

学位論文要旨

学位論文題目 米飯の老化の評価法に関する研究

氏 名 大田原 美保

米飯中の糊化澱粉は、特に冷蔵保存によりアミロースやアミロペクチン分子が会合し、部分的に密な集合状態に移行して、結晶構造を一部回復する。これを澱粉の老化 (retrogradation) という。米飯では外観、硬さ、粘りなどの性状が変化し食味が低下する。これを米飯の老化 (staling) といい、老化による食味低下の評価と品質制御は米飯の調理加工における重要な課題である。しかし、米飯の老化に関する研究は、物性変化や澱粉の老化の比較研究が多く、米飯の老化を官能評価により捉えた研究は僅少である。そのため、官能評価で捉える米飯の老化した感じ (米飯の老化感) の客観的測定値による予測や、米飯の物性変化を速度論的に解析し、食味低下を予測した研究は見られない。また、米飯粒内の変化を視覚情報として捉えて数値化し、老化による食味低下と関連付けた研究はない。

本論文は、官能評価、物性測定、澱粉の老化、米飯粒の画像解析等の検討により、食味低下を伴う米飯の老化を多面的な視点から評価する方法を構築することを目的とした。

まず、品種や加水比を変えて炊飯した米飯を、4°Cで最長 48 時間まで冷蔵して合計 50 種類の米飯試料を調製し、官能評価により“米飯の老化感”を評価した。さらに老化感の評価点とデンプンの老化、物性測定等の客観的測定値の関係を検討した。“米飯の老化感”を目的変数とし、物性測定項目を説明変数とする重回帰分析の結果、テクスチュロメータで得た硬さ(H)と粘り(S)を説明変数とする重回帰式： $y = 0.86 x_1 - 3.15 x_2 - 0.48$ (y , 米飯の老化感; x_1 , テクスチュロメータによる硬さ; x_2 , テクスチュロメータによる粘り; $R^2 = 0.87$) が得られ、“米飯の老化感”の予測が可能となった。

次に、米飯の硬さと粘りの変化速度により米飯の老化を評価した。高アミロース米、モチ米を含むアミロース含量の異なる 5 品種の米を試料とした。米飯の硬さ(H)、粘り(S)の経時変化を冷蔵 168 時間までの変化量に対する変化率として無次元化し、1 次速度式に近似して解析した。その結果、硬さ、粘りの変化速度の指標となる速度定数はいずれの品種も保存期間の途中で 2 段階となり、速度定数が異なる前半期と後半期に分かれた。硬さの増大の速度定数は、品種により前半期の速度定数が大きい前半期型、前半期と後半期の違いが不明瞭な平均型、後半期の速度定数が大きい後半期型と分類することが可能であり、米の品種による特徴を反映するものと考えられた。粘りの低下の速度定数は、いずれの品種でも前半期よりも後半期の速度定数が大きく、また、アミロース含量が多い米ほど粘りの低下の速度定数が大きいことが示された。さらに 1 次速度式をもとにした、硬さと粘

りの両変化を考慮した食味低下のシミュレーションにより、米飯の老化による食味低下の目安時間が品種ごとに示された。

次に、老化の新規評価法として圧縮米飯粒法を検討した。米飯を薄く圧延すると、老化した米飯では白色化が進み粉状部分の増加が観察されることに着目した。冷蔵後の飯1粒を0.1 mmの一定厚さに圧縮したプレパラート（圧縮米飯粒）の作成方法を本研究で考案し、圧縮米飯粒の色と画像解析により老化を評価した。顕微鏡撮影による4品種の圧縮米飯粒画像の輝度ヒストグラムは、冷蔵時間の経過と共に右上がりのシャープなピークを持つ形状（高輝度が多いことを示す）からピークが平坦あるいは左上がりの形状（低輝度が多いことを示す）にシフトした。米粒内輝度分布として捉えたこのような視覚的变化は、物性測定や官能評価による変化の傾向と一致しており、米飯の老化の進行を捉えたものと推察された。また、圧縮米飯粒画像の2値化（しきい値輝度130）によって数値化した白色面積率 α_{130} の値は老化感との相関が高かった。以上より、圧縮米飯粒の色と画像解析による評価法は、米飯の老化を視覚的かつ数量的に示すことができる有用で新たな評価方法であることが示された。

米飯の冷蔵による澱粉の老化をX線回折による結晶構造の変化およびDSCによる熱分析によって評価し、さらに米飯の老化感の評点、物性値との関係について検討した。その結果、X線回折により結晶構造の回復が観察された試料は、官能評価による老化感が極めて高かったことから、結晶構造の回復のピークは初期老化を超えて老化が進行した状態の指標と考えられた。DSCによる老化澱粉の吸熱エンタルピー量（ ΔH ）と物性測定による硬さ、粘りおよび官能評価による老化感との関係はバラツキが大きく、 ΔH の変化は初期老化と必ずしも対応しなかった。これらの結果より、物性値や官能評価で捉える米飯の老化は、X線回折やDSCによる結晶状態の変化が明瞭になる前から進行していると推察された。

最後に、本研究で構築した老化の評価法を調味料添加米飯の老化の評価に適用した。その結果、食塩添加米飯は無添加米飯よりも老化の進行が速く、食酢添加米飯や合わせ酢添加米飯は老化の進行が遅い傾向が、物性変化の速度定数、圧縮米飯粒の色（ L^* ）、白色面積率 α_{130} として数量的に、圧縮米飯粒画像の輝度ヒストグラムの変化として視覚的に明らかとなった。

本研究で構築した主に3つの評価法：1. 硬さと粘りの物性値を用いた“米飯の老化感”の予測式による評価法、2. 米飯の物性変化に1次の速度式を適用して解析した変化速度による老化の評価法、3. 圧縮米飯粒の色と画像解析により米飯の老化を視覚的および数量的に示す評価法は、評価目的に応じた多面的な米飯の老化の評価方法として、米飯の品質予測や制御に大いに貢献できると考えている。