米飯の炊飯特性に及ぼす各種調味料の影響 (第 1 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 1)

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 objective of this study was to clarify the effect of seven kinds of seasonings on physicochemical properties of cooked and uncooked rice. 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. The addition of all seasonings caused the decrease in the water absorption ratio during both soaking and heating of rice grains, especially in salt, soy sauce and tomato paste. Except for vinegar, addition of seasonings resulted in a harder texture. Although the moisture content and the softness of the rice cooked with curry powder and tomato paste were less, the stickiness was significantly more than that without seasonings. In this way, it was revealed that the cooking properties of rice were different by depending on seasonings added.

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

米は白飯として食することが最も多いが、その他に調味料とともに炊飯する味付け飯、炊飯に先立って米を炒めるピラフ、炊き上げた飯を炒める炒飯、酢味をつけるすし飯など、和・洋・中を問わず様々な飯の種類がある。特に、米を水および調味料とともに炊飯する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。

炊飯直後または保存後の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)}。しかし、これらの多くは特定の調味料を用い、炊飯過程のある一部分の現象のみに着目したものであり、それぞれに測定の手法も異なる。これらの報告から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。

そこで本研究では、味付け飯に用いられる様々な調味料

を添加し、米飯の炊飯特性に及ぼす調味料の影響について検討した。

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℃ で保存し、実験当日に精米機 (ト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料理書¹⁴⁾¹⁵⁾ および文献値¹⁷⁾¹²⁾ を参考にして決定した。さらに調味料の影響をより明確に調べるために、添加量を 2 倍にした場合も検討した。詳細を表 1 に示す。調味料添加米飯の調製にあたっては、調味料に含まれる水分量を含めて米に与える水分量が米重量の 1.5 倍量となるようにした。

2. 吸水率の測定

まず、調味料添加米飯を炊飯する場合の浸漬液と同じ濃

^{*} 〒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

表 1 米 100 g に対する調味料添加量 (米飯調製時)

調味料	メーカー	水分 (%)*	標準		2 倍	
			添加量 (g/米 100 g)	水分 (g)	添加量 (g/米 100 g)	水分 (g)
食塩	(財)塩事業センター	0	1.5	0	3	0
醤油	キッコーマン(株)	67.1	10.345*	6.94	20.690*	13.9
清酒	菊正宗酒造(株)	83.7	5	4.19	10	8.37
食酢	(株)ミツカン	93.3	5	4.67	10	9.33
上白糖	(株)パールエース	0.8	3	0.024	6	0.048
カレー粉	エスビー食品(株)	5.7	1	0.057	2	0.114
トマトペースト	カゴメ(株)	71.2	15	10.7	30	21.4

*: 五訂 日本食品標準成分表, 科学技術庁資源調査会 編 (2000) より.

*: 醤油の塩分量は食塩の場合と同じ.

表 2 調味液の pH

	標準	2 倍
無添加 (水)	5.63±0.45	
食塩	5.68±0.08	5.80±0.03
醤油	4.90±0.03	4.66±0.12
清酒	4.26±0.05	4.01±0.17
食酢	3.14±0.02	2.94±0.09
上白糖	5.41±0.08	5.39±0.12
カレー粉	5.86±0.02	5.84±0.08
トマトペースト	4.22±0.04	4.24±0.02

数値は mean±SD.

度の調味液を調製した. 調味液の pH を表 2 に示す.

吸水率の測定は江間ら¹²⁾の手法に準じて行った. すなわち, 200 ml トールビーカーに調味液または脱イオン蒸留水 150 ml (液温 20℃) を採り, その中に米 10 g を秤量した足付きの金網かご (本体: $\phi 35 \times 70$ mm, 足: 20 mm, 目開き 1 mm) を入れて 20℃ で浸漬させ, 10, 20, 30, 45, 60, 120 分ごとに金網かごを取り出し, よく水気を切った. ただし, トマトペースト溶液の場合, 米への付着物が多かったため, さらに 200 ml トールビーカーに入れた 20℃ の脱イオン蒸留水 150 ml 中で軽く振り洗いをし, よく水気を切った. その後遠心分離 (1000 rpm, 2 分) にかけて, 完全に水気を切った. 金網かごごと重さを量り, 予め秤量しておいた金網かごの重量を差し引いたものを浸漬後の米重量とした. 吸水率は浸漬前の生米に対する浸漬後の米の重量増加率として表した.

