。

脱気操作を加えない通常の炊飯の場合と比較して米飯の物理化学的特性に改善効果が見られるかどうかを確認するため、前報¹⁴⁾および 4 と同様に 20°C・1 h 後、5°C・24 h 後の米飯の水分含量、物性、糊化度について測定を行った。

実験結果および考察

1. 炊飯液の粘度測定

前報¹⁴⁾において調味料の添加によって米飯の物性が異なったことから、米粒の加熱膨潤とともに溶出した成分が再吸収される直前の炊飯液 (おねば) の物性を測定した。ずり速度 $[D]$ とずり応力 $[s]$ の関係式から得られる、ヒステリシスループ面積 $[Area]$ 、回転速度上昇中の粘性係数 $[\mu]$ 、流動性指数 $[n]$ 、および Casson 降伏値 $[s_c]$ の値をそれぞれ表 2 に示す。

ヒステリシスループ面積は、測定ごとのばらつきが大き

表 1 回転粘度計の測定プログラム

回転速度 (rpm)	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100
計測時間 (sec)	60	40	30	30	30	30	20	20	20

表 2 炊飯液の物性

	Area	μ	n	S_c
無添加	501.3 $\pm$ 49.0 ^b	0.620 $\pm$ 0.089 ^c	0.537 $\pm$ 0.012 ^c	0.199 $\pm$ 0.070 ^c
食塩	160.7 $\pm$ 12.1 ^c	0.204 $\pm$ 0.017 ^f	0.616 $\pm$ 0.018 ^a	0.088 $\pm$ 0.015 ^{de}
醤油	61.8 $\pm$ 8.0 ^f	0.136 $\pm$ 0.022 ^g	0.644 $\pm$ 0.036 ^a	0.009 $\pm$ 0.008 ^f
清酒	198.9 $\pm$ 12.9 ^d	0.267 $\pm$ 0.004 ^c	0.521 $\pm$ 0.011 ^b	0.086 $\pm$ 0.032 ^c
食酢	672.0 $\pm$ 169.8 ^a	1.135 $\pm$ 0.079 ^b	0.478 $\pm$ 0.017 ^d	0.479 $\pm$ 0.030 ^b
上白糖	328.5 $\pm$ 44.5 ^c	0.361 $\pm$ 0.059 ^d	0.582 $\pm$ 0.020 ^b	0.128 $\pm$ 0.028 ^{cd}
カレー粉	657.9 $\pm$ 153.5 ^{ab}	2.664 $\pm$ 1.230 ^a	0.311 $\pm$ 0.104 ^e	1.284 $\pm$ 1.083 ^a
トマトペースト	357.9 $\pm$ 60.8 ^c	4.084 $\pm$ 0.685 ^a	0.265 $\pm$ 0.011 ^e	1.419 $\pm$ 0.371 ^a

Area: ヒステリシスループ面積

 μ : 粘性係数, n : 流動性指数, S_c : Casson 降伏値 (回転速度上昇中: 0.2 rpm $\rightarrow$ 100 rpm)1) 数値は mean $\pm$ SD.2) 表中の異なるアルファベットは同一項目において調味料間に有意差 ($p < 0.05$) があることを示す.

かったカレー粉は無添加との有意差はなかったものの、食酢で無添加より有意に大きく、食塩、醤油、清酒、上白糖、トマトペーストで有意に小さかった。特に食塩、醤油、清酒、なかでも醤油は著しく低い値を示し、ずりによる液体の構造変化が小さく、回復が早いことが示唆された。これに対し食酢は、ずり速度の増加に伴い液体の構造が破壊され、ずり速度を低下させても元の構造に戻りにくいために大きなチクソトロピー性を示すことが考えられた。

粘性係数は食酢、カレー粉、トマトペーストにおいて、無添加よりも有意に大きく、また食塩、醤油、清酒、上白糖は有意に小さかった。流動性指数はこれとは逆の傾向を示した。これらの結果より、食酢、カレー粉、トマトペーストは添加により炊飯液の粘性が高まり、流動性が小さくなる一方、食塩、醤油、清酒、上白糖は添加により粘性が低くなり、流動性が大きくなることが示唆された。

