

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K13805

研究課題名（和文）過熱水蒸気加熱による調理予測モデルの構築と評価

研究課題名（英文）Construction and evaluation of cooking prediction model for superheated steam heating

研究代表者

森井 沙衣子（Morii, Saeko）

兵庫県立大学・環境人間学部・客員研究員（研究員）

研究者番号：60387892

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、過熱水蒸気加熱の機能を有するスチームコンベクションオーブン（以下、スチコン）を用い、同時調理を想定した炊飯条件にて調理した米飯特性を測定し、炊飯予測モデルを検討することを目的とし、実験を行った。スチコン庫内で炊飯と同時に加熱した水量（2水準）、加水比（4水準）の米飯特性の測定結果を組み合わせ、重回帰分析を行った結果、スチコン炊飯における米飯の炊き分け予測が期待されることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スチコンで炊飯を標準化することは、個々の喫食者の嗜好、喫食可能な食形態に対応した米飯の同時調理が可能である点や、衛生的及び作業効率的観点においても有用であり、過熱水蒸気加熱による多様な食品の調理特性を客観的に評価することで、過熱水蒸気加熱による調理予測モデルの構築を行うことが可能となると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The steam convection oven (SCO) is a cooking equipment that can be used for cooking operations such as "steaming", "simmering" and "baked" in one unit, and has a superheated steam heating function. SCO can also cook various foods at the same time if the heating conditions are the same. In this study, we set the cooking conditions assuming that the other foods are cooked at the same time as rice is cooked by SCO, and measured the characteristics of cooked rice. Multiple regression analysis was performed by combining the measurement results of the rice characteristics, amount of water heated at the same time as cooking rice (2 levels), water rations (4 levels) cooked with SCO. As a result, it was suggested that it is expected to predict the cooking of rice cooked with steam convection oven.

研究分野：調理科学

キーワード：炊飯 過熱水蒸気加熱 スチームコンベクションオーブン テクスチャー 官能評価

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19 , F - 19 - 1 , Z - 19 (共通)

1 . 研究開始当初の背景

大量調理施設では新調理システムの導入により、個々の調理技術に科学的な分析を加えることで調理工程の標準化が可能となった。そのため調理工程の標準化により、調理技術の格差による品質の差がなくなり、より均質な調理品の提供が可能となっている。また、HACCPに基づく衛生管理を行いながら計画的な調理や提供が行えるため、作業を効率化できるなどのメリットもあり、多くの給食施設で運用されている。

新調理システムの衛生的な調理操作において、スチームコンベクションオープン(以下、スチコン)は、欠かすことができない加熱調理機器である。スチコンは、「蒸す」と「焼く」の2つの異なる加熱を同時に行う性能を持ち、水蒸気量を制御して過熱水蒸気による調理を行うことができるため、蒸す、焼く、煮ると幅広い調理に使用されている汎用性の高い調理機器である。著者らが給食施設を対象に行なったアンケート調査結果¹⁾では、スチコンは半数以上の給食施設に導入されており、現実的に多くの施設でスチコンが汎用されていることが明らかとなっている。しかし、過熱水蒸気加熱は十分に理解されていない現状が明らかとなっており、また学術的な研究報告についても未だに多くはみられない。

給食施設では乳幼児から高齢者、健康者から傷病者までの喫食者に適応した食形態の食事提供が期待されている。米飯は和食の中心となる食品であり、日本人の嗜好性は高い。特に高齢者は栄養学的な面からも咀嚼下に配慮した食べやすい米飯の提供が必要である。給食施設における炊飯は炊飯器のみだけでなく、鍋炊飯などが併用されて調理されているが、調理者によって提供する米飯や粥のかたさが一定でない、同じ食形態に炊飯することが難しいという問題が多くみられ、米飯や粥は調理者によって提供する品質に差があることが報告されている¹⁾が、実践的な解決策は未だ提示されていない。そこで、筆者らは給食施設に設置されていることが多いスチコンを用いた炊飯方法について検討を行い、スチコンの特性を踏まえた加熱温度等の炊飯条件を設定することで、好ましい米飯が炊飯できることを報告した²⁾。