3. 加熱吸水率の測定

2 と同様に標準量および 2 倍量の調味料を用いて調味液を調製した. 小型電気炊飯器 (SR-03F, 松下電器産業(株)製) の内釜に調味液または脱イオン蒸留水 500 g (液温 20℃) を入れ, これに米 10 g を秤量した足付きの金網かご (本体: $\phi 35 \times 55$ mm, 足: 15 mm, 目開き 1 mm) を 4 個入れて 20℃ で 1 時間浸漬させた. また, 調味料添加時期の影響を調べるため, 脱イオン蒸留水に 1 時間浸漬後, 加熱直

前に調味料を加えた場合についても検討した (標準濃度のみ). 炊飯器にはスライダック (山菱電機(株)製) を接続し, 110 V (電源からとれる最大限の電圧) で加熱した. この加熱条件は次の 4 で述べる米飯調製時の沸騰までの温度履歴とほぼ同じになることを事前に確認してある. 加熱中の釜内の温度は, 内釜の底から 1 cm の位置に銅コンスタンタン熱電対を固定し, マルチチャンネルレコーダー (TR 2724, ADVANTEST 製) により測定した. 液温が 40, 60, 80, 98℃ になった時点ですばやく金網かごを取り出し, よく水気を切った. トマトペースト溶液の場合, 2 と同様に軽く振り洗いをした. その後, 2 と同様の方法で重量を測定し, 加熱吸水率を求めた.

4. 米飯試料の調製

3 の加熱吸水率の測定において, 調味液に初めから浸漬させるよりも加熱直前に調味料を添加した方が吸水が妨げられないことが確認されたため (表 4 参照), 米飯試料の調製にあたっては後者の方法を採用することにした. なお, 実際に家庭等で行う炊飯を想定して, 調味料は通常使用される程度の量 (標準量) を用いた.

精白米 200 g に脱イオン蒸留水 500 ml を加え, 泡立て器を用いて 0.5 回/秒で静かに攪拌した後ザルにとり, 上下に 10 回振り, 水気を切った. この操作を 5 回繰り返して, よく水気を切った後, 付着した水も含めて加水量が米重量の 1.5 倍量 (300 g) になるよう, 調味料に含まれる水分量を差し引いて, 脱イオン蒸留水を加え, 20℃ で 1 時間浸漬させた. その後, 加熱直前に各調味料を添加し, ガラス棒で軽く攪拌した. 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 13 分間通電後, スイッチを切って 15 分間蒸らしを行った. いずれの調味料の場合においても, 加熱条件は上記の要領で統一した. 蒸らし後, 釜中心部の米飯 100 g を, プラスチック製容器 (117×84×28 mm, 160 ml 容) に採取し, 固く水気を絞ったペーパータオルで覆い, 蓋をして 20℃ で 1 時間放冷し, 米飯試料とした.

一方、同様にプラスチック製容器に採取した米飯を5℃で24時間低温保存した後、20℃で1時間放置して品温を20℃にしたものを老化米飯試料とした。

5. 炊飯中の温度測定

4における炊飯中の温度履歴は、内釜の底から1 cmの位置に熱電対を固定し、加熱開始時から蒸らし終了時までをデータコレクター (AM-7002, 安立計器(株)製) により10秒ごとに計測した。

6. 米飯の水分含量の測定

常圧加熱乾燥法¹⁶⁾により行った。すなわち、米飯2 gを秤量し、アルミ箔袋の中に均一に薄く圧延し、広げた状態で135℃の乾熱器で2時間乾燥させた。

7. 米飯の物性測定

テクスチュロメーター (GTX-2, (株)全研製) を用いて3粒法¹⁷⁾により米飯の硬さ、粘り、付着性の3項目を測定した。プランジャーはルサイトφ18 mm, カップはアルミφ30 mm, クリアランスは0.2 mm, 測定電圧は1 V, チャートスピードは750 mm/minとした。

