

令和 3 年 6 月 6 日現在

機関番号：32507

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02226

研究課題名(和文) 酸性からアルカリ性の広範囲pHにおける炊飯液が米飯品質に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effect of cooking water in a broad pH from acidic to alkaline condition on the quality of cooked rice

研究代表者

大石 恭子 (Ohishi, Kyoko)

和洋女子大学・家政学部・准教授

研究者番号：40372908

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：酸性(pH 3)、弱酸性(pH 5)、中性(pH 7)、弱アルカリ性(pH 9)条件で飯を調製し、飯の物性および冷蔵に伴う初期老化に及ぼす影響について調べた。

pH 3およびpH 9の炊飯液で炊飯すると、飯の付着性の増加および老化抑制効果が示され、米飯表層の固形分およびタンパク質量が多いことが認められた。酸性条件ではアスパラギン酸プロテイナーゼによるタンパク質の低分子化、アルカリ性条件ではタンパク質の可溶化が示され、これらのタンパク質の変化により澱粉の吸水、膨潤、糊化の促進が示唆された。一方でpH 5の飯では老化促進およびタンパク質の可溶化の抑制が示され、両者の関連が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで広範囲のpHの炊飯液を用いて米飯を調製し、これらの飯の物性や老化に伴う経時変化を比較検討した報告はない。本研究の結果、酸性および弱アルカリ性においては米飯の物性向上が認められ、弱酸性では老化が促進された。炊飯液のpHにより米のタンパク質に与える影響が異なり、これらの違いが澱粉の膨潤、糊化に影響を及ぼしていることが考えられた。炊飯液に調味料や酸味料が添加されることが多い加工米飯において、本研究で明らかにしたことは米飯の調製および販売過程における品質低下を抑える視点からも有用であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We prepared cooking water by adjusting the pH to 3, 5, 7, and 9 to investigate the influence of pH on the physical properties and staling of cooked rice. Rice cooked in pH 3 and pH 9 buffers showed a significant increase in adhesiveness, which demonstrates a staling control effect under refrigeration. These samples also showed the highest abundance of solid components and proteins that cover the rice grain surface. SDS-PAGE analysis indicated protein degradation by aspartic proteinase under acidic conditions, and protein solubilization by disulphide bond reduction under alkaline conditions. These results suggest that such property changes promote water absorption and starch swelling under acidic and alkaline conditions, contributing to an increased solid content adhering to the grain surface. However, protein solubilization is limited, and both starch swelling and gelatinization are obstructed at pH 5, suggesting that this condition can accelerate staling.

研究分野：調理学

キーワード：米 炊飯 pH 老化 物性

## 1. 研究開始当初の背景

米飯は家庭内での消費は減少しているものの、調理済み米飯などの加工米飯や中食、外食産業における米飯の消費は増加傾向にあり、これらの飯には調理後の品質、さらに流通や販売過程における品質保持が求められる。

これまで報告者らは酸性条件での炊飯は米飯の物性改善に効果があることを示し、炊飯過程における澱粉やタンパク質の変化について詳細に検討してきた<sup>1)</sup>。一方でアルカリ性条件における炊飯でも、米飯の物性向上は報告されている<sup>2),3)</sup>が現象把握のみであり、調理済み米飯で求められる24時間以内の経時的な飯の品質変化については一定の見解が得られてない。また、澱粉レベルでは pH 5 付近において老化速度が速いとされているが米飯における検討は見られない。

このように炊飯液の pH は米飯の物性を制御する一つの要因であると考えられるが、その観点から一連の研究がなされた報告はない。炊飯液の pH と米飯の物性との関係を把握することは、一定の品質の米飯を調製する上で重要であり、かつ時間経過に伴う品質劣化、すなわち米飯の老化の検証を行うことは、加工米飯を扱う実用面においても有用な知見になり得る。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、pH 3 から pH 9 にわたる広範囲の pH の炊飯液を用いて飯を調製し、炊き上がり後および24時間以内の冷蔵保存における飯の物性変化を機器分析および官能評価により明らかにすることを目的とした。さらに米の澱粉やタンパク質への影響を知るために、炊飯時に米から溶出する溶出固形物量やタンパク質の分子量分布を調べ、米飯の物性や初期老化に与える影響について、そのメカニズムの点からも解明することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 炊飯液の調製

