



米の調理中の構造変化評価技術の開発

富田晴雄, 内田健太郎, 中山沙希, 竹森利和, 松村昌彦

大阪ガス株式会社 エネルギー技術研究所 おいしさ・健康調理ラボラトリー

1. はじめに

食材は調理することで、軟化、糊化、タンパク分解などの物理化学変化が起こり、味覚や食感、風味、さらには機能成分にも変化が生じる。当社では、伝熱現象の可視化技術などを用いて、食品への伝熱から物理化学変化、官能評価まで総合的に評価し、どのように調理することでおいしさ・機能性を最大限に引き出せるかを研究し、得られた知見により新たな食品評価技術を開発してきた (Fig. 1).

これまでに、米の調理中の構造変化 (吸水・糊化・老化) 評価技術 [1-3] や野菜の加熱時のポリフェノール抽出量変化の評価技術 [4], パン焼成時の放射・対流伝熱影響の評価技術などを開発してきたが、本稿では米の吸水状態評価技術について紹介する。

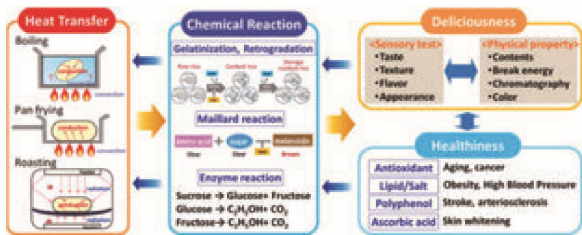


Fig. 1 Research concept.

2. 米の調理中の構造変化

米や麺、パンなどのデンプン食品は主に乾燥状態で保管され、吸水、糊化、老化などの物理化学的变化により巨視的・微視的構造変化が生じる。

米の場合、精米後の精白米は Fig. 2 のように 3 層構造になっており、50~100 μm の胚乳細胞の中にデンプンを蓄える細胞小器官 (アミロプラスト) があり、さらにその中に 2-3 μm のデンプン粒が存在している。このデンプンが洗米・浸漬操作では吸水、加熱操作では

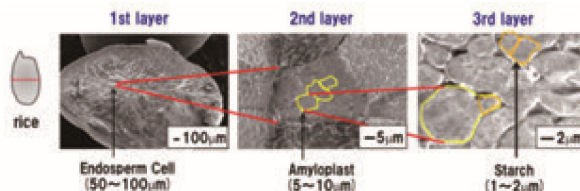


Fig. 2 Microstructure of the cross section of raw rice (SEM).

糊化、その後の保存操作では老化することで外観や物性が大きく変化し、食味に影響を与えることとなる。

3. 吸水状態のリアルタイム可視化技術の構築

浸漬操作は米粒内部まで水を浸透させるためのものであり、米飯のテクスチャーや風味、炊飯釜内の均一性を向上させる上で必要不可欠な工程である。米の吸水特性は、品種や産地、収穫年度などの米の種類だけでなく、精米や保管などの米の状態、さらには浸漬温度や時間などによっても大きく異なるため、浸漬時の米粒の吸水状態 (吸水量や吸水分布など) を正しく評価することが重要である。

これまで吸水状態の評価には、浸漬後の米粒が吸水した水分量を水分率計で測定する方法 [5] や水分の分布を MRI で測定する方法 [6] などが用いられてきた。これらの手法は正確性に優れている反面、遠心分離や低温高磁場環境が必要なことから、簡便性が課題である。そこで、我々は簡便かつ吸水量と吸水分布を正確に評価できる手法の開発を目指し、画像観察・解析による吸水状態のリアルタイム可視化および定量化を試みた。

3.1 実験

米粒は吸水することで白濁した外観から透明へと変化していくが、この現象を利用し、偏光によって変化を強調することで浸漬米の吸水状態の変化を評価した。

4 粒の米粒を軽く洗米し、25℃の水に浸漬しながらデジタルマイクロスコープ (キーエンス製 VHX2000) で 1 分ごとに浸漬米の外観および吸水分布の変化を 120 分間撮影した。また、得られた画像を解析して外観変化