実験結果および考察

1. 吸水率

標準濃度の調味液に浸漬させた場合の吸水率の経時的変化を図1に示す。いずれの調味料においても浸漬30分までの米の重量増加が著しく、その後の増加は緩やかであった。全測定時間において、無添加試料の吸水率が最も高く、いずれの調味料も、添加により、吸水が阻害される傾向が見られた。特に食塩、醤油、トマトペーストで顕著であったが、浸漬時間の延長に伴って無添加との差は縮まり、これらの調味料を添加する際には、特に浸漬時間を十分にとる必要があることが分かった。

松元ら¹⁾は食塩、醤油では添加濃度に依存して吸水が遅くなるが、時間の経過に従ってかなり無添加に近づくことを報告しており、江間ら¹²⁾も醤油添加により吸水が遅れることを報告している。これらは食塩および醤油に含まれるナトリウムイオンが精白米の膨潤を阻害する¹⁸⁾ことが関与しているものと考えられるが、醤油の場合はアミノ酸やpHの関与も考えられる。また池上ら²⁾は醤油に酒を加えるとさらに吸水率が低下すると報告している。本実験の結果はこれらの報告とほぼ一致しており、さらにその他の調味料についても、同様の傾向であることが明らかになった。

表3には標準濃度と2倍濃度の調味液に浸漬させた場合の吸水率を示した。2倍濃度の調味液に浸漬させた場合も標準濃度とほぼ同様の傾向を認めた。カレー粉以外の調味料では、浸漬60分までの吸水率が標準濃度で有意に高い傾向にあり、浸漬初期の段階で濃度に依存して吸水が阻害される傾向があった。食酢溶液に浸漬させた場合は120分後には2倍濃度の方が有意に高い吸水率になり、60分までとは逆の結果となった。斎尾ら¹⁹⁾は胚乳表層部のタンパク質の多い部分が粒全体の膨潤を抑制していると報告しており、Ohishiら²⁰⁾は水よりも0.2 mol/l 酢酸溶液に浸漬させた方が米粒からの溶出タンパク質量が多いことを明らかにしている。これらの知見より、本実験での2倍濃度の食酢溶液への浸漬でも、長時間の酢酸浸漬に伴って米粒表層のタンパク質が溶出し、水が米の組織内に取り込まれやすい状態になったため、吸水量が増えたのではないかと考えられた。カレー粉は全浸漬時間において濃度の違いによる差は認められず、カレー粉の添加量が吸水率に及ぼす影響は小さいと考えられた。

図1 浸漬中の吸水率の変化<標準濃度>

表 3 浸漬中の吸水率の変化

① 標準濃度 (%)							
浸漬時間	10	20	30	45	60	90	120 (分)
調味料							
無添加	14.29±0.24 ^a	21.03±0.37 ^a	23.19±0.24 ^a	23.51±0.14 ^a	23.70±0.15 ^a	24.02±0.13 ^a	23.89±0.08 ^a
食塩	11.11±0.15 ^c	16.07±0.23 ^{c*}	19.31±0.50 ^{c*}	21.08±0.26 ^{d**}	22.38±0.12 ^{d*}	22.87±0.17 ^d	23.17±0.10 ^{cd}
醤油	10.99±0.11 ^{c**}	15.58±0.01 ^{f***}	18.49±0.11 ^{d***}	20.29±0.09 ^{e***}	21.37±0.06 ^f	22.48±0.20 ^e	22.70±0.07 ^e
清酒	13.32±0.11 ^{b***}	18.49±0.25 ^{b*}	21.15±0.22 ^b	22.61±0.06 ^{b***}	22.79±0.10 ^c	22.98±0.17 ^{cd}	23.03±0.06 ^d
食酢	12.42±0.20 ^c	18.55±0.30 ^{b*}	20.89±0.18 ^{b***}	22.42±0.07 ^{b*}	22.83±0.04 ^{c*}	23.18±0.08 ^c	23.33±0.04 ^c
上白糖	12.36±0.25 ^{c*}	17.75±0.20 ^{c**}	20.93±0.16 ^{b***}	22.34±0.21 ^b	23.27±0.09 ^b	23.55±0.07 ^b	23.62±0.07 ^b
カレー粉	13.00±0.09 ^b	18.63±0.37 ^b	21.26±0.05 ^b	22.67±0.35 ^b	23.19±0.17 ^b	23.49±0.11 ^b	23.65±0.30 ^b
トマトペースト	11.93±0.40 ^{d*}	16.82±0.32 ^{d*}	18.99±0.26 ^{c**}	21.63±0.30 ^{c**}	22.15±0.16 ^{e**}	22.98±0.17 ^{c*}	23.19±0.25 ^{cd}