調味料および緩衝液を用いて酸性、弱酸性、中性、弱アルカリ性の炊飯液を用いた。調味料を用いた炊飯液は、酸性の炊飯液は食酢を用い、濃度は酢飯に相当する 10 wt% (酢酸約 0.07 M) とした。弱アルカリ性炊飯液は炭酸水素ナトリウムを用い、濃度は一般的な調理で用いられる範囲である 0.15 wt% とした。弱酸性の炊飯液は pH が 5.0 になるよう、炭酸水素ナトリウム 0.15 wt% に食酢を添加して調製した結果、加えた食酢は 7.65g、すなわち炊飯液の 3.4 wt% であった。中性の炊飯液は RO 水を用いた。

緩衝液を用いた炊飯液は、0.2 M リン酸水素二ナトリウムおよび 0.1 M クエン酸を用いて pH 3.0, 5.0 および 7.0 に、0.05 M 炭酸ナトリウムおよび 0.1 M 炭酸水素ナトリウムを用いて pH 9.0 に調整した。

### (2) 飯の調製

試料米として、BG 精米製法で無洗米加工された茨城県産コシヒカリを用いた。白米 150 g に 225 g の炊飯液を加えて、20°C で 1 時間浸漬した。電圧調整器を小型電気炊飯器 (SR-03F, パナソニック (株)) に接続して炊飯を行った。炊き上がり後 20°C で 1 時間放置し、釜中央部の飯を各種測定に用いた。この飯を「炊飯直後飯」と称する。4°C で 14 時間保存し、その後、20°C の恒温室に 1 時間放置して室温に戻した試料を「冷蔵飯」とした。

### (3) 各種測定

#### 1) 炊飯液および飯の pH 測定、飯の色の測定、飯の顕微鏡観察

炊飯液および飯の pH は pH メーター (F-23, (株) 堀場製作所) を用い、飯の色は色差計 (CM-3500d, コニカミノルタ (株)) を用いた。顕微鏡観察は炊飯直後飯を試料とし、ドライアイスで冷却したヘキサンの中で川本法専用包埋剤 (SCEM, SECTION-LAB Co. Ltd.) を用いて飯一粒を包埋した。これを -60°C に冷却後、凍結マイクロトームを用いて厚さ 12 μm に薄切し、ヨウ素ヨウ化カリウム溶液で染色後、光学顕微鏡を用いて 4~400 倍で明視野観察を行なった。

#### 2) 飯の物性測定

テクスチャーアナライザーを用いて、低・高圧縮 2 バイト法で炊飯直後飯および冷蔵飯を用い、飯の物性を測定した。老化に伴う物性値の増加率および減少率は、増加量および減少量を炊飯直後飯の物性値に対する割合で示した。

#### 3) 官能評価

都内女子大学の女性 18 名 (20~60 歳代) をパネルとし、調味液を用いて pH を調整した炊飯直後飯および冷蔵飯を試料として官能評価を行った。評価項目は「つや」、「透明感」、「硬さ」、「粘り」、「飯粒同士のほぐれやすさ」とし、冷蔵飯については「粉っぽさ」「老化感」を追加した。評価尺度は、「老化感」については 5 段階、その他の項目においては 9 段階を用いた。

#### 4) 飯洗液の溶出固形物量、タンパク質量の測定

炊飯直後飯 10 g に対し 50 g の RO 水を加えて振とう後、ふるいで飯粒と飯の水洗液に分け、得られた飯の水洗液を飯洗液とした。飯洗液の一定量を 105°C で 3 時間常圧乾燥し、算出したものを溶出固形分とした。また飯洗液を遠心分離して得られた上清画分を試料とし、Lowry 法によりタンパク質量を測定した。