2 . 研究の目的

喫食者に適応した食事の提供を実現するために、スチコンを用いて多様な条件で炊いた米飯特性を相互的に検討し、過熱水蒸気加熱による米飯の炊き分けモデルの作成を行った。そして、それらを解析することにより、スチコンによる炊飯の予測モデルの構築を試みることを本研究の目的とした。

3 . 研究の方法

(1) 炊飯容器内温度の測定

スチコンは庫内に10段挿入できる機種を用いた(FSCC101G, (株)フジマック) 1/2 ホテルパン容器(325×265×65 mm)内の温度履歴は、温度センサー熱電対(Kタイプ, (株)スリーハイ), midi LOGGER GL220 データロガー(グラフテック(株))を用いて測定した。ホテルパンの蓋の中央に耐熱性テープでK熱電対を固定し、ホテルパンの底から0.5 cmの位置での温度履歴測定が可能になるように熱電対を留置し、温度履歴の測定を行った。

スチコンは煮物や煮魚、スープなど幅広い調理に使用することが可能であることから、スチコンで他の食品の調理や多種類の炊飯を同時に行うことを想定した炊飯条件を設定するために、様々な条件にて炊飯容器内の温度履歴の測定を行った。

(2) 炊飯条件

同時調理を想定した炊飯条件として、1枚あたり375 g、もしくは750 gの水を入れた1/1サイズのエナメルパン9枚と同時に炊飯を行った。炊飯容器は1/2 ホテルパン、炊飯量は米2合(300 g)、加水比は1.2-1.5倍とし、加熱設定温度150°C、水蒸気量100%、炊飯時間20分、蒸らし20分間の条件にて炊飯を行った。

(3) 炊き増し比

蒸らしが終了した米飯はホテルパンごと重量測定を行い、その後、ホテルパンの重量を減じて、炊飯後の炊きあがり重量(g)とした。炊き増し比は以下の式にて算出した。

炊き増し比(倍) = 炊きあがり重量(g) / 米の重量(g)

(4) DSC 測定

炊飯前の生米試料およびスチコンで炊飯した米飯を炊飯直後に99.5%エタノールを加え、乳鉢、乳棒を用いてすりつぶし、遠沈管に入れ、15000 rpm、5分間遠心分離した。遠心分離後、上清を除いた沈殿物に同操作を2回繰り返した。風乾後、目開き150 μmの篩にかけた試料をDSC(DSCvesta, (株)Rigaku)測定に用いた。測定温度範囲は20-80°C、昇温速度は2°C/分とし、リファレンスにはアルミニウムを用いた。

(5) 還元糖量の測定

ソモギネルソン法にて米飯の20% (w/w) エタノール抽出液の還元力を測定した。

(6) 米飯の物性測定

テクスチャーの測定には、クリープメータRE-3305(株)山電)を用いた。炊飯後の米飯は、乾燥と吸湿を同時に防ぐため角ザル内で固く絞った室温の布巾の上に広げて包み、25°C前後にな

るまで約 10 分放置した。その後、40 mm 径のステンレスシャーレに米飯 12 g を量りとり、50 g の重りを 1 分間のせ、表面を平らにし、集合体の米飯のテクスチャーを測定した。測定条件は、円柱型アクリル製プランジャー（No.3, 直径 16 mm）を用い、測定速度 1 mm/秒、歪率 70%、格納ピッチ 0.1 秒、戻し距離 10 mm とした。測定項目はかたさ、付着性、凝集性とした。

(7) 官能評価

官能評価は管理栄養士養成課程の大学生 15-23 名を対象に、IH 炊飯器の米飯を基準 (0) にして、7 段階の採点法に官能評価を実施した。評価項目は、1 粒がしっかりしているか (しっかりしていない:-3~しっかりしている:+3), 匂い (弱い:-3~強い:+3), かたさ (やわらかい:-3~かたい:+3), 弾力 (弾力が弱い:-3~弾力が強い:+3), 粘り (粘りが弱い:-3~粘りが強い:+3), 甘み (甘みが弱い:-3~甘みが強い:+3), おいしさ (おいしくない:-3~おいしい:+3) とした。官能評価の対照米飯としては IH 炊飯器にて加水比 1.5 倍で炊飯した米飯を用いた。(兵庫県立大学,倫理審査受付番号 251)