Casson 降伏値は粘性係数の場合とほぼ同様の傾向であり、食酢、カレー粉、トマトペーストで無添加よりも有意に大きかった。

これらの結果より、食酢添加では他の調味料の場合と比較して米粒の加熱膨潤とともに溶出する成分が多く、再吸収される直前の炊飯液の分子構造が強固であることが考えられ、このことが出来上がりの米飯の粘りや付着性の大きさに関与しているものと考えられた。一方、食塩、醤油、清酒、上白糖には溶出成分を抑制する働きがあることが示唆された。カレー粉とトマトペーストは前報¹⁴⁾のように水分量が少なく硬いにも関わらず、粘りの大きい米飯であった理由として、炊飯液の粘性が高いことが原因ではないかと考えられた。

また、トマトペーストで前報¹⁴⁾に示したように炊飯中の温度の立ち上がりが非常に遅く、釜内の温度分布にばらつきがあったのは、炊飯液の粘性が大きいために加熱による対流が起りにくかったのではないかと考えられた。一方チクソトロピー性は無添加よりも有意に小さく、ずりに伴う構造変化に対する回復が早いことから、トマトペースト

を添加した場合の炊飯液の物性は食酢のように米粒からの溶出成分によるものではなく、トマトペースト自体の性質によるものであることが考えられた。

2. 示差走査熱量測定 (DSC) による米粉の糊化特性

米粉の糊化特性に及ぼす調味料の影響を調べるために示差走査熱量測定を行った。まず初めに調味液のみを用い、昇温に伴う調味液の熱変性の有無を確認したところ、調味液の濃度によらず、熱の出入りは観察されなかった。したがって、米粉と調味液を昇温させた場合にあらわれる吸熱ピークは、米粉の糊化のみによるものであるといえる。

米粉の糊化特性の測定結果を表 3 に示す。調味料の添加により、全般的に糊化温度の上昇、糊化エネルギーの増大が見られ、標準・2 倍濃度ともに同様の傾向を示した。特に食塩、醤油、トマトペーストの添加により顕著であった。前報¹⁴⁾においてこれら 3 種の温度上昇中の加熱吸水率が小さかったのは、このように糊化温度が高く、糊化膨潤に多くのエネルギーを必要とすることが原因ではないかと考えられた。また、食塩、醤油、上白糖、トマトペーストについては、2 倍濃度の方が有意に糊化温度が高く、糊化エネルギーが大きかったことから、これらは添加量が増すほど米の糊化膨潤を妨げる作用があることが示唆された。

澱粉の糊化に及ぼす共存物質の影響について、塩類のうち Na_2SO_4 や NaCl は糊化を妨げ、逆に NaI や KSC などは糊化を促進させることが知られており¹⁹⁾、本実験に用いた食塩および醤油は NaCl を塩として含み、糊化を妨げる作用があることが確認された。このような作用は塩類による水の構造 (クラスター) の変化および塩類と澱粉の水酸基との静電的な相互作用によるものであり²⁰⁾、塩の種類によって異なることが報告されている。

また一般に低分子の糖質は澱粉の糊化、膨潤を抑制し、糊化温度を上昇させることが知られており²¹⁾、本実験の上白糖 (二糖類) の結果はこれと一致していた。多糖類では炭素数の多いほど糊化抑制作用が強く、糊化温度は高くなることが報告されている²²⁾。糖質による澱粉の膨潤抑制と