② 2 倍濃度 (%)							
浸漬時間	10	20	30	45	60	90	120 (分)
調味料							
無添加	14.29±0.24 ^a	21.03±0.37 ^a	23.19±0.24 ^a	23.51±0.14 ^a	23.70±0.15 ^a	24.02±0.13 ^a	23.89±0.08 ^a
食塩	10.93±0.15 ^c	15.16±0.37 ^e	18.06±0.15 ^d	20.05±0.11 ^e	21.38±0.26 ^e	22.52±0.22 ^c	22.95±0.13 ^c
醤油	10.13±0.16 ^f	14.17±0.06 ^f	17.12±0.24 ^e	19.39±0.01 ^g	20.99±0.34 ^f	22.10±0.20 ^c	22.53±0.15 ^d
清酒	11.85±0.15 ^c	17.53±0.28 ^c	20.75±0.13 ^b	22.13±0.06 ^c	22.86±0.12 ^c	23.35±0.66 ^b	23.13±0.14 ^{bc}
食酢	12.05±0.06 ^c	17.72±0.12 ^c	19.62±0.18 ^c	21.35±0.24 ^d	22.47±0.12 ^d	23.21±0.23 ^b	23.65±0.04 ^{ab***}
上白糖	11.26±0.05 ^d	16.32±0.25 ^d	19.81±0.13 ^c	21.89±0.27 ^c	23.13±0.12 ^{bc}	23.42±0.10 ^b	23.63±0.15 ^{ab}
カレー粉	12.93±0.06 ^b	18.71±0.32 ^b	20.93±0.21 ^b	22.58±0.10 ^b	23.22±0.05 ^b	23.43±0.11 ^b	23.38±0.18 ^b
トマトペースト	10.93±0.05 ^e	15.46±0.49 ^e	17.46±0.32 ^e	19.72±0.25 ^f	20.79±0.26 ^f	22.25±0.24 ^c	22.46±0.36 ^d

- 1) 数値は mean±SD
- 2) 表中の異なるアルファベットは同一浸漬時間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).

図 2 加熱に伴う吸水率の変化<標準濃度 (調味液浸漬)>

2. 加熱吸水率

標準濃度の調味液に 1 時間浸漬後、加熱した場合の温度上昇に伴う吸水率の変化を測定した結果を図 2 に示す. いずれの調味料においても 60℃ 以上での吸水率の増加が著

しく、また調味料の添加により、吸水が妨げられていることが分かった. この傾向は 1 と同様に食塩、醤油、トマトペーストにおいて顕著であった. 2 倍濃度の調味液に浸漬させた場合や、標準量の調味料を加熱直前に添加した場合