#### 5) 50°C の浸漬液の調製、SDS-PAGE 分析

生米 10 g に各緩衝液または酵素阻害剤を添加した各緩衝液 15 g を入れ、50°C の恒温槽中で 1 時間の振とう浸漬を行った。その後、遠心分離し、上清を脱塩し、タンパク質量の測定および SDS-PAGE 分析を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 炊飯液および飯の pH

調味液を用いた場合、米浸漬前の酸性、弱酸性、中性、弱アルカリ性炊飯液の pH は各々 2.9, 5.0, 7.0, 8.4 であり、加熱終了時の飯は各々 4.2, 5.9, 6.8, 8.8 であった。緩衝液を用いた場合は、浸漬前は各々 pH 3.0, 5.0, 7.0, 9.0 であり、炊飯後の飯の pH は各々 3.5, 5.3, 7.0, 9.5 であった。緩衝液を用いることにより炊飯時も概ね炊飯液の pH が一定に保たれることが示された。

##### (2) 飯の炊き上がり倍率、形状、色

調味液を用いた酸性、弱酸性、中性、弱アルカリ性飯において、炊き上がり倍率は 2.3~2.4 であり、4 試料間に有意な差は認められなかった。形状は、長径においては弱アルカリ性飯が他の 3 種の飯に比べて有意に長く、他の試料よりも短軸方向のクラッキングが明瞭に観察された。飯の色調においては、弱アルカリ性飯は他試料に比べると、有意に  $a^*$  値は低く、 $b^*$  値は高く、 $L^*$  値は中性飯に比べて低かった。目視においても弱アルカリ性飯は光沢があり、黄色みを帯びていた。 $b^*$  値の増加は、米のフラボノイド色素がアルカリ条件下で黄色に呈色したこと、さらにグルコースのアルカリ異性化に伴う着色物質によるものと考えられた。

##### (3) 米飯の物性

調味料および緩衝液を用いた計 8 種の異なる pH の炊飯液を用いて米飯を調製し、物性を測定した結果を Fig. 1 に示す。図に示すように、物性測定値は調味料と緩衝液の違いではなく、飯の pH に依存する傾向が見られた。

粒全体および粒表層における硬さならびに粘りでは (Fig. 1A~1D)、白抜きで示した炊飯直後飯では pH による大きな影響が見られなかった。一方、黒塗りで示した冷蔵飯においては、粒全体および粒表層のいずれも、硬さは pH 5~7 で増加し、pH 8.8 以上の弱アルカリ性条件で減少した。粘りは pH 3.5 の飯が最も大きく、pH の上昇と共に減少して pH 5.3 の飯が最も小さく、その後はアルカリ側になるにしたがい増加した。粒全体および粒表層の付着性においては (Fig. 1E, 1F)、炊飯直後飯および冷蔵飯のいずれにおいても pH が酸性側、アルカリ性側で高くなり、pH 5~6 で最も低くなる U 字型となった。

老化への pH の影響について検討するため、炊飯直後飯の物性値に対する冷蔵飯の値の増減率を算出した。硬さの増加率、粘りおよび付着性の減少率が大きいほど老化が促進していることを意味する。これらの物性値の中で pH との間に関連が見られたのは粒表層の硬さ、粒表層の粘り、そして粒全体および粒表層の付着性であった。粒表層の硬さは、pH 5.3 から 7.0 の増加率 (96~132%) が高く、pH 8.8 および 9.5 の飯ではやや低く (各々 76%, 82%)、pH 3.5 および 4.2 の飯ではさらに低くなった (各々 51%, 54%)。粒表層の粘りの減少率は pH 5.3 を頂点とする緩やかな山形になり、pH の低下および上昇に伴い減少率が低下し、pH 3.5 および pH 9.5 の飯では減少が見られなかった。粒全体の付着性の減少率は、pH 7.0 を頂点とする山形になり、pH 5.3~7.0 の飯の減少率が 63~70% であるのに対して pH 9.5 の飯は 36% であり、pH 3.5 の飯はさらに低く 19% であった。粒表層の付着性の減少率は pH 5.3 を頂点とする山形であり、pH 5.3 の飯が 85%、pH 5.9~7.0 の飯は 70~79% であり、pH 9.5 の飯は 39%、pH 3.5 の飯は 5% と著しく低下した。

