

米飯の力学物性測定手法の適用性 第1報

— 測定手法の特徴 —

島田玲子 埼玉大学教育学部生活創造講座

正岡亜紀 埼玉大学大学院教育学研究科

上野茂昭 埼玉大学教育学部生活創造講座

キーワード: 米飯、測定手法、力学物性

1. 目的

米飯は日本人の食事の中心に位置するもので、炊飯条件の検討、添加調味料や保存による影響など、長年にわたり様々な研究がされてきた。おいしさの要因には、味、香りといった化学的要因だけでなく、外観、テクスチャー、音、温度などの物理的要因が関与しており、日本人の多くが好む白飯の条件として「飯粒の形崩れがなく、程よい香りがある、やや甘く、粘ってやわらかい」ことが挙げられる¹⁾。なかでも、米飯のおいしさには、物理的性質である粘りが強く影響を及ぼすことが指摘されており、粘性、弾性が食味の70~80%を占めるといわれる食品である²⁻⁵⁾。そのため米飯のおいしさの評価には官能評価とともに、かたさや凝集性、付着性といった力学物性の測定が大きな役割を担っている。

米飯の物性の測定手法には1粒から数粒並べて測る方法、一定量の飯を容器に量り取り、集団粒を測る方法など様々な方法が用いられている。小田原ら⁶⁾は、冷蔵保存前後の物性を比較するため、1粒法と集団粒法による物性値を比較した結果、集団粒法は粘りの再現性が低いと指摘した。また、畑江ら⁷⁾は、調味料添加によるタイ国産米のかたさと付着性の変化を3粒法と集団粒法で測定し、官能評価の結果をより反映するのは集団粒法であり、付着性に関しては集団粒法と3粒法でほぼ同じ結果が得られたと報告している。さらに、1粒~4粒の飯粒を測定した稲津⁸⁾は、米飯のかたさの値は粒数が多くなるほど大きくなり、付着性の値は3粒までは大きくなるが、3粒と4粒の差は小さく、値の変動はかたさ、付着性ともに3粒までは著しく小さくなるが、3粒と4粒の差はわずかであったと報告している。また、集団粒法には小田原ら⁶⁾、畑江ら⁷⁾が行った炊いた飯を容器に詰めて測定する方法と、容器に米を入れ容器ごと炊き上げて測定する方法とがある。高橋ら⁹⁾は容器ごと炊き上げて測定する方法は試料の均一化に役立ち、迅速・簡便な測定に効果的と述べているが、飯を容器に詰める方法での測定は行っていない。このようにいくつかの組み合わせで測定手法の比較は行われているものの、1粒法、3粒法および2種の集団粒法のすべてを官能評価との関連を含めて比較し、それぞれの測定手法の特徴や傾向を捉えた基礎的データはない。

そこで本研究では、調味料を添加した米飯を、現在おもに用いられている「1粒法」、「3粒法」、米を入れた容器ごと蒸しあげた飯を測る「集団粒法(蒸し)」および炊き上がった飯を容器に詰めて測定する「集団粒法(後詰め)」の4種の測定手法で測定し、得られた物性値を比較検討した。

2. 実験方法

2-1 試料および配合割合

試料には、物性に変化を与え、なおかつ官能評価に供すことも考え、炊き込みご飯を模して塩、醤油、酒を添加した米飯を用いることとした。米は新潟県長岡市小国町産コシヒカリを用い、テクスチャー試験には平成28年度産、破断強度試験および官能評価には平成29年度産のものを使用した。添加する調味料は、塩（食塩、塩事業センター、100 gあたりの食塩相当量99.5 g）、醤油（特選丸大豆醤油、キッコーマン株式会社、100 gあたりの食塩相当量13.9 gおよび水分65.1 g）、酒（料理のための清酒、宝酒造株式会社、100 gあたりの食塩相当量0 gおよび水分85.3 g）とし、水には蒸留水を用いた。

調味料の添加割合は、複数の調理書およびインターネットレシピサイトを参考に、酒は米に対して10%を基準とした。塩の添加量は、醤油と塩の両方を用いたレシピが多かったため、合計塩分量から米に対する塩分濃度を算出し、2%を基準とした。さらに調味料の影響をより明確にするため、基準の1.5倍量を添加した試料、半量を添加した試料、調味料無添加試料を調製した。すなわち、酒の添加量は米に対して0%、5%、10%、15%の4種、塩の添加量は米に対して0%、1%、2%、3%の4種とした。醤油の添加量は、塩と同じ塩分濃度になるよう製品に含まれる塩分から算出した。

炊飯時の加水量は、測定手法によって炊飯方法が変わるため、どの方法でも0%試料の炊き上がり飯の重量が米の約2.3倍となるよう調整し、1粒法と3粒法では1.5倍量に、集団粒法（蒸し）では1.35倍量、集団粒法（後詰め）は1.4倍量を基準とした。塩添加試料では添加割合に関わらず基準の加水量を用い、醤油および酒では、調味料に含まれる水分量を基準の加水量から減じた。そのため、炊飯重量は、調味料の添加割合が高くなるに従って、水以外の成分の重さの分、増加した。各試料の水および調味料の添加割合を表1から表3に示した。

表1 1粒法・3粒法における米に対する水および調味料の添加割合（%）

	無添加	塩添加試料			醤油添加試料			酒添加試料		
	0%	塩 1%	塩 2%	塩 3%	塩分 1%	塩分 2%	塩分 3%	酒 5%	酒 10%	酒 15%
水	150	150	150	150	145.32	140.63	135.94	145.74	141.47	137.21
食塩		1	2	3						
醤油					7.2	14.4	21.6			
酒								5	10	15
合計	150	151	152	153	152.52	155.03	157.54	150.74	151.47	152.21

表2 集団粒法（蒸し）における米に対する水および調味料の添加割合（%）

	無添加	塩添加試料			醤油添加試料			酒添加試料		
	0%	塩 1%	塩 2%	塩 3%	塩分 1%	塩分 2%	塩分 3%	酒 5%	酒 10%	酒 15%
水	135	135	135	135	130.31	125.63	120.94	130.74	126.47	122.21
食塩		1	2	3						
醤油					7.2	14.4	21.6			
酒								5	10	15
合計	135	136	137	138	137.51	140.03	142.54	135.74	136.47	137.21

表3 集団粒法（後詰め）における米に対する水および調味料の添加割合（％）

	無添加	塩添加試料			醤油添加試料			酒添加試料		
	0%	塩 1%	塩 2%	塩 3%	塩分 1%	塩分 2%	塩分 3%	酒 5%	酒 10%	酒 15%
水	140	140	140	140	135.31	140.63	125.94	135.74	131.47	127.21
食塩		1	2	3						
醤油					7.2	14.4	21.6			
酒								5	10	15
合計	140	141	142	143	142.51	155.03	147.54	140.74	141.47	142.21