表 4 加熱に伴う吸水率の変化

① 標準濃度の調味液に 1h 浸漬後, 加熱

	加熱 →					(%)
	20℃で1h浸漬後	40℃	60℃	80℃	98℃	
無添加	23.70±0.15 ^a	22.77±0.26 ^a	23.03±0.08 ^a	39.52±1.00 ^a	73.24±0.54 ^a	
食塩	22.38±0.12 ^d	21.11±0.16 ^d	20.93±0.37 ^d	32.68±0.57 ^d	61.77±0.79 ^d	
醤油	21.37±0.06 ^f	20.84±0.12 ^e	20.85±0.27 ^d	27.81±0.44 ^e	56.50±0.60 ^e	
清酒	22.79±0.10 ^c	21.74±0.10 ^c	21.41±0.26 ^c	36.85±0.99 ^{bc}	67.22±0.83 ^b	
食酢	22.83±0.04 ^c	21.81±0.22 ^c	22.50±0.12 ^b	35.91±1.22 ^c	64.38±0.39 ^c	
上白糖	23.27±0.09 ^b	22.59±0.13 ^a	22.43±0.21 ^b	35.73±0.79 ^c	67.59±0.92 ^b	
カレー粉	23.19±0.17 ^b	22.78±0.08 ^a	22.43±0.05 ^b	37.60±0.67 ^{bc}	68.58±0.73 ^b	
トマトペースト	22.15±0.16 ^c	22.15±0.19 ^b	22.95±0.24 ^a	25.49±1.74 ^f	38.48±5.28 ^f	

② 2倍濃度の調味液に 1h 浸漬後, 加熱

	加熱 →					(%)
	20℃で1h浸漬後	40℃	60℃	80℃	98℃	
無添加	23.70±0.15 ^a	22.77±0.26 ^b	23.03±0.08 ^b	39.52±1.00 ^a	73.24±0.54 ^a	
食塩	21.38±0.26 ^e	20.26±0.17 ^d	19.82±0.16 ^e	28.45±0.39 ^d	57.23±1.01 ^d	
醤油	20.99±0.34 ^f	20.67±0.09 ^{cd}	20.19±0.44 ^d	26.95±0.65 ^d	56.10±0.47 ^d	
清酒	22.86±0.12 ^c	21.87±0.18 ^{bc}	22.39±0.32 ^c	37.96±0.62 ^{ab}	65.70±0.32 ^c	
食酢	22.47±0.12 ^d	22.36±0.12 ^b	22.46±0.20 ^{bc}	38.19±0.90 ^{ab}	69.20±0.76 ^b	
上白糖	23.13±0.12 ^{bc}	21.37±0.38 ^{bcd}	22.00±0.29 ^c	36.16±1.04 ^{bc}	69.02±0.74 ^b	
カレー粉	23.22±0.05 ^b	22.15±0.96 ^b	22.41±0.29 ^{bc}	35.76±0.81 ^{bc}	64.76±1.05 ^c	
トマトペースト	20.79±0.26 ^f	29.25±2.54 ^a	27.29±1.63 ^a	32.80±7.57 ^c	33.27±2.72 ^e	

③ 1h 水浸漬後, 標準量の調味料を後から加えて加熱

	加熱 →					(%)
	20℃で1h浸漬後	40℃	60℃	80℃	98℃	
無添加	23.70±0.15	22.77±0.26 ^a	23.03±0.08 ^b	39.52±1.00 ^a	73.24±0.54 ^a	
食塩	23.70±0.15	21.36±0.19 ^c	21.13±0.34 ^f	33.60±0.12 ^c	62.88±0.54 ^d	
醤油	23.70±0.15	21.07±0.37 ^c	20.90±0.14 ^f	29.66±0.57 ^d	60.76±1.07 ^e	
清酒	23.70±0.15	22.13±0.14 ^{cd}	21.65±0.14 ^e	36.72±0.23 ^b	67.88±0.71 ^c	
食酢	23.70±0.15	21.90±0.20 ^d	22.11±0.37 ^d	36.58±0.30 ^b	71.88±0.63 ^{ab}	
上白糖	23.70±0.15	22.14±0.21 ^{cd}	22.56±0.12 ^c	39.79±0.45 ^a	71.02±0.74 ^b	
カレー粉	23.70±0.15	22.40±0.13 ^{bc}	22.70±0.10 ^c	36.72±0.51 ^b	68.09±1.06 ^c	
トマトペースト	23.70±0.15	22.61±0.18 ^{ab}	24.18±0.15 ^a	24.41±0.41 ^e	41.25±3.37 ^f	

1) 数値は mean±SD.