表 3 DSC による糊化特性

① 標準濃度				
	T _o (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH (mJ/mg)
無添加	61.3±0.33 ^d	67.2±0.27 ^d	74.1±0.37 ^e	7.38±0.14 ^e
食塩	65.6±0.16 ^a	71.6±0.26 ^a	78.5±0.36 ^a	8.93±0.14 ^b
醤油	65.7±0.28 ^a	71.8±0.15 ^a	78.7±0.35 ^a	9.12±0.23 ^a
清酒	61.5±0.32 ^{cd}	67.3±0.24 ^d	74.3±0.30 ^{de}	7.51±0.17 ^{de}
食酢	61.7±0.52 ^e	67.9±0.24 ^c	74.6±0.32 ^{cd}	7.57±0.08 ^{de}
上白糖	61.8±0.48 ^e	67.9±0.29 ^c	74.6±0.26 ^{cd}	7.46±0.10 ^{de}
カレー粉	61.8±0.25 ^e	67.9±0.25 ^c	74.9±0.26 ^c	7.63±0.07 ^d
トマトペースト	63.7±0.26 ^b	70.1±0.31 ^b	77.2±0.40 ^b	8.11±0.10 ^c
② 2 倍濃度				
	T _o (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH (mJ/mg)
無添加	61.3±0.33 ^f	67.2±0.27 ^g	74.1±0.37 ^e	7.38±0.14 ^f
食塩	67.2±0.42 ^{b***}	73.3±0.30 ^{b***}	80.3±0.43 ^{***}	9.44±0.32 ^{b***}
醤油	67.8±0.31 ^{a***}	73.7±0.15 ^{a***}	80.5±0.54 ^{***}	9.93±0.18 ^{a***}
清酒	61.5±0.25 ^f	67.4±0.21 ^f	74.4±0.21 ^{de}	7.71±0.25 ^{de}
食酢	62.0±0.18 ^e	68.2±0.13 ^e	74.9±0.26 ^d	7.60±0.22 ^e
上白糖	62.6±0.32 ^{d**}	68.7±0.26 ^{d**}	75.9±0.21 ^{c***}	7.84±0.13 ^{d***}
カレー粉	61.9±0.40 ^e	68.0±0.21 ^e	74.9±0.10 ^d	7.89±0.19 ^{d*}
トマトペースト	64.8±0.13 ^{c***}	70.9±0.06 ^{c**}	78.1±0.23 ^{b**}	8.58±0.25 ^{c*}

【T_o: 糊化開始温度, T_p: 糊化ピーク温度, T_c: 糊化終了温度, ΔH: 糊化エネルギー】

- 1) 数値は mean±SD.
- 2) 表中の異なるアルファベットは同一項目において調味料間に有意差 (p<0.05) があることを示す.
- 3) * は同一調味料において標準濃度と 2 倍濃度の間に有意差があることを示す.
(*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05)

糊化温度の上昇作用は主として糖が澱粉粒子内の水分子と結合し、澱粉の糊化に必要な自由水が減少するためと考えられるが、その他に糖と澱粉分子鎖との水素結合による相互作用などが影響しているものと考えられている²²⁾.

トマトペーストによる澱粉の糊化、膨潤の抑制については、他の 3 種とは異なり、2 で述べたように炊飯液の粘性が大きく、米粒の中に水が取り込まれにくかったことも要因の一つと考えられる.

3. β-アミラーゼ・プルナーゼ法 (BAP 法) による米飯の糊化度

米飯の糊化度に及ぼす調味料の影響を調べた. BAP 法による米飯の糊化度の測定結果は表 4 に示す. 炊飯後、20℃ で 1 時間放置した米飯では、いずれも 95% 前後の高い糊化度を示し、試料間に有意差は見られなかった. この BAP 法はもともと澱粉の老化の程度を測定するのに適した方法であると言われており、このような糊化度が高い状態での微妙な差を捉えることができなかったものと思われる. 一方、5℃ で 24 時間低温保存した米飯の糊化度は、醤油、上白糖、カレー粉、トマトペーストにおいて無添加より有意に低かった. 前報¹⁴⁾ に示したように、5℃・24 h 経過した上白糖、カレー粉、トマトペースト添加米飯は、無

表 4 BAP 法による糊化度

(%)

	20℃・1 h 後	5℃・24 h 後
無添加	94.96±2.80 ^a	88.33±2.69 ^{ab}
食塩	94.73±1.60 ^a	88.88±3.87 ^{ab}
醤油	94.53±3.09 ^a	84.24±3.42 ^{cd}
清酒	95.03±1.55 ^a	86.22±3.98 ^{bc}
食酢	95.67±1.52 ^a	90.20±3.97 ^a
上白糖	94.39±1.70 ^a	84.20±2.32 ^{cd}
カレー粉	94.47±2.61 ^a	84.88±4.48 ^{cd}
トマトペースト	93.74±3.91 ^a	83.16±4.42 ^d

- 1) 数値は mean±SD.
- 2) 表中の異なるアルファベットは同一保存条件において調味料間に有意差 (p<0.05) があることを示す.