2-2 試料の調製方法

試料の調製方法は、測定手法によって異なるため、0%試料のテクスチャー測定値に差がないことを予備実験により確認し、以下の通りとした。なお、洗米は物性値にばらつきをもたらすと考え、行わなかった。

(1) 1粒法および3粒法

米 200 g を炊飯器（ライスクッカーミニ，KSC-1510，KOIZUMI）の釜に量り取り、25℃の蒸留水 300 g（米重量の 1.5 倍量）を加え、食品用ラップフィルムをして 25℃の恒温器（BR-23FP，TAITEC）の中で 1 時間浸漬した後、調味料を添加し、薬さじで 20 回攪拌し、炊飯した。自動炊飯終了後、説明書に従い、3 分間蒸らした後、表面部の飯を取り除き、釜肌から 10 mm 以上離れた中心部の飯を取り出して混ぜた後、15 g をポリプロピレン製のタッパーウェア（縦 75×横 55×高さ 30 mm）に入れ、固く絞ったぬれ布巾を被せ、室温で 30 分間放冷し、25℃の恒温器で 120 分間保存したものを測定に供した。炊飯は 3 回行い、1 度の炊飯につき、1 粒法では 20 粒、3 粒法では 10 セットの測定を行った。

(2) 集団粒法（蒸し）

米 20 g をアルミカップ（口径 55×底径 46×高さ 45 mm）9 個に量り取り、25℃の蒸留水 27 g（米重量の 1.35 倍量）を加え、食品用ラップフィルムをして 25℃の恒温器の中で 1 時間浸漬した。調味料を添加し、薬さじで 20 回攪拌した後、アルミ箔で蓋をして蒸し器の上段に並べた。蒸し器の下段に水 2000 g を入れ、IH クッキングヒーター（EIH14V，アイリスオーヤマ）の強火で 15 分、中火で 5 分、弱火で 20 分間加熱した。加熱終了後、室温で 30 分間放冷し、25℃の恒温器で 120 分間保存したものを測定に供した。炊飯は 3 回行った。

(3) 集団粒法（後詰め）

米 650 g を 5.5 合炊きマイコンジャー炊飯器（YEC-M10D1，ヤマダ電機）の釜に量り取り、25℃の蒸留水 910 g（米重量の 1.4 倍量）を加え、食品用ラップフィルムをして 25℃の恒温器の中で 1 時間浸漬した。調味料を添加し、薬さじで 20 回攪拌した後、普通炊飯モードで炊飯した。自動炊飯終了後、表面部の飯を取り除き、釜肌から 10 mm 以上離れた中心部から飯を取り出して混ぜた後、550 g をポリプロピレン製のタッパーウェア（縦 260×横 190×高さ 89 mm）に入れ、固く絞ったぬれ布巾を被せ、室温で 30 分間放冷し、25℃の恒温器で 120 分間保存した後、集団粒法（蒸し）と同様のアルミカップに 46 g 詰めたものを測定に供した。炊飯は 3 回行った。

2-3 炊飯による重量変化

1 粒法、3 粒法では 3 分間蒸らした直後、集団粒法（後詰め）では自動炊飯終了直後に内釜ごと重量を測定し、内釜の重量を減じて炊き上がり飯の重量とした。集団粒法（蒸し）では、25℃保存後、アルミカップ

ごと重量を測定し、アルミカップの重量を減じて炊き上がり飯の重量とした。炊飯による重量変化率は次式により求めた。

$$\text{炊飯による重量変化率 (\%)} = (\text{炊き上がり飯の重量 (g)} / \text{用いた米重量 (g)}) \times 100$$

2-4 物性測定

クリープメータ (RE2-3305B, YAMADEN) を使用し、テクスチャー試験によるかたさ、凝集性、付着性、付着力、および破断強度試験による破断応力、破断歪率、破断変形、破断エネルギー、総エネルギーの測定を行った。

テクスチャー測定では、飯粒の表面部および内部のテクスチャーを測るため、歪率 20% および 80% で測定した。その他の測定条件は、ロードセルは 200 N、プランジャーは直径 12.7 mm のアクリル円柱型、圧縮回数は連続 2 回、圧縮速度は 1 mm/秒、格納ピッチは 1 粒法と 3 粒法では 0.03 秒、集団粒法では 0.07 秒、アンプ倍率は 1 粒法と集団粒法では 10 倍、3 粒法では 1 倍とした。

破断強度試験の測定条件は、ロードセルは 200 N、プランジャーはアクリルくさび型 (幅 1 mm × 長さ 30 mm)、圧縮回数は 1 回、圧縮速度は 1 mm/秒、歪率は 100%、アンプ倍率は 10 倍とした。格納ピッチは 1 粒法と 3 粒法では 0.01 秒、集団粒法では 0.16 秒とした。なお、集団粒法 (後詰め) は、テクスチャー試験の値が集団粒法 (蒸し) と似た傾向を示したため、破断強度測定は行わなかった。

3 粒法では、米飯 3 粒を横に並べて測定した。2 種の集団粒法では、飯粒間の間隙を少なくして、個体差を小さくする目的で測定前に米飯を圧縮した。圧縮にはクリープメータを用い、直径 40 mm のアクリル円柱型プランジャーで 0.1 N の荷重を 10 秒間かけた。なお、圧縮の有無の影響をテクスチャー測定で検討した結果、かたさにはほとんど変化がなかったが、凝集性と付着性は圧縮により変動率 (標準偏差 / 平均値) が小さくなった。

テクスチャー測定と破断強度測定の結果は類似していたため、本稿ではテクスチャー測定によるかたさ、付着性、付着力の結果を中心に報告する。

2-5 統計処理

測定後、平均値および標準偏差を求め、平均値を中心として標準偏差の 2 倍範囲内にないものを 95% 信頼区間外の値として取り除いた後、各測定手法内の試料間の差の検定を行った。統計ソフト「虎猫」(講談社サイエンティフィク) を用いて、等分散のものは Tukey-Kramer の方法、不等分散のものは Steel-Dwass の方法によって多重比較を行った。

3. 結果

3-1 塩添加試料 (表 4~13)