2) 表中の異なるアルファベットは同一温度において調味料間に有意差 (p<0.05) があることを示す.

3) : 同調味料間で①より有意に多いことを示す.4) : 同調味料間で①より有意に少ないことを示す.

の結果を表 4 に示すが, これらの場合も同様の傾向であった. 2 倍量のトマトペーストを添加した場合は 40, 60℃での吸水率の値が他の調味料をかなり上回る結果となっているが, これは水洗いによって完全に除去できなかったトマトペーストが付着したままであったためと考えられた. トマトペーストには付着しやすい性質があるにもかかわらず, 98℃においては他の調味料よりも低い吸水率を示しており, 加熱吸水が著しく阻害されることを示している. また, 標準濃度と 2 倍濃度で比較すると, 食塩は 2 倍濃度で

有意に少なく, 濃度に依存して吸水が妨げられた. 大家ら¹³⁾は塩類の添加により, 米の加熱吸水率が低下することを報告しており, 本実験の結果に一致している. 食酢においては逆に 2 倍量の加熱吸水率が有意に多くなっている. 香西ら²¹⁾は 80℃, 98℃の時点で無添加より酢酸添加の方が重量増加率が有意に高く, 濃度に依存することを明らかにしている. 本実験で用いた食酢の酢酸濃度はこれよりも低いため, 無添加には及ばないが, 濃度に依存する傾向は同様に認められた.

図 3 炊飯中の温度履歴

(A) — : 無添加, : 食塩, --- : 醤油, - · - · : 清酒, — — : 食酢, ····· : 上白糖
 (B) — : カレー粉, : トマトペースト

表 5 調味料添加米飯の水分含量

	(%)	
	20℃・1 h 後	5℃・24 h 後
無添加	62.24±0.57 ^a	62.49±0.73 ^{ab}
食塩	61.55±0.68 ^{bc}	61.63±0.69 ^c
醤油	61.56±0.75 ^{bc}	61.90±0.74 ^{bc}
清酒	62.12±0.73 ^{ab}	62.58±0.47 ^{ab}
食酢	62.06±0.56 ^{ab}	62.68±0.85 ^a
上白糖	61.06±0.83 ^{cd}	61.47±0.70 ^c
カレー粉	61.30±0.72 ^{cd}	61.35±0.67 ^c
トマトペースト	60.64±0.45 ^d	62.45±0.84 ^{ab***}

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.

3) * は同一調味料において 20℃・1 h と 5℃・24 h の間に有意差があることを示す (** $p < 0.001$).

一方、加熱直前に調味料を添加した場合、いずれも浸漬時に調味料を加えたものよりも吸水が阻害されない傾向が見られた。米粒の吸水膨潤を十分にさせるために、先ず水に浸漬した後、加熱直前に調味料を加える方がよい¹⁾と言われる所以は本結果からも明らかである。

3. 炊飯温度履歴

炊飯中の温度履歴の測定結果を図 3 に示す。食塩、醤油、清酒、食酢、上白糖を添加した場合は無添加の場合と同様の温度履歴であった。一方カレー粉、トマトペーストを添加した場合は炊飯中の温度上昇が一定でなく、釜内の温度分布も不均一であった。特にトマトペーストは温度の立ち上がりが非常に遅く、これはトマトペーストの固形分が 2.8% と多く、対流が起こりにくかったことが原因の 1 つであると考えられた。

4. 米飯の水分含量

測定結果を表 5 に示す。20℃・1 h 放置後の米飯では、清酒と食酢以外の全ての調味料を添加した場合に、無添加

より有意に水分含量が少なく、5℃・24 h 低温保存後では、無添加に比べ醤油、トマトペーストでも差が見られなくなり、食塩、上白糖、カレー粉は有意に水分が少なかった。トマトペーストについては 20℃・1 h 放置よりも 5℃・24 h 放置後の方が有意に水分含量が高く、水とはほぼ同程度であった理由として、低温保存中の澱粉の老化に伴い、結合水から自由水への変化が大きかったことが考えられた。

