

小麦グルテンネットワーク形成における食塩の役割

裏出 令子（京都大学大学院農学研究科）

鵜飼 智代（京都大学大学院農学研究科）

製パン工程における食塩の添加は、パンの風味だけでなく酵母及び小麦粉成分に働きかけてパンの容積やすだちを改善する作用があると理解されている。透過型電子顕微鏡で生地の微細構造を観察すると、食塩の有無により差異が見られる。また、パン生地の物性に食塩が与える影響は大きく、生地の伸展性と抗張力を増大させ粘着性を減少させる。食塩のこのような効果は、ミキシングの際の小麦タンパク質間の相互作用への影響によるものと推定されている。すなわち、ミキシングにより小麦粉の主要タンパク質であるグルテニンとグリアジンなどが複雑に相互作用してグルテンが形成されるが、食塩はグルテン内のタンパク質間相互作用を変化させると考えられている。しかし、その分子機構は不明である。

われわれは、食塩を添加した生地を水中で洗いグルテンを調製すると、その収量が食塩無添加生地に対して著しく低いことを見出した。これは、生地のグルテンを構成するタンパク質の状態が食塩の有無によって異なるために、タンパク質の水への溶解性に差が生ずることを示唆している。そこで、パン生地から洗浄により水に溶け出してくるタンパク質の量を定量し、その組成を SDS-PAGE により分析した。

食塩無添加生地からは、最初の 10 分間の洗浄で全タンパク質の約 10% に相当するタンパク質が溶出し、これらのタンパク質は水溶性のアルブミン等のタンパク質であると推定された。その後の洗浄によるタンパク質の溶出は、ほとんどなかった。一方、食塩を添加した生地からは、アルブミン等の溶出後さらに洗浄を継続すると、20～30 分

後に分子量が 30～45 kDa のタンパク質が選択的に溶出した。溶出量は生地に添加した食塩濃度に依存して増加し、0.255 M 食塩添加では約 20%、0.51 M 食塩添加では約 30%、1.02 M 食塩添加では約 40% のタンパク質が溶出した。これ以上の食塩添加では、タンパク質の溶出量は増加せず頭打ちとなった。

食塩添加生地から特異的に溶出した 30～45 kDa のタンパク質の N 末端アミノ酸配列を解析し、これらが α/β グリアジン及び γ グリアジンであることを明らかにした。グリアジンは洗浄開始 20 分以降にしか溶出しなかったことから、溶出には生地中の食塩濃度の低下が必要であることが推定された。そこで、0.51 M 食塩水で生地を洗浄したところ、グリアジンの溶出はほとんど検出されなかった。また、ナトリウムあるいは塩素以外のイオンの塩を生地に添加し、タンパク質溶出効果を検討した。リチウムイオン以外はカオトロピック効果の高い塩ほど高い効果が得られた。

以上の結果から、食塩の添加により生地のグルテンを構成しているタンパク質のうち特にグリアジンの状態が大きく変化することが明らかとなった。その原因として食塩によるタンパク質の構造が変化することが考えられたため、生地の蛍光スペクトルを解析しタンパク質のトリプトファン残基の環境がより疎水的な環境に変化することを明らかにした。また、フーリエ変換赤外吸収スペクトル解析による二次構造予測から、食塩添加により分子間 β シート構造が減少し、分子内 β 構造、 β ターン、ランダムコイル及びアミノ酸側鎖の伸展が増加することを明らかにした。