重量変化率 (表 4) は、集団粒法 (蒸し) のみ、塩添加によって増加した。調味料を添加すると、加えられた調味料の分、炊き上がり飯の重量も大きくなると考えられたが、1 粒法、3 粒法、集団粒法 (後詰め) では変化が見られなかった。かたさ (表 5) は、1 粒法と 3 粒法では、表面部 (歪率 20%)、内部 (歪率 80%) とともに有意差は見られなかった。一方、集団粒法 (蒸し) は、表面部においても内部においても塩添加によりかたくなる傾向が見られた。集団粒法 (後詰め) は、表面部では塩 0% 試料よりも塩 2% 試料と塩 3% 試料が有意にかたく、内部では塩 0% 試料から塩 1% 試料にかけては有意にかたくなったものの、塩 1%

試料から塩2%試料にかけてはかたさが小さくなった。付着性（表7）は、表面部ではすべての測定手法で塩添加により小さくなる傾向が見られた。内部の付着性は、1粒法と集団粒法（蒸し）ではすべての試料間に有意差がなく、集団粒法（後詰め）はいくつかの試料間に有意差が見られるものの一定の傾向は認められなかった。3粒法では、表面部と同様に塩添加によって付着性が低下する傾向が見られた。付着力（表8）は、表面部では集団粒法（後詰め）を除くすべての測定手法で塩添加によって小さくなる傾向が見られ、表面部の付着性と同様の傾向を示した。内部の付着力は、1粒法以外ではすべて差がなく、1粒法でも一定の傾向は見られなかった。

3-2 醤油添加試料（表14～23）

重量変化率（表14）は、集団粒法（蒸し）で醤油添加によって大きくなる傾向が見られたが、その他の測定手法では一定の傾向は見られなかった。かたさ（表15）は、1粒法と3粒法では、表面部に有意差は見られなかったが、内部では、塩分3%試料がその他の試料に比べて有意にかたかった。集団粒法（蒸し）では、表面部に有意差は見られなかったものの醤油添加によってかたくなる傾向が見られ、内部は醤油添加によって有意にかたくなった。集団粒法（後詰め）では、表面部においては醤油3%試料がその他の試料に比べて有意にかたかったが、内部では有意差は見られなかった。付着性（表17）は1粒法と3粒法では、表面部、内部ともに醤油添加によって小さくなった。集団粒法（蒸し）では、表面部の付着性の醤油添加による変化は見られず、内部では付着性が大きくなった。集団粒法（後詰め）では、表面部の付着性は醤油添加によって小さくなり、内部では一定の傾向は見られなかった。付着力（表18）は、1粒法と3粒法の表面部では、醤油添加によって小さくなり、内部では一定の傾向が見られなかった。集団粒法（蒸し）では、表面部の付着力には一定の傾向は見られず、内部は醤油添加によって大きくなった。集団粒法（後詰め）では、表面部の付着力が醤油添加によって小さくなり、内部においては、塩分3%試料が他の試料よりも小さくなった。

3-3 酒添加試料（表24～33）

重量変化率（表24）は、集団粒法（蒸し）では酒添加によって小さくなる傾向が見られた。かたさ（表25）は、表面部では1粒法、3粒法および集団粒法（蒸し）でいくつかの試料間に有意差が見られたが、酒添加による一定の傾向は見られなかった。集団粒法（後詰め）でも酒添加による影響は見られなかった。付着性（表27）は、集団粒法（後詰め）では、表面部、内部ともに酒添加による影響は見られなかった。また、集団粒法（蒸し）の内部では、添加割合が大きくなるに従って付着性の値も大きくなったが、その他の測定手法ではいくつかの試料間で有意差が見られたが、酒添加による一定の傾向は得られなかった。付着力（表28）は、表面部では1粒法と3粒法で酒15%試料が他の試料に比べて大きくなった。集団粒法（蒸し）では、表面部、内部ともに酒0%試料に比べて酒10%試料と酒15%試料の付着力が大きくなった。集団粒法（後詰め）では、酒添加による影響は見られなかった。

4. 考察

重量変化率は、1粒法、3粒法、集団粒法（後詰め）では調味料添加による変化がないか、または添加割

合と関連した変化は見られなかった。一方、集団粒法（蒸し）では、塩添加と醤油添加では添加割合が大きくなるに従って変化率、すなわち炊き上がり重量が大きくなり、反対に酒添加では小さくなった。1粒法、3粒法、集団粒法（後詰め）は自動炊飯器を用いて炊飯しているため、炊飯重量等によりある程度火力が調整されているのに対し、集団粒法（蒸し）は蒸し器を用いてすべての試料が同じ加熱条件で炊飯されているため、調味料添加による影響が大きく表れると考えられる。塩添加と醤油添加では添加割合が増えるに従って炊飯重量が増加しているため、炊き上がり飯の重量も大きくなったと考えられる。一方、酒添加では添加割合が増えても、加水量を減らしているため、炊飯重量の増加は小さい。また酒には13～14%のアルコールが含まれるため、加熱により揮発し、炊き上がり飯の重量が小さくなったと考えられる。

塩添加試料のかたさは、表面部（歪率20%）および内部（歪率80%）のいずれも、1粒法および3粒法では変化がなく、集団粒法では調味料添加割合が大きくなるに従ってかたくなった。これは、塩添加による米飯のかたさの変化が、飯粒ひとつひとつというよりもむしろ米飯の塊としての変化であったことを示唆している。伊藤ら^{10,11)}は、塩の添加は、米澱粉の糊化膨潤に必要なエネルギー量を増大させることで加熱吸水率の低下を招くと報告している。また大西ら¹²⁾は、塩は吸水を阻害し、吸水されなかった水が飯表層部の澱粉の糊化を容易にすると報告しており、この形成された糊化層が飯粒同士の接着を強固にしたことで、米飯の塊としてのかたさが増したと考えられる。3粒法と集団粒法でかたさを測定した畑江ら⁷⁾も、集団粒法で調味料添加の影響がより反映されたと報告している。一方、3粒法で測定した伊藤ら¹⁰⁾は、塩添加により米飯が有意にかたくなったと報告している。米は、品種によって粗タンパク質量やアミロース含量が異なるため、米の品種により塩添加の影響が異なることが報告されており¹²⁾、米の品種の違い等が結果に影響を与えた可能性が考えられた。醤油添加試料では、表面部のかたさは塩添加試料と似た挙動を示したが、内部のかたさは4種の測定手法すべてで、添加割合が多くなるに従ってかたさも大きくなる傾向を示した。同じ塩分濃度でありながら、塩添加試料と異なる結果が得られた要因として、醤油に含まれる有機酸や遊離アミノ酸などが挙げられる。中谷ら^{13,14)}は大豆、大根、ジャガイモの加熱調理に醤油が及ぼす影響を検討し、食塩を添加した場合よりも醤油を添加した場合の方がかたくなると報告しており、その要因は醤油に含まれる数種類の有機酸と遊離アミノ酸であるとしている。米飯の場合も同様に、醤油に含まれる有機酸や遊離アミノ酸によって米飯がかたくなった可能性が考えられる。酒添加試料のかたさは、1粒法および3粒法で、10%添加によりかたさが小さくなるという結果となった。醤油添加試料でも、有意差はないものの同様の傾向がみられたことから、アルコールやアミノ酸等の影響が考えられたが、さらなる研究が必要である。また、集団粒法（蒸し）で酒添加割合が大きくなるに従ってかたさも大きくなったのは、炊き上がり飯の重量が小さくなったことの影響と考えられた。