〒554-0051 大阪市此花区西島 6 丁目 19 番地 9 号
† Fax: 06-6462-3433, E-mail: ha-tomita@osakagas.co.jp

を定量評価し、従来の水分率測定法（米粒を浸漬後、キムワイプで水分除去し、135℃ 3h 乾燥前後の重量変化から水分率を算出）の結果と比較した。従来法では洗米直後、浸漬 5、10、20、30、40、60 分後の水分率を測定した。なお、米は品種、産地の異なる 8 種類の精白米を利用した。

3.2 定性分析結果

Fig. 3 に各浸漬時間における米粒の偏光画像を示す。時間の経過とともに米粒は白色から黒色へと変わり、胚芽跡および周辺部から吸水される米粒と、浸漬途中で生じるクラックから色が急速に変化する米粒があることがわかった。他の米でも両者の割合が異なるものの、同様の結果となり、米によって吸水過程が異なることが示唆された。

3.3 定量分析結果

次に、画像解析により米粒の平均輝度を評価した。Fig. 4 は 4 粒の平均輝度の変化であるが、浸漬後 20 分

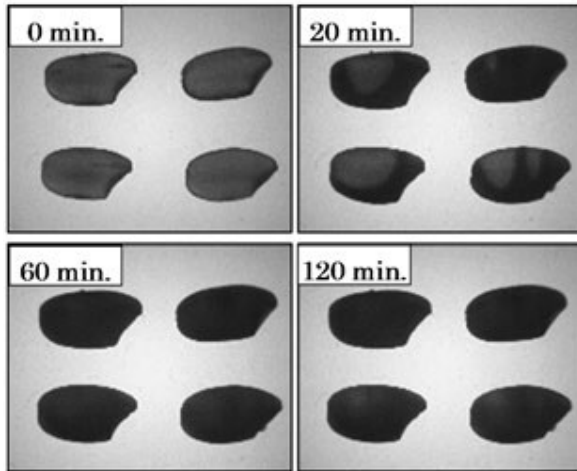


Fig. 3 Polarized images of soaked rice at different time points.

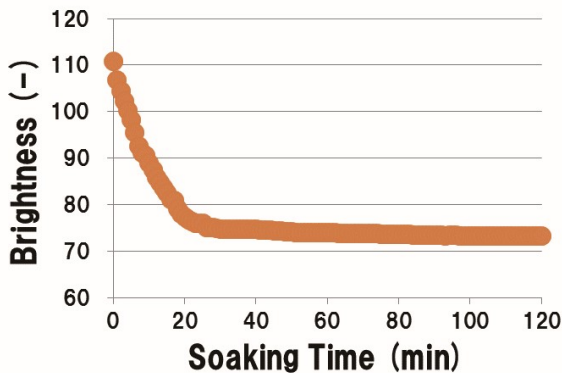


Fig. 4 Average brightness changes of the four rice grains during soaking.

ほどの間に急速に減少し、その後は平衡値に向けて徐々に収束し、60~90 分ほどで平衡状態に到達した。これらの傾向は、Fig. 3 の画像や水分率の結果ともよく一致していた。

3.4 相関分析結果

8 種類のサンプルについて、従来法により得られた水分率と平均輝度の関係性を評価した。Fig. 5 に示すように、両者の間には非常に強い負の相関が得られ、平均輝度の変化を計測することで、水分率の変化を推定可能であることが示唆された。

4. ま と め

炊飯前の浸漬時の米粒の吸水状態を偏光カメラで動画撮影し、画像解析によって連続的かつ簡易に定性・定量評価する手法を開発した。品種、産地の異なる精白米の吸水状態をリアルタイムで可視化した結果、米粒によって吸水経路や水分分布が異なることがわかった。また、画像解析により、米粒の輝度の変化が従来手法による水分率測定結果と非常に高い相関を示すことがわかった。これらの結果から、浸漬米の吸水経路、分布、量を評価する上で偏光画像による吸水状態評価が有効であることが示された。