すなわち、一般的に pH の影響は炊飯直後飯よりも冷蔵飯において顕著に見られ、硬さ、粘りおよび付着性の結果から、最も老化が抑制されるのは酸性側、次いでアルカリ性側であり、最も老化が促進されるのが pH 5 付近の飯であることが示された。

澱粉は加熱後の糊化が十分なほど老化が抑制されることが報告されている。Fig. 1 で示した炊飯直後飯の付着性結果より、酸性および弱アルカリ性条件で炊いた飯は澱粉の糊化状態が他の

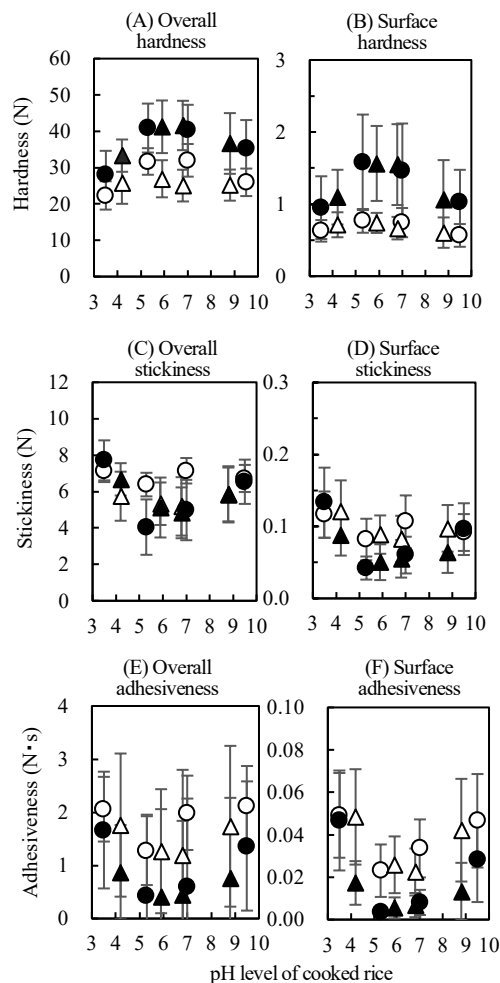


Fig. 1. Texture properties of cooked rice kept at 5°C for 0 h or 14 h. ○, cooked with buffer and kept cold for 0 h; △, cooked with seasoning solution and kept cold for 0 h; ●, cooked with buffer and kept cold for 14 h; ▲, cooked with seasoning solution and kept cold for 14 h.

条件よりも良く、それが冷蔵後の老化抑制に関与していることが考えられた。また pH 5.3 の弱酸性条件で炊いた飯は、冷蔵後に老化促進が認められたことから、炊飯直後でも澱粉の糊化状態が他の pH より劣る可能性が考えられた。

#### (4) 飯の官能評価

炊飯直後飯の硬さにおいては、弱酸性飯が他の 3 種に比べて有意に硬いと評価された。粘りにおいては、酸性飯の評点が最も大きく、中性飯および弱アルカリ性飯間では有意な差が見られず、弱酸性飯が最も小さい評点となった。飯粒同士のほぐれやすさは酸性飯が他の 3 種に比べて有意に小さい評点であり、付着性があることが示された。弱アルカリ性飯の自由記述には、「表面に少しぬめりを感じる」「温泉のにおいがする」といったものが複数見られた。