塩添加試料および醤油添加試料の米飯表面部の付着性は、1粒法、3粒法で低下したが、これは塩に米内部の成分が溶出するのを抑制する働きがある¹¹⁾ことが要因として考えられる。米飯は、米の細胞壁内にある澱粉が溶出し周囲に澱粉層ができることで程よい粘りを持つようになるとされているが¹⁵⁾、塩分が添加されることによって澱粉の溶出量が減り、付着性が低下したと考えられる。内部の付着性は、塩添加試料の1粒法で試料間に有意差が見られなかったが、これは米飯の個体差が大きく、値の変動が激しかったことが要因として考えられる。辻¹⁶⁾や稲津⁸⁾は個体差を小さくして測定回数を減らすため、それぞれ3粒と5粒並べる手法を選択していたが、本実験においても1粒法よりも3粒法の方が比較的変動が小さく、3粒法の再現性が高いことが示唆された。集団粒法（蒸し）と集団粒法（後詰め）は3粒法よりもさらに変動率は小さいものの、内部測定時にプランジャーに米粒が複数ついてしまったり、しっかりと容器を固定していなければ容器が宙

に浮いてしまったりすることがあった。米粒がプランジャーについてしまうことは、歪率 80% のような高圧縮で測定する場合、抑制することが難しいため、そのまま測定を行ったが、付着性の測定には不向きであることが考えられる。さらに、内部の付着性は表面部の付着性とは異なり、澱粉溶出だけではない飯中心部の粘りや弾力などの要素も含まれるため、表面部とは異なる結果が得られたと考えられる。酒添加試料では、塩添加試料、醤油添加試料とは逆に、添加により付着性が高くなる傾向がみられた。伊藤ら¹⁰⁾は、酒添加米飯と無添加米飯の付着性に差が見られなかったと報告している。一方、丸山ら¹⁷⁾は、酒添加米飯は無添加米飯に比べて、若干付着性を増したと報告しているが、メカニズムについては言及していない。本実験では、表面部においてすべての測定手法で一定の傾向が見られず、伊藤らの報告と類似した結果であった。

付着力は、塩添加試料および醤油添加試料の表面部では付着性と似た挙動を示したが、内部では異なる挙動を示した。また、酒添加試料では、付着性と似た挙動を示した。付着性と付着力は米飯に関する研究において用いられてきたが、両者に相関がみられたもの^{8, 18)}もあれば、そうでないもの¹⁰⁾もある。本実験では付着性と付着力は測定手法によって違う傾向を示し、どちらのパラメータが官能評価と相関があるのか検討する必要がある。

5. 各測定手法の特徴および傾向

5-1 1 粒法

1 粒法によるかたさは、表面部、内部ともに調味料添加による一定の傾向を示さなかった。破断強度試験でもほとんどの測定項目で調味料添加による影響が見られず、1 粒法によるかたさの測定はテクスチャー試験、破断強度試験ともに試料の傾向を捉えることが難しかった。一方、付着性や付着力は 1 粒法によって傾向を捉えることができた。特に、低圧縮で米の表面部の付着性や付着力の変化を捉えることが可能であった。

5-2 3 粒法

3 粒法によるかたさは、1 粒法と同様に、ほとんどの試料で表面部、内部ともに調味料添加による一定の傾向を示さなかった。破断強度試験でもほとんどの測定項目で一定の傾向が得られず、1 粒法と同様に 3 粒法によるかたさの測定はテクスチャー試験、破断強度ともに試料の傾向を捉えることが難しかった。一方、付着性や付着力は 3 粒法によって傾向を捉えることができ、特に付着性は表面部、内部ともに傾向を捉えることができた。内部の付着性は他の測定手法では傾向を捉えることが難しく、米飯の内部の付着性を測定するには 3 粒法が適していると考えられた。

5-3 集団粒法（蒸し）

集団粒法（蒸し）によるかたさは、ほとんどの試料で表面部、内部ともに調味料添加による一定の傾向を示した。破断強度試験でも、多種の測定項目で調味料添加による影響を捉えており、集団粒法（蒸し）はかたさの変化を捉えやすい測定方法であると考えられる。一方、付着力や付着性への調味料添加による影響を捉えるのは、1 粒法や 3 粒法に比べて難しかった。特に高圧縮の測定の場合、プランジャーに米粒がついたり、容器ごと持ち上がったりすることがあり、内部の付着性の測定には不向きであった。

5-4 集団粒法（後詰め）

集団粒法（後詰め）は、集団粒法（蒸し）と異なり、表面部、内部ともに調味料添加による一定の傾向が見られず、米飯のかたさの変化が捉えにくかった。付着性や付着力は特に表面部において、集団粒法（蒸し）よりとらえやすかったが、3 粒法の方がより捉えやすいと考えられた。また、集団粒法（蒸し）と同様、内部の付着性の測定には不向きであった。

表 4 塩添加試料の重量変化率（％）

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法・3粒法	235.68±1.04 a	234.76±1.21 a	235.34±2.02 a	235.37±0.85 a
集団粒法（蒸し）	231.87±0.55 a	234.00±0.39 b	234.96±1.28 c	235.86±0.63 d
集団粒法（後詰め）	232.03±1.09 a	231.18±1.35 a	231.95±1.12 a	232.86±0.54 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表 5-1 塩添加試料のかたさ（歪率 20%）（N）

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	0.77±0.15 a	0.76±0.16 a	0.74±0.14 a	0.78±0.19 a
3粒法	1.43±0.26 a	1.38±0.32 a	1.46±0.28 a	1.28±0.26 a
集団粒法（蒸し）	1.75±0.13 a	1.82±0.11 a	1.86±0.18 a	2.11±0.23 b
集団粒法（後詰め）	0.90±0.11 a	0.98±0.12 ab	1.01±0.12 b	1.02±0.16 b

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表 5-2 塩添加試料のかたさ（歪率 80%）（N）

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	10.27±2.42 a	11.37±2.64 a	11.00±2.79 a	10.94±2.00 a
3粒法	24.20±2.90 a	24.30±3.92 a	24.54±4.86 a	23.51±5.00 a
集団粒法（蒸し）	5.26±0.31 a	5.75±0.27 b	5.82±0.23 b	6.16±0.36 c
集団粒法（後詰め）	3.84±0.30 a	4.30±0.50 b	3.92±0.32 a	4.16±0.40 ab