4. 研究成果

(1) スチコン炊飯プログラム検討のための予備実験

スチコンによる調理では、庫内温度や水蒸気量のみだけでなく、庫内のホテルパンの枚数などによっても加熱調理品が影響を受けることが報告されている。そこでスチコンによる炊飯プログラムを運用するための予備実験として、スチコンの設定温度(150°C, 170°C), 水蒸気量(0%, 100%)を変化させた場合、および庫内に挿入する 1/1 サイズのエナメルパン枚数(0, 1, 4, 5, 9 枚)を変えた場合における、炊飯を模したホテルパン容器内部の水温度履歴を測定した。炊飯容器を 5 段目に 1 枚のみ挿入し、設定温度 150°C, 水蒸気量 100%で加熱した場合、水温が 50°Cに到達する時間は 1.6±0.2 分, 90°Cで 3.1±0.3 分であった。しかし、水蒸気量が 0%のときは、50°C到達時間は 4.2 分±0.2 分, 90°Cで 20.7±3.1 分となった。また設定した水蒸気量が低くなると、容器内の水温上昇が緩やかとなり、水蒸気量 0%の場合は 30 分以内に水温を 100°C付近に上昇させることは難しかった。庫内のエナメルパン枚数が増えるほど、炊飯容器のホテルパン容器内部の温度上昇が緩やかになり、挿入した 1/1 エナメルパンの枚数が 0 枚の場合、90°C到達時間は 3.1 分±0.3 分であるのに対し、9 枚挿入した場合は、6.3±0.8 分であった。また、エナメルパンの挿入箇所によっても容器内の温度履歴に差が見られた。

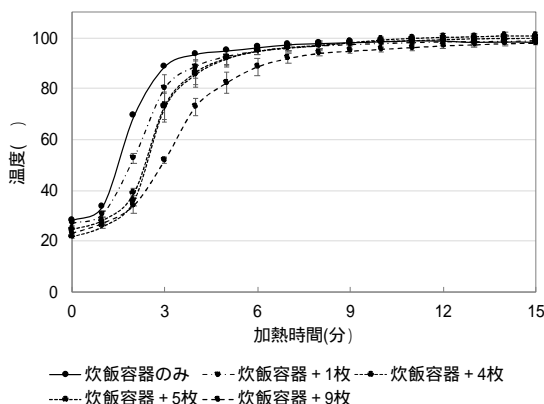


図 1 炊飯容器内の水の温度履歴

加熱条件：炊飯容器 1/2 ホテルパン, 水 300 g, 加熱設定温度 150°C, 水蒸気量 100%, 加熱時間 20 分, 蒸らし 20 分間
スチコン庫内に炊飯容器と同時に挿入する 1/1 サイズのエナメルパン枚数を 0, 1, 4, 5, 9 枚とした。

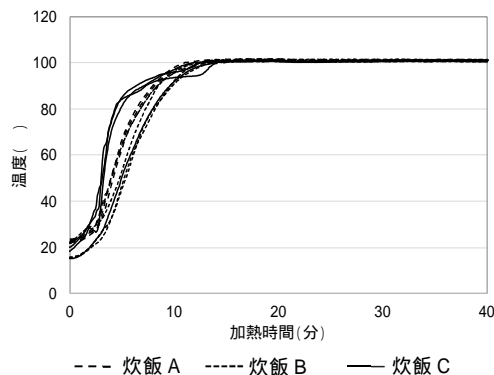


図 2 同時調理を想定した炊飯条件におけるスチコン炊飯温度履歴

炊飯 A：1 枚に 750 g の水を入れたエナメルパン 9 枚と炊飯容器を同時に加熱
炊飯 B：1 枚に 375 g の水を入れたエナメルパン 9 枚と炊飯容器を同時に加熱
炊飯 C：水の入っていないエナメルパン 9 枚と炊飯容器を同時に加熱
炊飯条件：米 300 g, 加熱設定温度 150°C, 水蒸気量 100%, 炊飯時間 20 分, 蒸らし 20 分間