冷蔵飯においては、酸性飯および弱アルカリ性飯は弱酸性飯および中性飯に比べてつやがあり、軟らかく、粘りがあると評価された。粉っぽさの評価は、酸性飯が弱酸性飯および中性飯よりも低く、老化感も酸性飯および弱アルカリ性飯が弱酸性飯および中性飯よりも低い値を示した。すなわち酸性飯および弱アルカリ性飯において、老化抑制効果が官能評価においても認められた。弱酸性飯および中性飯と比較すると、硬さ、飯粒同士のほぐれやすさ、粉っぽさ、老化感において、前者は後者に比べて有意に値が高かった。自由記述でも弱酸性飯は「硬くて粘りが少ない」という記述が目立った。

物性測定 (Fig. 1) において酸性飯で認められた炊飯直後飯の硬さや粘りの特徴は、官能評価においても認められた。また弱酸性飯では、炊飯直後飯においても他の試料に比べて硬く、粘りが低いことが認められ、冷蔵飯では酸性飯および弱アルカリ性飯に比べて老化が促進していることが示された。

#### (5) 飯粒の顕微鏡観察

米飯の腹側の表層部を光学顕微鏡により観察した。いずれの飯でも表層には、細胞外に流出した糊化した澱粉層 (以下おねば層) が観察されたが、中性飯および弱酸性飯に比べると酸性飯ではおねば層が厚いことが示された。弱アルカリ性飯では、おねば層が酸性飯と同様に厚いが、飯粒の表層の細胞の崩れが大きく凹凸状になっている様子も観察された。

米粒表層部の成分は、炊飯過程において炊飯液に溶出したのち、米粒表層に再吸収され炊き上がりの飯を覆う。物性測定および官能評価において示された酸性飯および弱アルカリ性飯における表層の粘りや付着性には、この厚いおねば層が関与していると考えられた。

#### (6) 飯洗液の溶出固形分量およびタンパク質量

緩衝液を用いて調製した飯の洗液について、溶出固形分およびタンパク質量を測定した。いずれも pH 3.0 および 9.0 の緩衝液を用いた飯では著しく高い値を示し、これらの飯と比較すると pH 5.0 および 7.0 の緩衝液を用いた飯は、溶出固形分は 1/4 程度、タンパク質量は 1/10 以下であった。

炊飯過程において米粒内、特に表層部の成分が炊飯液に溶出し、最終的に溶出成分を含んだ炊飯液が米粒に再吸収され、米粒の表層を覆う。溶出固形分の主な成分は澱粉であり、米飯の粘りには炊飯過程における溶出固形分ならびに飯粒表層の固形分が関与すると考えられている。先に飯のおねば層の観察を行い、酸性および弱アルカリ性条件での飯はおねば層が厚いことを示している。したがって、pH 3.0 および 9.0 の緩衝液を用いた飯の溶出固形分が顕著に多かったことは、飯のおねば層の厚み、そして炊飯直後飯の付着性の大きさ (Fig. 1) に対応していると言える。

竹炭浸漬液 (pH 9.6) <sup>3)</sup> およびアルカリ電解水 (pH 10 付近) <sup>2)</sup> を炊飯液に用いると米から溶出されるタンパク質量が増加することが報告されており、本研究の緩衝液 pH 9.0 の飯の結果と一致した。米澱粉の周囲に存在するタンパク質のジスルフィド結合 (以下、SS 結合と称する) は澱粉の吸水、膨潤、糊化を物理的に妨げる <sup>4)</sup> ため、還元剤やプロテアーゼ添加で SS 結合を切断すると、加熱に伴い溶出する固形分が増加し、米飯の軟化や粘りの増加が促されることが報告されている <sup>5,6)</sup>。また、タンパク質は強アルカリ性にさらされると、あるいは弱アルカリ性において加熱されると、タンパク質分子の変性によりポリペプチド鎖がほどけ、露出したタンパク質分子間の SS 結合は水酸化物イオンにより還元されて硫化水素が発生する。本研究の緩衝液 pH 9.0 の飯でも硫化水素臭が確認されることから、米タンパク質の SS 結合が還元されていることが推察され、澱粉周辺の顆粒状のタンパク質の SS 結合の還元が澱粉の米粒からの脱離を促し、飯粒表層の物性に影響を与えたことが考えられた。