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表 6-1 塩添加試料の凝集性（歪率 20%）（－）

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	0.75±0.03 ab	0.76±0.03 a	0.75±0.03 a	0.73±0.03 b
3粒法	0.79±0.03 a	0.79±0.77 a	0.77±0.03 ab	0.76±0.03 b
集団粒法（蒸し）	0.49±0.03 a	0.47±0.03 ab	0.46±0.01 b	0.47±0.03 ab
集団粒法（後詰め）	0.62±0.03 a	0.59±0.03 b	0.58±0.02 b	0.57±0.02 b

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表 6-2 塩添加試料の凝集性（歪率 80%）（－）

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	0.39±0.05 ab	0.41±0.05 a	0.39±0.05 b	0.38±0.04 b
3粒法	0.33±0.03 a	0.32±0.04 ab	0.32±0.03 ab	0.31±0.03 b
集団粒法（蒸し）	0.31±0.02 a	0.32±0.03 a	0.32±0.04 a	0.31±0.04 a
集団粒法（後詰め）	0.35±0.02 a	0.35±0.03 a	0.34±0.04 a	0.34±0.03 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表 7-1 塩添加試料の付着性（歪率 20%）（J/m³）

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	264.52±119.74 a	204.91±89.79 b	197.45±83.81 b	170.82±61.44 b
3粒法	406.69±147.16 a	336.52±146.86 a	345.73±118.22 a	241.15±68.51 b
集団粒法（蒸し）	115.60±45.64 a	33.33±9.85 b	36.01±11.81 b	44.31±16.64 b
集団粒法（後詰め）	108.65±23.54 a	100.22±34.15 ab	84.09±12.00 b	74.37±19.73 b

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表 7-2 塩添加試料の付着性（歪率 80%）（J/m³）

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	4.42±1.05 a	4.51±0.92 a	4.28±1.40 a	4.33±1.21 a
3粒法	9.72±1.49 a	9.49±1.85 ab	8.44±2.18 bc	7.46±1.99 c
集団粒法（蒸し）	2.64±0.37 a	2.48±0.22 a	2.64±0.43 a	0.27±0.29 a
集団粒法（後詰め）	1.27±0.10 ac	1.39±0.17 a	1.15±0.14 b	1.16±0.10 bc

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表 8-1 塩添加試料の付着力（歪率 20%）（N）

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	0.17±0.04 a	0.16±0.04 ab	0.15±0.04 b	0.15±0.04 ab
3粒法	0.27±0.07 a	0.24±0.07 ab	0.25±0.06 ab	0.23±0.05 b
集団粒法（蒸し）	0.19±0.03 a	0.11±0.02 b	0.11±0.01 b	0.12±0.02 b
集団粒法（後詰め）	0.18±0.03 a	0.19±0.03 a	0.19±0.02 a	0.19±0.03 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表 8-2 塩添加試料の付着力（歪率 80%）（N）

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	2.16±0.50 a	2.33±0.55 ab	2.44±0.61 b	2.35±0.53 ab
3粒法	4.54±0.80 a	4.47±0.87 a	4.67±1.17 a	4.43±0.85 a
集団粒法（蒸し）	1.25±0.14 a	1.28±0.17 a	1.22±0.15 a	1.28±0.16 a
集団粒法（後詰め）	0.88±0.07 a	0.98±0.21 a	0.90±0.14 a	0.93±0.09 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表 9 塩添加試料の破断応力 ($\times 10^4 \text{Pa}$)

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	56.50 \pm 15.35 a	57.05 \pm 14.96 a	61.32 \pm 14.33 a	59.32 \pm 15.96 a
3粒法	15.10 \pm 5.24 a	16.73 \pm 2.55 a	18.51 \pm 3.80 ab	18.83 \pm 2.39 b
集団粒法 (蒸し)	61.20 \pm 2.99 a	60.98 \pm 3.31 a	60.20 \pm 3.28 a	60.70 \pm 3.26 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた ($P<0.05$) 平均値 \pm 標準偏差

表 10 塩添加試料の破断変形 (mm)

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	1.02 \pm 0.16 a	0.98 \pm 0.17 a	1.05 \pm 0.15 a	1.00 \pm 0.16 a
3粒法	1.25 \pm 0.15 a	1.23 \pm 0.16 a	1.28 \pm 0.16 a	1.21 \pm 0.17 a
集団粒法 (蒸し)	32.57 \pm 0.56 a	32.57 \pm 0.68 a	32.63 \pm 0.42 a	33.14 \pm 0.55 b

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた ($P<0.05$) 平均値 \pm 標準偏差

表 11 塩添加試料の破断歪率 (%)

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	45.94 \pm 7.45 a	44.49 \pm 8.20 a	47.78 \pm 6.10 a	45.88 \pm 7.18 a
3粒法	53.38 \pm 6.28 a	52.66 \pm 6.74 a	54.17 \pm 5.52 a	50.56 \pm 7.23 a
集団粒法 (蒸し)	99.38 \pm 0.30 a	99.42 \pm 0.27 a	99.37 \pm 0.20 a	99.18 \pm 0.64 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた ($P<0.05$) 平均値 \pm 標準偏差

表 12 塩添加試料の破断エネルギー ($\times 10^4 \text{J/m}^3$)

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	15.04 \pm 5.73 a	14.80 \pm 5.42 a	16.81 \pm 4.41 a	16.07 \pm 6.44 a
3粒法	4.45 \pm 1.78 a	4.89 \pm 1.21 ab	5.61 \pm 1.42 b	5.27 \pm 1.16 ab
集団粒法 (蒸し)	20.32 \pm 1.01 a	20.37 \pm 1.03 a	20.90 \pm 0.83 ab	21.09 \pm 0.60 b

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた ($P<0.05$) 平均値 \pm 標準偏差

表 13 塩添加試料の総エネルギー ($\times 10^4 \text{J/m}^3$)

	0%試料	塩1%試料	塩2%試料	塩3%試料
1粒法	79.01 \pm 20.27 a	89.95 \pm 21.65 ab	97.51 \pm 25.20 b	93.10 \pm 21.22 b
3粒法	16.77 \pm 4.70 a	18.24 \pm 2.51 a	20.19 \pm 4.26 ab	20.24 \pm 2.06 b
集団粒法 (蒸し)	20.64 \pm 1.01 a	20.62 \pm 1.06 a	21.30 \pm 0.73 b	21.54 \pm 0.50 b