添加より有意に硬くて付着性が小さかったという結果からも、これらの飯は老化しやすいことが示唆された. 醤油に関しては物性との相関が見られなかった.

4. 調味料の脱気操作が及ぼす影響

これまでの結果より、本研究でとりあげた 7 種類の調味料の中で、特にカレー粉、トマトペーストは特徴的な挙動

図 1 調味料を脱気した場合の炊飯温度履歴
(釜内の 6 点の温度を計測)

を示した。これらを添加した場合、炊飯中の釜内の温度分布のばらつきは大きく、米飯は無添加よりも水分が少なくて硬く、老化しやすい傾向が見られた。こうしたマイナスの特徴が表れた要因として、調味料に由来する気泡が加熱とともに大きくなり、炊飯中の温度分布が不均一になったために米に均等に熱が伝わらず、その結果として飯の水分含量やテクスチャー、糊化度に影響を及ぼしたのではないかと考えた。そこで、これら 2 種の調味料について、予め脱気してから添加し、炊飯した。

炊飯中の温度履歴の測定結果を図 1 に示す。カレー粉、トマトペーストともに炊飯中の釜内の温度のばらつきは改善された。そこでこの 2 種の調味料について、脱気してから加えた場合の米飯の水分含量、物性、糊化度を脱気せずにそのまま加えた場合と同様に測定した。トマトペーストの測定結果を図 2 に示す。いずれも脱気をせず通常の炊飯操作を行ったものとの比較で示した。脱気操作により、トマトペースト添加米飯の水分含量は 20℃・1h 後において有意に増加した。米飯の硬さは 20℃・1h 後、5℃・24h 後ともに有意に減少し、粘りに有意差はないものの、付着性は 20℃・1h 後において有意に増加した。糊化度は 5℃・24h 後において有意に増加した。

このように、炊飯時の温度上昇が特に遅く、ばらつきが大きかったトマトペーストを脱気してから米に添加するこ

とにより、米飯の水分含量、硬さ、付着性および糊化度に改善効果が見られた。

カレー粉については、いずれの項目ともに脱気操作による改善効果は見られなかったことから、温度履歴以外の理由が存在するものと考えられ、今後さらに検討が必要である。

要 約

前報¹⁴⁾では、添加する調味料の種類によって炊飯特性が様々に異なり、米飯の仕上がりに影響することが分かった。本報では、これらの調味料が米飯の炊飯特性に影響を与える要因を明らかにし、米飯の物性等にマイナスに影響した調味料については、その改善策を検討した。

1) 炊飯液の物性は、食酢において無添加よりヒステリシスループ面積、粘性係数、降伏値が有意に大きく、米飯の粘りや付着性の大きさに関与しているものと考えられた。カレー粉とトマトペーストは前報¹⁴⁾のように水分量が少なくても硬いにも関わらず、粘りの大きい米飯であった理由として、炊飯液の粘性が高いことが原因ではないかと考えられた。

また、トマトペーストで前報¹⁴⁾に示したように炊飯中の温度の立ち上がりが非常に遅く、釜内の温度分布にばらつきがあったのは、炊飯液の粘性が大きいために加熱による

図 2 トマトペーストを脱気してから加えた場合の米飯の水分含量、物性、糊化度

(** p < 0.01)

□ : 脱気なし, ▨ : 脱気あり

対流が起こりにくかったのではないかと考えられた。

2) 調味料の添加により、全般的に糊化温度の上昇、糊化エネルギーの増大が見られた。特にトマトペースト、食塩、醤油において顕著であり、濃度に依存していた。前報¹⁴⁾においてこれら3種の温度上昇中の加熱吸水率が小さかったのは、糊化温度が高く、糊化膨潤に多くのエネルギーを必要とすることが原因ではないかと考えられた。

3) 米飯の糊化度は、炊飯後、20°Cで1時間放置した米飯では、いずれも95%前後の高い糊化度を示し、試料間に有意差は見られなかった。一方、5°Cで24時間低温保存した米飯の糊化度は、上白糖、カレー粉、トマトペーストにおいて無添加より有意に低かった。前報¹⁴⁾に示したように、これらの米飯が無添加より有意に硬くて付着性が小さかったのは、米デンプンの糊化度の低下によることが示唆された。