#### (7) 溶出タンパク質の分子量分布

炊飯液の pH の違いが米飯のタンパク質に与える影響を詳細に調べるために、アスパラギン酸プロテイナーゼの酵素阻害剤であるペプスタチンを併用して 50°C で 1 時間米を浸漬し、溶出タンパク質量の測定ならびに分子量分布を調べた。

Fig. 2 に示したタンパク質量は、ペプスタチン無添加の場合、異なる pH に因る溶出量の違いが前述した飯洗液のそれと一致しており、緩衝液 pH 3.0 および 9.0 では多く、緩衝液 pH 5.0 および 7.0 での溶出量は同程度に少なかった。ペプスタチン添加の影響は緩衝液 pH 3.0 において最も強く認めら

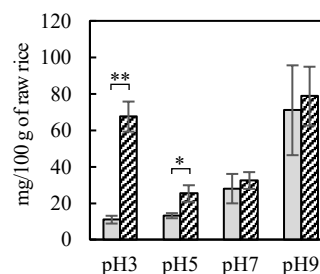


Fig. 2. Content of rice proteins extracted with each buffer. Rice (10 g) was soaked in each buffer with and without pepstatin for 1 h at 50 °C. □, with pepstatin; ▨, without pepstatin. \*p < 0.05, \*\*p < 0.001.



れ、タンパク質溶出量が大きく減少したことから、アスパラギン酸プロテイナーゼの関与が示された。さらにアスパラギン酸プロテイナーゼの至適 pH から外れる pH 5.0 においてもペプスタチン添加による違いが見られた。

SDS-PAGE 分析により溶出タンパク質の分子量分布を調べた結果を Fig. 3 に示す。緩衝液 pH 3.0 では、46 kDa のグルテリンの前駆体および 22 kDa 付近の塩基性サブユニット、グロブリンが極めて少なくなり、11 kDa 以下にラダー状に溶出されるプロテアーゼ分解物を確認した。緩衝液 pH 5.0 においても 46 kDa のグルテリンの前駆体は見られず、11 kDa 以下の低分子画分に濃いバンドが確認されたことから、酸性条件の浸漬に伴うグルテリンの酵素分解が示された。また pH 5.0 においては 11~14 kDa のアルブミンおよびグロブリンの溶出が極めて少ないことが示された。緩衝液 pH 7.0 および 9.0 では溶出タンパク質の分子量分布に違いは見られないものの、pH 9.0 においては 11~14 kDa のアルブミンおよびグロブリンの混合、22 kDa 付近の塩基性グルテリンおよびグロブリン、46 kDa 付近のグルテリン前駆体が多く溶出されていることが示された。

緩衝液 pH 5.0 での溶出タンパク質量の著しい低下は、米タンパク質の等電点付近であることが関与していることも考えられ、詳細な検討が必要である。pH 9.0 の条件におけるタンパク質の溶出は、アルカリ条件によるタンパク質の溶解性の増大と考えられる。グルテリンは米澱粉の周囲に顆粒状で存在し、酸性サブユニットと塩基性サブユニットがジスルフィド結合によりヘテロ二量体を形成するが、ヘテロ二量体がさらに分子間のジスルフィド結合を介して重合高分子化し、およそ 600 kDa の分子サイズを示す重合高分子型グルテリンも形成する<sup>7)</sup>。したがって pH 9.0 の条件では、グルテリンの SS 結合の還元により可溶化するタンパク質量が増加したと考えられる。