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた ($P<0.05$) 平均値 \pm 標準偏差

表 14 醤油添加試料の重量変化率 (%)

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法・3粒法	236.93±0.16 ab	236.35±0.57 ab	236.01±0.61 a	238.04±0.91 b
集団粒法 (蒸し)	232.47±0.44 a	234.22±0.58 b	237.05±0.74 c	239.27±0.71 d
集団粒法 (後詰め)	231.79±0.54 a	234.02±1.48 a	232.94±0.52 a	233.25±2.09 a
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値±標準偏差

表 15-1 醤油添加試料のかたさ (歪率 20%) (N)

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	0.66±0.13 a	0.69±0.13 a	0.71±0.16 a	0.75±0.19 a
3粒法	1.33±0.28 a	1.50±0.34 a	1.36±0.40 a	1.42±0.38 a
集団粒法 (蒸し)	1.81±0.12 a	1.86±0.15 a	1.91±0.15 a	1.92±0.16 a
集団粒法 (後詰め)	0.87±0.07 a	0.96±0.10 a	0.93±0.12 a	1.12±0.07 b
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値±標準偏差

表 15-2 醤油添加試料のかたさ (歪率 80%) (N)

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	9.82±2.34 a	9.06±1.63 a	9.50±2.10 a	11.47±3.36 b
3粒法	19.87±3.69 a	20.30±2.91 a	18.99±2.74 a	24.40±4.13 b
集団粒法 (蒸し)	5.32±0.46 a	6.06±0.20 b	6.19±0.27 b	7.07±0.055 c
集団粒法 (後詰め)	3.42±0.34 a	3.56±0.32 a	3.65±0.20 a	3.72±0.37 a
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値±標準偏差

表16-1 醤油添加試料の凝集性 (歪率 20%) (一)

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	0.75±0.03 a	0.73±0.03 ab	0.73±0.03 b	0.70±0.04 c
3粒法	0.79±0.02 a	0.77±0.04 ab	0.76±0.05 b	0.75±0.03 b
集団粒法 (蒸し)	0.51±0.02 a	0.48±0.03 ac	0.45±0.01 b	0.46±0.02 bc
集団粒法 (後詰め)	0.57±0.03 a	0.59±0.02 ab	0.59±0.02 ab	0.60±0.02 b
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値±標準偏差

表16-2 醤油添加試料の凝集性 (歪率 80%) (一)

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	0.40±0.05 a	0.40±0.04 ab	0.38±0.05 bc	0.36±0.04 c
3粒法	0.34±0.04 a	0.33±0.03 b	0.30±0.04 c	0.27±0.03 c
集団粒法 (蒸し)	0.33±0.02 a	0.31±0.02 a	0.34±0.03 a	0.34±0.03 a
集団粒法 (後詰め)	0.32±0.03 a	0.34±0.02 a	0.33±0.02 a	0.34±0.03 a
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値±標準偏差

表17-1 醤油添加試料の付着性（歪率 20%）（J/m³）

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	270.59±86.61 a	162.36±45.36 b	104.21±35.03 c	101.15±33.68 c
3粒法	511.89±237.62 a	355.12±147.63 b	180.72±84.99 c	171.38±70.72 c
集団粒法（蒸し）	96.63±64.05 a	105.27±39.00 a	119.11±42.79 a	80.33±41.74 a
集団粒法（後詰め）	94.36±22.33 a	66.41±13.97 b	34.44±7.76 c	26.13±7.65 c

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05）

平均値±標準偏差

表17-2 醤油添加試料の付着性（歪率 80%）（J/m³）

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	4.55±1.20 a	3.77±0.79 b	3.21±1.08 c	3.01±0.87 c
3粒法	9.09±1.72 a	7.28±1.31 b	5.88±1.25 c	4.26±1.37 d
集団粒法（蒸し）	2.36±1.16 a	2.72±2.60 b	2.73±3.63 b	2.74±3.54 b
集団粒法（後詰め）	1.05±0.15 ab	1.08±0.09 a	0.95±0.12 b	0.99±0.13 ab

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05）

平均値±標準偏差

表18-1 醤油添加試料の付着力（歪率 20%）（N）

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	0.17±0.04 a	0.14±0.03 b	0.11±0.03 c	0.11±0.02 c
3粒法	0.28±0.08 a	0.23±0.07 ab	0.17±0.05 c	0.17±0.05 c
集団粒法（蒸し）	0.13±0.04 a	0.12±0.02 a	0.11±0.02 a	0.13±0.04 a
集団粒法（後詰め）	0.19±0.01 a	0.16±0.02 b	0.12±0.02 c	0.12±0.02 c

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05）

平均値±標準偏差

表18-2 醤油添加試料の付着力（歪率 80%）（N）

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	2.08±0.68 ab	1.81±0.44 a	1.91±0.53 a	2.40±0.80 b
3粒法	3.89±0.80 ab	3.52±0.69 a	3.71±0.75 a	4.43±1.11 b
集団粒法（蒸し）	1.08±0.11 a	1.32±0.16 b	1.25±0.10 b	1.72±0.45 b
集団粒法（後詰め）	0.75±0.12 a	0.75±0.09 a	0.69±0.10 a	0.57±0.05 b

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05）

平均値±標準偏差

表 19 醤油添加試料の破断応力 ($\times 10^4 \text{Pa}$)

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	56.50 \pm 15.35 a	62.23 \pm 17.40 a	62.51 \pm 17.72 a	59.03 \pm 16.43 a
3粒法	15.10 \pm 5.24 a	17.69 \pm 2.76 a	18.61 \pm 3.54 a	18.58 \pm 4.46 a
集団粒法 (蒸し)	61.20 \pm 2.99 a	61.22 \pm 3.45 a	62.97 \pm 3.39 a	61.84 \pm 2.73 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた ($P < 0.05$) 平均値 \pm 標準偏差

表 20 醤油添加試料の破断変形 (mm)

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	1.02 \pm 0.16 a	1.00 \pm 0.14 ab	0.98 \pm 0.16 ab	0.94 \pm 0.13 b
3粒法	1.25 \pm 0.15 ab	1.25 \pm 0.11 ab	1.21 \pm 0.12 a	1.31 \pm 0.15 b
集団粒法 (蒸し)	32.57 \pm 0.56 ab	32.39 \pm 0.53 a	31.60 \pm 1.77 a	32.97 \pm 0.53 b

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた ($P < 0.05$) 平均値 \pm 標準偏差

表 21 醤油添加試料の破断歪率 (%)