5. 米飯の物性

測定結果を図 4 に示す。米飯の硬さは、20℃・1 h 後では食酢を除く全ての調味料で無添加より有意に大きく、5℃・24 h 後では上白糖、カレー粉、トマトペーストで無添加より有意に大きかった。また 5℃・24 h 後では全ての調味料において 20℃・1 h 後より有意に高く測定されており、どの調味料も同様に硬くなることが確認された。

米飯の粘りは、20℃・1 h 後では食酢、カレー粉、トマトペーストが、5℃・24 h 後では醤油、食酢がそれぞれ有意に無添加より大きかった。20℃・1 h 後と比較すると、5℃・24 h 後では全ての調味料で有意に粘りは低下した。

米飯の付着性は、食酢のみが 20℃・1 h 後、5℃・24 h 後ともにいずれの調味料よりも有意に大きかった。一方、トマトペーストは 20℃・1 h 後、5℃・24 h 後ともに無添加よりも有意に小さかった。醤油では 20℃・1 h 後、上白糖、カレー粉では 5℃・24 h 後において無添加より有意に低い値になった。20℃・1 h 後と比較すると、5℃・24 h 後では全ての調味料で有意に付着性は低下した。

食酢は 20℃・1 h 後、5℃・24 h 後ともに硬さにおいて無添加と有意差はないものの、粘り、付着性については有意に高いという結果であった。Ohishi ら²⁰⁾ は酢酸添加による米のタンパク質の溶出、およびアスパラギン酸プロテアーゼによる分解が澱粉の糊化の促進に関わっており、米飯の粘り、付着性およびつやの向上に間接的に寄与していると報告している。本実験で用いた食酢溶液の酢酸濃度は 0.023 M と低濃度であるが、同様の効果をもたらしたもの

図 4 米飯の物性

□: 無添加 ▨: 食塩 ▩: 醤油 ▪: 清酒
 ▫: 食酢 ▬: 上白糖 ▮: カレー粉 ▯: トマトペースト

*: 無添加 (□) に対する有意差 (**: $p < 0.01$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$)

T.U.: Texturometer Unit

と考えられた。

上白糖では20°C・1h後、5°C・24h後ともに無添加よりも有意に水分が少なくて硬かった。一般に上白糖（二糖類）のような低分子の糖質は澱粉の糊化、膨潤を抑制することが知られている²²⁾。この要因として、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ことや、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²³⁾。

カレー粉およびトマトペーストは20°C・1h後において有意に無添加よりも水分が少なくて硬かったにもかかわらず、粘りは有意に大きいという特徴的な性質を示した。トマトペーストについては、飯粒表層に付着したペースト成分が粘りの大きさに影響したものと推察されるが、飯粒自体の硬さが大きいため、付着性は無添加よりも有意に小さかったものと考えられた。

このように添加する調味料の種類によって飯の物性が様々に異なることが明らかになった。米飯の物性には、飯粒表層の濃厚な粘性物質の性状が影響を与えているとの報告もあり^{24)~26)}、調味料を添加した米飯の場合についても今後さらに検討が必要である。

要 約

炊飯時に7種類の調味料（食塩、醤油、清酒、食酢、上白糖、カレー粉、トマトペースト）を添加し、米飯の炊飯特性に及ぼす影響について検討した。

1) 吸水率は全ての調味料において浸漬後30分間の増加が著しく、調味料の添加により、吸水が阻害される傾向が見られ、特に食塩、醤油、トマトペーストで顕著であった。2倍濃度の調味液に浸漬させた場合、ほぼ全ての調味料において、浸漬初期の段階で濃度に依存して吸水が阻害

される傾向があった。食酢浸漬の場合、120 分後の吸水率は 2 倍濃度の方が大きく、長時間の酢酸浸漬に伴って米粒表層のタンパク質が溶出し、水が米の組織内に取り込まれやすい状態になったのではないかと考えられた。