以上の結果、酸性条件および弱アルカリ性条件で炊飯すると、飯の付着性が増加し、冷蔵による老化が抑制され、弱酸性条件では老化が促進することが示された。そしてこれらの諸現象には澱粉およびタンパク質の関与が考えられ、酸性条件でのアスパラギン酸プロテイナーゼによるタンパク質の低分子化、アルカリ性条件でのタンパク質のジスルフィド結合の還元による可溶化が、澱粉の吸水、膨潤、糊化の促進、ならびに炊飯液への澱粉の溶出を促し、飯表層に付着する成分の増加に寄与することが示唆された。一方で弱酸性条件ではタンパク質の可溶化が抑制されており、澱粉周囲のタンパク質が澱粉の膨潤を妨げる一因になることが示唆された。

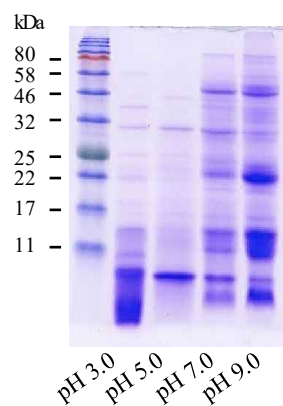


Fig. 3. SDS-PAGE analysis of the extracted rice proteins. Each lane contains 20  $\mu$ g of protein. Numbers on the left refer to the apparent molecular weights of the standard marker proteins.

#### <引用文献>

- 1) 大石恭子 (2013), 米飯の物性に及ぼす酢酸添加の影響, 日本調理科学会誌, **44**, 359-366
- 2) 小林健治, 土佐典照, 原安夫, 堀江修二 (1996), 電解水による炊飯特性の検討, 日本食品科学工学会誌, **43**, 930-938
- 3) 貝沼やす子, 福田靖子 (2002), 竹炭による米飯の性状改善効果, 日本調理科学会誌, **35**, 139-147
- 4) 森高真太郎, 安松克治 (1972), 精白米の SH 基と貯蔵中の品質劣化との関係: 穀類に関する研究 (第 10 報), 栄養と食糧, **25**, 59-62
- 5) Ohno, T., Tomatsu, M., Toeda, K., Ohisa, N. (2007), Texture of Cooked Rice Prepared from Aged Rice and Its Improvement by Reducing Agents, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **71**, 2912-2920
- 6) Derycke, V., Veraverbeke, W. S., Vandepuut, G. E., De Man, W., Hosney, C., Delcour, J. A. (2005), Impact of proteins on pasting and cooking properties of nonperboiled and perboiled rice, *Cereal Chem.*, **82**, 468-474
- 7) Sugimoto, T., Tanaka, K., Kasai, Z. (1986), Molecular Species in the protein body II (PB-II) of developing rice endosperm, *Agric. Biol. Chem.*, **50**, 3031-3035

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 大石 恭子、金成 はるな、大田原 美保、香西 みどり	4. 巻 53
2. 論文標題 米飯の物性および初期老化と炊飯液のpHとの関係	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本調理科学会誌	6. 最初と最後の頁 98～106
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11402/cookeryscience.53.98	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 大石 恭子、金成 はるな、大田原 美保、香西 みどり	4. 巻 53
2. 論文標題 炊飯液のpHの違いが飯の炊飯特性および米のタンパク質，デンプンに与える影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本調理科学会誌	6. 最初と最後の頁 197～206
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11402/cookeryscience.53.197	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Otahara Miho, Kitahara Mami, Ohishi Kyoko, Kasai Midori	4. 巻 65
2. 論文標題 Evaluation of Staling of Cooked Rice by Spectrophotometric and Image Analyses of Squashed Cooked Rice Grains	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi	6. 最初と最後の頁 170～182
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3136/nskkk.65.170	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 大田原 美保、北原 茉美、大石 恭子、香西 みどり	4. 巻 53
2. 論文標題 調味料を添加して炊飯した米飯の圧縮米飯粒を用いた初期老化の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本調理科学会誌	6. 最初と最後の頁 187～196
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11402/cookeryscience.53.187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	香西 みどり  (Kasai Midori)  (10262354)	お茶の水女子大学・基幹研究院・教授    (12611)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------