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	45.94 \pm 7.45 a	45.99 \pm 6.34 a	44.12 \pm 7.13 ab	42.06 \pm 6.35 b
3粒法	53.38 \pm 6.28 ab	53.65 \pm 4.41 ab	50.70 \pm 4.34 a	54.88 \pm 6.17 b
集団粒法 (蒸し)	99.38 \pm 0.30 a	99.22 \pm 0.31 a	97.03 \pm 3.24 b	99.12 \pm 0.38 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた ($P < 0.05$) 平均値 \pm 標準偏差

表 22 醤油添加試料の破断エネルギー ($\times 10^4 \text{J/m}^3$)

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	15.04 \pm 5.73 a	16.38 \pm 5.72 a	16.77 \pm 6.81 a	14.21 \pm 4.56 a
3粒法	4.45 \pm 1.78 a	4.93 \pm 0.93 a	5.13 \pm 1.19 a	5.53 \pm 1.61 a
集団粒法 (蒸し)	20.32 \pm 1.01 a	20.78 \pm 1.55 ab	22.41 \pm 2.67 b	21.64 \pm 0.92 b

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた ($P < 0.05$) 平均値 \pm 標準偏差

表 23 醤油添加試料の総エネルギー ($\times 10^4 \text{J/m}^3$)

	0%試料	塩分1%試料	塩分2%試料	塩分3%試料
1粒法	79.01 \pm 20.27 a	71.68 \pm 23.99 a	76.73 \pm 21.04 a	75.86 \pm 18.86 a
3粒法	16.77 \pm 4.70 a	16.74 \pm 2.33 a	18.00 \pm 2.86 a	18.84 \pm 3.68 a
集団粒法 (蒸し)	20.64 \pm 1.01 a	21.29 \pm 1.54 ab	23.66 \pm 3.91 b	22.05 \pm 1.01 b

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた ($P < 0.05$) 平均値 \pm 標準偏差

表24 酒添加試料の重量変化率 (%)

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法・3粒法	235.05±1.96 a	236.37±2.06 a	235.66±1.14 a	233.48±3.34 a
集団粒法 (蒸し)	235.68±1.04 a	229.14±1.78 b	226.95±0.70 c	226.48±0.68 d
集団粒法 (後詰め)	231.05±0.35 a	231.31±1.72 a	231.41±0.76 a	231.45±0.26 a
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値±標準偏差

表25-1 酒添加試料のかたさ (歪率 20%) (N)

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	0.65±0.15 a	0.64±0.14 ab	0.58±0.12 b	0.75±0.16 c
3粒法	1.21±0.30 ab	1.19±0.37 ab	1.04±0.27 a	1.33±0.21 b
集団粒法 (蒸し)	1.87±0.16 ab	1.84±0.14 a	1.93±0.09 ab	1.98±0.18 b
集団粒法 (後詰め)	0.85±0.09 a	0.88±0.12 a	0.89±0.12 a	0.79±0.12 a
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値±標準偏差

表25-2 酒添加試料のかたさ (歪率 80%) (N)

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	10.64±1.76 a	9.95±2.44 a	7.07±1.07 b	9.66±2.55 a
3粒法	20.44±3.31 a	21.71±4.07 a	15.32±3.15 b	22.47±3.82 a
集団粒法 (蒸し)	5.57±0.47 a	5.90±0.40 a	6.36±0.18 b	6.55±0.33 b
集団粒法 (後詰め)	3.53±0.46 a	3.57±0.29 a	3.54±0.29 a	3.54±0.31 a
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値±標準偏差

表26-1 酒添加試料の凝集性 (歪率 20%) (一)

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	0.79±0.05 a	0.77±0.05 a	0.78±0.04 a	0.77±0.05 a
3粒法	0.82±0.03 a	0.81±0.05 a	0.81±0.03 a	0.83±0.03 a
集団粒法 (蒸し)	0.50±0.02 a	0.51±0.03 a	0.50±0.02 a	0.50±0.02 a
集団粒法 (後詰め)	0.59±0.03 a	0.57±0.03 a	0.58±0.04 a	0.61±0.04 a
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値±標準偏差

表26-2 酒添加試料の凝集性 (歪率 80%) (一)

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	0.43±0.06 ab	0.43±0.05 ab	0.42±0.03 a	0.44±0.05 b
3粒法	0.38±0.04 a	0.37±0.03 a	0.38±0.04 a	0.38±0.03 a
集団粒法 (蒸し)	0.33±0.04 a	0.33±0.03 a	0.32±0.03 a	0.34±0.03 a
集団粒法 (後詰め)	0.34±0.03 a	0.34±0.03 a	0.35±0.02 b	0.37±0.03 b
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値±標準偏差

表27-1 酒添加試料の付着性（歪率 20%）（J/m³）

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	308.77±120.11 a	243.14±83.61 b	253.75±96.21 b	344.69±167.68 a
3粒法	522.48±198.59 a	462.15±177.80 a	560.01±248.65 ab	688.20±229.34 b
集団粒法（蒸し）	67.10±13.39 a	118.37±59.87 abc	159.81±38.82 b	100.93±27.57 c
集団粒法（後詰め）	113.02±32.61 a	107.07±40.14 a	102.95±26.38 a	97.26±28.00 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表27-2 酒添加試料の付着性（歪率 80%）（J/m³）

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	4.78±1.08 a	4.56±1.22 a	3.47±0.78 b	4.49±1.31 a
3粒法	8.95±1.35 ab	9.58±1.78 ac	8.23±1.44 b	10.16±1.64 c
集団粒法（蒸し）	2.42±0.26 a	2.48±0.30 ab	2.65±0.25 ab	2.76±0.36 b
集団粒法（後詰め）	1.14±0.11 a	1.17±0.13 a	1.19±0.10 a	1.19±0.14 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表28-1 酒添加試料の付着力（歪率 20%）（N）

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	0.17±0.03 a	0.16±0.04 a	0.16±0.03 a	0.21±0.08 b
3粒法	0.29±0.09 a	0.25±0.07 a	0.25±0.08 a	0.35±0.06 b
集団粒法（蒸し）	0.15±0.02 a	0.16±0.04 ac	0.21±0.03 b	0.19±0.03 bc
集団粒法（後詰め）	0.19±0.03 a	0.19±0.03 a	0.19±0.03 a	0.17±0.03 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表28-2 酒添加試料の付着力（歪率 80%）（N）

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	2.15±0.59 a	2.16±0.67 a	1.06±0.38 b	1.91±0.92 a
3粒法	3.77±0.94 a	3.74±1.03 a	2.24±0.61 b	3.90±1.28 a
集団粒法（蒸し）	1.13±0.13 a	1.23±0.11 a	1.30±0.22 ab	1.42±0.15 a
集団粒法（後詰め）	0.77±0.11 a	0.85±0.11 a	0.79±0.06 a	0.82±0.07 a