なお、本稿では述べなかったが、本技術は精白米だけでなく、玄米や酒米、豆、クルトンなどの吸水特性評価でも有効であることが確認できた。

5. お わ り に

本実験では同じ品種・産地の米を用いた場合でも、米粒によって吸水特性が異なることがわかった。そのため、米の特徴を把握するには一定量の米粒を評価することが必要であると考えられる。弊社では、米の整列技術および画像解析技術を用いて、約 100 粒程の米

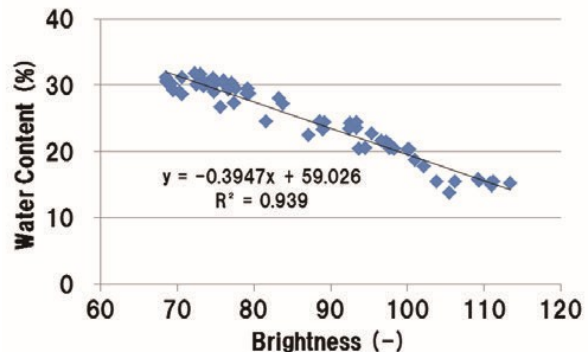


Fig. 5 Correlation between brightness and water content.

粒の吸水特性を評価するシステムを構築した (Fig. 6).
今後は、開発した技術を基に米の吸水特性分析などを行うとともに、分析技術のさらなる精度向上を目指す予定である。

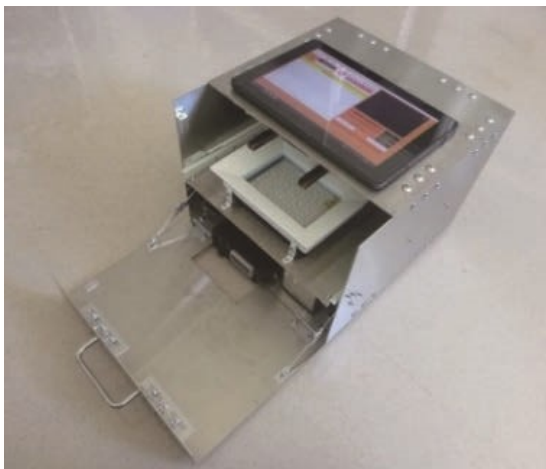


Fig. 6 Image of Rice water Absorption Inspection System (RAIS).

引用文献

- 1) H. Tomita, T. Takemori, N. Sakai, M. Fukuoka; A real-time measurement method for visualizing water distribution and measuring water content in rice grains during the soaking process. IUFoST 18th World Congress, 818 (2016).
- 2) H. Tomita, K. Sakamoto, T. Takemori; Soaking Time-Related Changes in Microstructures and Texture of Cooked Rice (in Japanese). *J. Cookery Sci. Jpn.*, **48**, 18-25 (2015).
- 3) A. Nagataki, H. Tomita, Y. Himeda, T. Takemori, M. Fukuoka; A quantification method of retrogradation for cooked rice based on a single isolated peak in X-ray diffraction. *J. Cereal Sci.*, **79**, 80-85 (2018).
- 4) K. Uchida, H. Tomita, T. Takemori, H. Takamura; Effects of Grilling on Total Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Eggplant (*Solanum melongena* L.). *J. Food Sci.*, **82**, 202-207 (2017).
- 5) A. K. Horigane, K. Suzuki, M. Yoshida; Moisture distribution of soaked rice grains observed by magnetic resonance imaging and physicochemical properties of cooked rice grains. *J. Cereal Sci.*, **57**, 47-55 (2013).
- 6) K. Sakamoto, S. Morii, M. Ueda; Differences in Water Absorption of Rice When Soaked in Warm and Cold Water (in Japanese). *J. Cookery Sci. Jpn.*, **48**, 193-199 (2015).