4) トマトペーストを予め脱気してから添加し、炊飯したところ、炊飯中の温度分布のばらつきは改善され、米飯の水分含量、硬さ、付着性および糊化度に改善効果が見ら

れた。

文 献

- 1) 松元文子, 関千恵子, 津田真由美, 米の調理に関する研究 (第1報) 味付け飯について, 家政誌, **18**, 158-162 (1967).
- 2) 池上茂子, 村田安代, 渡辺信子, 味付け飯に関する研究・酒の影響について, 家政誌, **24**, 367-375 (1973).
- 3) 関千恵子, 貝沼やす子, 松元文子, 味付け飯の炊飯について, 日調科誌, **8**, 191-200 (1975).
- 4) 石田恵美子, 貝沼圭二, 高橋節子, 新形質米の調理・加工適性に関する研究 (第7報), 日調科誌, **33**, 456-462 (2000).
- 5) 奥田和子, 渡邊裕季子, 倉賀野妙子, 河辺達也, 長浜源壮, 森田日出男, 炊飯米に対する本みりんの添加効果について, 日調科誌, **23**, 81-85 (1990).
- 6) 竹井よう子, 林 照子, 浅井由賀, 炊き込み飯の具の成分が飯の物性に及ぼす影響, 日調科誌, **30**, 253-260 (1997).
- 7) 畑江敬子, 綾部園子, 貝沼やす子, 島田淳子, 材料添加によるタイ国産米の食味改良効果, 日調科誌, **28**, 231-236 (1995).
- 8) 江間章子, 貝沼やす子, 柑橘果汁の炊飯への利用, 日調科誌, **23**, 198-205 (1990).
- 9) 江間章子, 貝沼やす子, 柑橘果汁の炊飯への利用 (第2報),

- 日調科誌, **24**, 89-95 (1991).
- 10) 中谷文子, 辻昭二郎, 炊飯条件の異なる各種の米飯粒の修正 2 バイト 4 点測定法による食味と関連した物性の検討, 食科工, **43**, 238-246 (1996).
- 11) 丸山悦子, 樋口裕子, 寺田佳子, 梶田武俊, 炊飯に関する研究 (第 3 報) 米飯の老化におよぼす調味料の影響, 家政誌, **31**, 568-221 (1980).
- 12) 江間章子, 貝沼やす子, 炊き込み飯の炊飯に関する研究—浸漬条件が飯の性状に及ぼす影響—, 家政誌, **43**, 897-902 (1992).
- 13) 大家千恵子, 松岡洋子, 川端晶子, 米飯の品質におよぼす各種塩類の影響, 日調科誌, **29**, 195-200 (1996).
- 14) 伊藤純子, 香西みどり, 貝沼やす子, 畑江敬子, 米飯の炊飯特性に及ぼす各種調味料の影響 (第 1 報), 投稿中.
- 15) 渋川祥子, 圧力鍋の炊飯特性について, 家政誌, **27**, 92-99 (1976).
- 16) 雑賀慶二, 米の味測定の原理と応用, 食品と科学, **32**, **10**, 81-84 (1990).
- 17) 池田ひろ, 炊飯過程に溶出する糖成分の動向と米飯の食味について, 家政誌, **52**, 401-409 (2001).
- 18) 松永暁子, 貝沼圭二, 澱粉食品の老化に関する研究 (第 1 報) 米飯の老化について, 家政誌, **32**, 653-659 (1981).
- 19) 不破英次, 小巻利章, 檜作 進, 貝沼圭二, 澱粉の機能的性質, 「澱粉科学の事典」, (朝倉書店, 東京), pp. 198 (2003).
- 20) Jay-lin Jane and Ames, IA., Mechanism of starch gelatinization in neutral salt solutions, *Starch*, **45**, 161-166 (1993).
- 21) Spies, R.D. and Hoseney, R.C., Effect of sugars on starch gelatinization, *Cereal Chem.*, **59**, 128-131 (1982).
- 22) Oosten, B.J. and Breda, Effects of organic molecules on the gelatinization temperature of starch. *Starch*, **36**, 18-23 (1984).
- (平成 16 年 3 月 18 日受付, 平成 16 年 6 月 28 日受理)