

## 酵素処理が冷蔵米飯の表面劣化と老化におよぼす影響の解明 Study on Change in Appearance and Retrogradation of Cooked Rice during Storage in Low Temperature

大西 未紗<sup>a</sup>, 田口 拓実<sup>a</sup>, 大元 智絵<sup>b</sup>, 勝野 那嘉子<sup>a</sup>, 西津 貴久<sup>a</sup>  
Misa Onishi<sup>a</sup>, Takumi Taguchi<sup>a</sup>, Chie Omoto<sup>b</sup>, Nakako Katsuno<sup>a</sup>, Takahisa Nishizu<sup>a</sup>

<sup>a</sup>岐阜大学, <sup>b</sup>味の素株式会社  
<sup>a</sup>Gifu University, <sup>b</sup>Ajinomoto Co., Inc.

糖質に作用する酵素（2種）を添加して加熱調製した米ゲルの極小角 X 線散乱測定を行った。酵素を添加しない場合、冷蔵保存開始後 3 日から 5 日の間に澱粉凝集構造に変化が生じることが明らかになった。また添加する酵素の種類によって、澱粉老化に伴う凝集体形成挙動が異なることが推定された。

**キーワード：** 酵素処理, 糊化澱粉, 冷蔵保存, 老化挙動, 極小角 X 線散乱

### 背景と研究目的：

個食化志向に支えられる形で中食産業の市場規模が拡大しており、その主役である炊飯米の需要も当然ながら拡大の一途をたどっている。流通形態としては、コンビニエンスストアや食品スーパーを介した販売が主流であるが、炊飯後から店頭を経て消費者の手に渡るまでには一定の時間が経過する。炊飯米の主成分である澱粉は、時間が経過するに従い、老化が進行して食味および外観が悪くなることが知られている。低温で流通・保存すると老化は逆に促進されることが知られているため、消費期限を短めにして常温で流通させているのが現状である。低温で流通・保存しても品質が劣化しない方法を見出すことができれば、消費期限を長く設定できるなど、食品加工業における意義は大きい。

最近、例えば  $\alpha$ -グルコシダーゼなどの各種酵素製剤を炊飯時に添加することで、炊飯米の粘り、光沢、粒感などの物性や外観品質が向上することが見いだされ、一部製品化されている。酵素製剤の添加により物性が変化するだけでなく、時間経過による物性・外観品質の変化や老化の抑制にも一定の効果があることが経験的に知られており、上記問題を解決できる可能性がある。しかし、その物性・外観品質変化と老化抑制機構については不明な点が多い。そこで、米飯の冷蔵保存中の糊化澱粉の構造的変化におよぼす酵素処理の影響を定量的に評価することで、冷蔵保存時の物性・外観品質・食感の維持や老化抑制に活かすことができると考える。

これまで当研究グループでは冷蔵保存による外観品質、特に光沢の変化についての検討を行ってきた。炊飯直後の表面では、溶出した澱粉が糊化し、均一に分散しているため、表面はなめらかで光沢があるが、炊飯米を冷蔵保存することによって、澱粉の部分的な再結晶化に伴い、凝集体が生成し、不均一化することで表面に凹凸が生じるとの推定される。2017 年度に SPring-8 の BL19B2 で行った極小角 X 線散乱測定により、この推定を裏付けるデータをすでに得ている[1]。

本実験では、これまでの知見をもとに酵素を添加した米ゲル中のアミロース、アミロペクチンの凝集構造を定量的に評価することで、冷蔵保存中の炊飯米表面形状の変化と老化・食感変化におよぼす酵素処理の影響を明らかにすることとした。アミロペクチンを構成する 1 つのブロックレットの大きさが 50–500 nm であり、アミロペクチンブロックレットの凝集挙動が表面の凹凸に影響を与えていると予想されることから、このスケールの構造体変化をとらえるために SPring-8 での極小角 X 線散乱測定を行った。

### 実験：

米粉 1 部を水 1.4 部に  $\alpha$ -グルコシダーゼ (AG) またはブランチングエンザイム (BE) を適量分散させて加熱調製した米ゲルサンプルを極小角 X 線散乱測定に供した。また加熱終了後すぐに 4°C または 15°C で一定期間冷蔵したサンプルも同様の測定に供した。

極小角 X 線散乱測定には、ビームライン BL19B2 の極小角 X 線散乱装置（検出器 PILATUS2M, カメラ長 40.755 m）を使用した。測定時の試料温度は室温付近になるように直前に調整した。