(2) 同時調理を想定したスチコンで炊飯した米飯の特性

同時調理を想定し、1/1 エナメルパン 9 枚にそれぞれ 750 g (炊飯 A), 375 g (炊飯 B) の水を加えたもの、また水を加えない 1/1 エナメルパン 9 枚 (炊飯 C) と同時に炊飯した場合の炊飯容器内部の温度履歴を測定した (図 2)。炊飯容器内が 90°Cに到達する時間はそれぞれ A:9.6±0.4 分, B:7.3°C±1.0 分, C: 7.3±0.6 分となり、炊飯温度履歴は炊飯と同時に加熱する水量が多い場合、炊飯容器内の温度上昇が緩やかになる傾向がみられた。炊飯温度履歴について、単回帰分析を行ったところ、以下の予測式が得られた ($R^2=0.45, p<0.001$)。

炊飯容器内部が 90°Cに到達する時間 (分) = $6.272 + 0.427 \times a$

(a = 同時に挿入する 1/1 エナメルパンに加える水量 (kg))

一方、同時に加熱する 1/1 エナメルパンに加える水量が同じ場合は、炊飯時の加水比は炊飯温度履歴に影響しなかった。

DSC 測定の結果、炊飯前の米試料では DSC 曲線に吸熱ピークが観察されたが、炊飯後にはピークが消失しており、スチコンで炊飯した米飯は糊化していることが確認された。

米飯の炊き増し比は、炊飯 A では加水比 1.5-1.2 倍で 2.41, 2.32, 2.22, 2.13 倍となり、炊飯 B では 2.40, 2.30, 2.20, 2.10 倍であった。1/1 エナメルパンに水を加えない炊飯 C, 加水比 1.5 倍で炊飯した場合の炊き増し比は 2.30 倍であり、同加水比の炊飯 A, B の米飯の炊き増し比は炊飯 C よりも大きかった。

米飯を保温した状態でテクスチャー測定を行った結果、米飯のかたさは炊飯 A, B とともに加水比によって差はみられなかったが、一定時間放冷してからテクスチャー測定を行った場合、加水比が増えると米飯のかたさが減少する、つまり米飯がやわらかくなることを確認した。

官能評価においても、IH 炊飯器にて炊飯した米飯(加水比 1.5 倍)を基準米飯とした場合、加水比 1.5 倍の米飯はいずれも基準米飯よりもやわらかいと評価された。しかし、加水比を調整することで炊飯器と同程度のかたさの米飯となった。また、スチコンで炊飯した米飯は基準米飯よりも甘いと評価され、還元糖量も多くなる傾向がみられた。これらの結果より、同時炊飯を想定した 2 条件で炊飯した米飯は IH 炊飯器にて炊飯した米飯よりも甘く、おいしいと評価されることが明らかとなった。

(3) スチコンを用いた炊飯の予測モデル

本実験で得られた結果の一部を用いて重回帰分析を行ったところ、以下の回帰式が得られた ($R^2=0.25, p<0.001$)。

$$\text{加水比}=1.675-0.015\times a-0.008\times b$$

($a=$ 同時に挿入する 1/1 エナメルパンに加える水量(kg), $b=$ 米飯のかたさ(応力 χ kN/m²))

本研究の結果より、加熱時に炊飯容器とともにスチコンに挿入する 1/1 エナメルパンに加える水の量、およびテクスチャー測定による米飯のかたさにより、同時炊飯時における米飯の加水比の予測が可能となることが示唆され、スチコン炊飯における米飯の炊き分け予測が期待される結果となった。しかし、得られた回帰式は予測精度が低かったため、炊飯の予測モデルの構築についてはさらなる検討が必要である。

引用文献

- 1) 森井, 坂本, 給食施設における炊飯の実態と課題, 日本家政学会 vol.71 (2), 93-104, 2020
- 2) 森井, 坂本, 白杉(片岡), スチームコンベクションオープンを用いた少量炊飯に関する検討, 日本給食経営管理学会誌 vol.10 (1), 5-14, 2016

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森井沙衣子、坂本薫
2. 発表標題 同時調理を想定したスチームコンベクションオープンによる炊飯方法の検討
3. 学会等名 日本調理科学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡 智絢、森井 沙衣子、坂本 薫
2. 発表標題 スチコンで炊飯した米飯のテクスチャーに及ぼす米重量と加水比の影響
3. 学会等名 日本調理科学会近畿支部第47回研究発表会
4. 発表年 2021年

〔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
研究協力者	坂本 薫 (SAKAMOTO KAORU)		

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
---------	---------