2) 加熱吸水率は 60℃ 以上での増加が著しいが、調味料の添加により、吸水が阻害される傾向が見られ、食塩、醤油、トマトペーストで顕著であった。特に食塩は濃度に依存して吸水が妨げられ、逆に食酢は吸水が促進された。また、全ての調味料において加熱直前に添加した方が吸水が阻害されない傾向が見られた。

3) 炊飯中の温度履歴は食塩、醤油、清酒、食酢、上白糖を添加した場合、無添加とほぼ同様であったが、カレー粉、トマトペーストを添加した場合、炊飯中の温度上昇が一定でなく、釜内の温度分布も不均一であった。特にトマトペーストは温度の立ち上がりが非常に遅かった。

4) 米飯の水分含量は 20℃・1h 放置後において、清酒と食酢を除くいずれにおいても無添加より有意に少なく、5℃・24h 低温保存後では、無添加に比べ食塩、上白糖、カレー粉で有意に少なかった。トマトペーストでは 20℃・1h 放置よりも 5℃・24h 放置後の方が有意に水分含量が高く、澱粉の老化に伴う結合水から自由水への変化が大きかったことが考えられた。

5) 米飯の硬さは、20℃・1h 後では食酢を除く全ての調味料で無添加より有意に大きく、5℃・24h 後では上白糖、カレー粉、トマトペーストで無添加より有意に大きかった。米飯の粘りは、食酢において 20℃・1h 後および 5℃・24h 後ともに無添加より有意に大きかった。米飯の付着性は、食酢で 20℃・1h 後、5℃・24h 後ともにいずれの調味料よりも有意に大きく、一方上白糖、カレー粉、トマトペーストは 5℃・24h 後において無添加より有意に小さかった。

以上の結果を調味料ごとにまとめると、食塩、醤油は吸水を阻害し、水分の少ない硬い飯になった。清酒は吸水を阻害し、水分量に有意差はないものの、硬い飯になった。食酢は吸水を阻害するものの、水分量、硬さに有意差はなく、粘り、付着性の高い飯になった。上白糖、カレー粉、トマトペーストは吸水を阻害し、水分の少ない硬い飯となり、5℃・24h 低温保存後の飯は無添加より硬くて付着性の小さい飯となった。このように本研究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。

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) 池上茂了, 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, 長浜源社, 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) 家庭画報編集部編集, 家庭画報, 料理教室 2, 「ご飯と味噌汁」, (世界文化社, 東京)
- 15) 鈴木 勤編集, 別冊家庭画報, 「おいしいご飯のすべて」, (世界文化社, 東京)
- 16) (社)日本食品科学工学会「新・食品分析法」編集委員会編集「新・食品分析法」, (光琳, 東京), pp. 16-18 (1998).
- 17) 岡部元雄, 米飯の食味に関する研究, *New Food Industry*, **19**, 65-71 (1977).
- 18) 佐藤和重, 永沢 信, 食品の膨潤に関する研究 (第 4 報), 日食工誌, **11**, 1-6 (1964).
- 19) 斎尾恭子, 門間美千子, 豊島英親, 大坪研一, 米粒の組織構造に関する一考察, 食総研報, **58**, 1-6 (1994).
- 20) Ohishi, K., Kasai, M., Shimada, A. and Hatae, K., Effect of acetic acid added to cooking water on the dissolution of proteins and activation of protease in rice, *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 4054-405 (2003).
- 21) 香西みどり, 谷畑早苗, 大石恭子, 島田淳子, 米飯の嗜好的および物理化学的特性に及ぼす酢酸添加の影響, 家政誌, **52**, 1091-1097 (2001).
- 22) Spies, R.D. and Hoseney, R.C., Effect of sugars on starch gelatinization. *Cereal Chem.*, **59**, 128-131 (1982).
- 23) Oosten, B.J. and Breda, Effects of organic molecules on the gelatinization temperature of starch. *Starch*, **36**, 18-23 (1984).
- 24) 洪川祥子, 圧力鍋の炊飯特性について, 家政誌, **27**, 92-99 (1976).
- 25) 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).
- 26) 池田ひろ, 炊飯過程中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).

(平成 16 年 3 月 18 日受付, 平成 16 年 6 月 28 日受理)