### 結果および考察：

酵素を添加せず糊化させた米粉の 15°C 保存中の散乱曲線の変化を図 1 に示す。保存 0 日のサンプルでは、散乱ベクトル  $q = 0.09 \text{ nm}^{-1}$  付近にブロードな極大が認められ、保存 3 日後まで散乱曲線に変化は見られなかった。保存 5 日後のサンプルでは、 $q = 0.05 \text{ nm}^{-1}$  付近にブロードな極大が出現した。このことから、酵素を添加していない糊化米粉は、保存 3 日から 5 日の間に澱粉凝集構造の変化が生じていることが推定された。

酵素を添加して糊化させた米粉の 15°C 保存中の散乱曲線の変化を図 2 および図 3 に示す。酵素無添加のサンプルと同様に、0 日保存のサンプルにおいて、 $q = 0.09 \text{ nm}^{-1}$  付近にブロードな極大が出現した。AG 添加サンプルでは、保存 1 日目まで散乱曲線に変化が認められなかったが、保存 3 日目以降、極大が低角側にシフトした。一方、BE 添加サンプルでは、保存日数の経過に伴って極大ピークが低角側にシフトした。この結果は、添加する酵素の種類によって、保存時の澱粉老化に伴う凝集体形成挙動が異なることを示すと考えられる。保存 5 日目では、酵素添加の有無に関わらず、 $0.09 \text{ nm}^{-1}$  付近にブロードな極大を持つ散乱曲線となったことから、保存が長期になり老化が進行すると最終的に同じ老化状態になると考えられる。

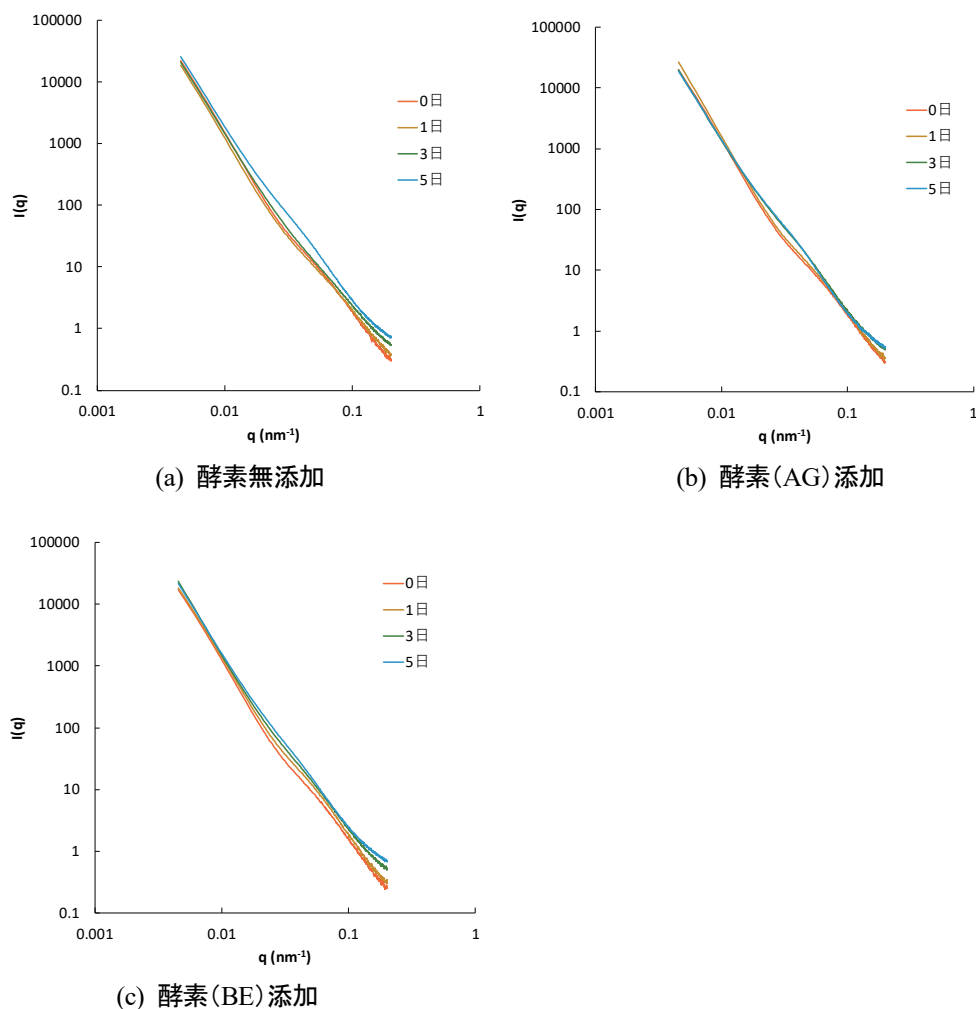


図 1 米ゲルの散乱プロファイル(15°C 保存)

### 参考文献：

- [1] 勝野那嘉子：冷蔵米飯の表面劣化メカニズムの解明. 科学研究費助成事業研究成果報告 16K16263, 2018.