異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた（P<0.05） 平均値±標準偏差

表 29 酒添加試料の破断応力 ($\times 10^4 \text{Pa}$)

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	56.50 \pm 15.35 a	59.59 \pm 14.87 a	52.45 \pm 13.46 a	58.73 \pm 17.16 a
3粒法	15.10 \pm 5.24 a	16.92 \pm 2.60 a	16.61 \pm 3.56 a	18.09 \pm 2.85 a
集団粒法 (蒸し)	61.20 \pm 2.99 ab	59.62 \pm 3.39 a	62.27 \pm 2.70 b	60.87 \pm 2.70 ab
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値 \pm 標準偏差

表 30 酒添加試料の破断変形 (mm)

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	1.02 \pm 0.16 a	0.99 \pm 0.20 a	0.95 \pm 0.15 a	0.97 \pm 0.19 a
3粒法	1.25 \pm 0.15 ab	1.19 \pm 0.13 a	1.23 \pm 0.16 ab	1.32 \pm 0.17 b
集団粒法 (蒸し)	32.57 \pm 0.56 a	31.42 \pm 0.53 bc	31.65 \pm 0.53 b	31.17 \pm 0.54 c
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値 \pm 標準偏差

表 31 酒添加試料の破断歪率 (%)

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	45.94 \pm 7.45 a	45.49 \pm 8.50 a	45.47 \pm 7.79 a	46.07 \pm 9.18 a
3粒法	53.38 \pm 6.28 ab	51.03 \pm 5.75 a	54.03 \pm 8.66 ab	56.24 \pm 6.61 b
集団粒法 (蒸し)	99.38 \pm 0.30 a	99.54 \pm 0.20 a	99.41 \pm 0.29 a	99.47 \pm 0.23 a
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値 \pm 標準偏差

表 32 酒添加試料の破断エネルギー ($\times 10^4 \text{J/m}^3$)

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	15.04 \pm 5.73 a	15.44 \pm 5.45 a	14.42 \pm 5.37 a	15.41 \pm 6.64 a
3粒法	4.45 \pm 1.78 a	4.80 \pm 0.98 a	4.83 \pm 1.73 a	5.49 \pm 1.28 a
集団粒法 (蒸し)	20.32 \pm 1.01 a	21.67 \pm 0.92 b	22.16 \pm 0.78 b	21.77 \pm 0.95 b
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値 \pm 標準偏差

表 33 酒添加試料の総エネルギー ($\times 10^4 \text{J/m}^3$)

	0%試料	酒5%試料	酒10%試料	酒15%試料
1粒法	79.01 \pm 20.27 a	73.88 \pm 20.91 a	60.11 \pm 73.76 b	73.76 \pm 20.48 a
3粒法	16.77 \pm 4.70 ab	17.83 \pm 1.81 a	15.26 \pm 3.43 b	18.39 \pm 2.98 a
集団粒法 (蒸し)	20.64 \pm 1.01 a	21.94 \pm 0.94 b	22.43 \pm 0.73 b	22.14 \pm 1.03 b
異なるアルファベット間で各測定手法内の試料間に有意差が認められた (P<0.05)				平均値 \pm 標準偏差

引用文献

- 1) 横尾政雄 (1995), 世界の米, 「米の科学」, 朝倉書店, p. 190
- 2) 末次勲 (1962), 米の品質改良, 農山漁村文化協会, p. 15
- 3) 加藤寿美子 (1979), 米飯のレオロジーに関する研究, 家政学雑誌, Vol. 30, No. 2, 121-133

- 4) 竹生新治郎 (1970) , 米の食味評価方法, 調理科学, Vol. 3, No. 1, 17-22
- 5) 柳本正勝 (2002) , 食べ物のおいしさに対する各感覚特性の貢献度, 日本調理科学会誌, Vol. 35, No. 1, 32-36
- 6) 小田原誠, 底押秀康, 高橋鍛, 岡留博司, 大坪研一 (2004) , すし酢が酢飯の低温保存後のテクスチャーに与える影響, 日本食品科学工学会誌, Vol. 51, No. 11, 620-625
- 7) 畑江敬子, 綾部園子, 貝沼やす子, 島田淳子 (1995) , 材料添加によるタイ国産米の食味改良効果, 日本調理学会誌, Vol. 28, No. 4, 231-236
- 8) 稲津脩 (1988) , 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究, 北海道農業試験場報告, 66号, 10-13
- 9) 高橋節子, 久野三智子, 西澤光輝, 貝沼圭二 (2000) , 米飯の食感を評価する新測定方法と食味特性, 応用糖質科学会誌, Vol. 147, No. 3&4, 343-353
- 10) 伊藤純子, 香西みどり, 貝沼やす子, 畑江敬子 (2004) , 米飯の炊飯特性に及ぼす各種調味料の影響 (第1報), 日本食品科学工学会誌, Vol. 51, No. 10, 531-538
- 11) 伊藤純子, 香西みどり, 貝沼やす子, 畑江敬子 (2004) , 米飯の炊飯特性に及ぼす各種調味料の影響 (第2報), 日本食品科学工学会誌, Vol. 51, No. 10, 539-545
- 12) 大西真理子, 庄司一郎, 小川宣子, 中上寧, 長岡俊治, 下村道子 (2004) , 米飯の硬さおよび組織に及ぼす食塩添加の影響, 日本家政学会誌, Vol. 55, No. 4, 305-313
- 13) 中谷圭子, 松元文子, 桜井芳人 (1974) , 加熱調理における醤油の食品のテクスチャーに及ぼす影響 (第1報), 家政学雑誌, Vol. 25, No. 3, 195-200
- 14) 中谷圭子, 松元文子, 桜井芳人 (1974) , 加熱調理における醤油の食品のテクスチャーに及ぼす影響 (第2報), 家政学雑誌, Vol. 25, No. 3, 201-206
- 15) 池田ひろ (2001) , 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, 日本家政学会誌, Vol. 52, No. 5, 401-409
- 16) 辻昭二郎 (1985) , 米飯粒のテクスチャーとその老化にともなう変化の検討, 日本食品工業学会誌, Vol. 32, No. 6, 386-390
- 17) 丸山悦子, 樋口裕子, 寺田佳子, 梶田武俊 (1980) , 炊飯に関する研究 (第3報) 米飯の老化によぼす調味料の影響, 家政学雑誌, Vol. 31, No. 8, 568-573
- 18) 江幡守衛, 平沢恵子 (1982) , 米飯のテクスチャーに関する研究 第1報 テクスチャーと食味との関係について, 日本作物学会紀事, Vol. 51, No. 2, 235-241

(2020年3月31日提出)
(2020年4月10日受理)