

超音波位相速度による凝乳過程モニタリング法の開発

岐阜大学応用生物科学部・准教授 西津 貴久

■ 目的

凝乳工程管理は、サンプリングによる滴定酸度測定や硬度測定に頼っているのが現状である。製造中の製品パッケージやタンクの外から凝乳ステージを実時間でモニタリング可能な方法が実用化されれば、安定した品質の製品を効率よく製造することが可能になる。

本研究では、酵素添加による凝乳過程に注目し、この位相速度の変化をカゼインの物性変化の観点から検討するとともに、前述の知見も合わせて位相速度が凝乳過程を反映する理論的根拠を明確にし、凝乳酵素による凝乳過程を実時間モニタリング可能な方法の開発に資することを目的とする。

■ 方法

市販牛乳 50mL が pH6.3 になるように約 0.6g/mL の乳酸を添加した後、0.052g/mL の CaCl_2 水溶液を 1 mL、*Mucor miehei* 由来レンネット酵素溶液 (SHIGMA-ALDRICH, R5876-10G typeII, 0.625g/100mL) を 50 μL 添加したものを測定に供した。この試料を用いて、1411515.9Hz の超音波位相速度、みかけの密度、極限密度数、そしてカゼインミセル密度について酵素添加後の経時変化を測定した。みかけの密度とカゼインミセル密度については、それぞれケロシン-プロモベンゼン密度勾配管、スクロース密度勾配管を用いた。

■ 結果および考察

酵素添加直後には超音波位相速度の変化は認められないが、8分後より増加し始めた。極限密度数は8分後より減少し始めた。Laplace の式は、密度 ρ が減少すると位相速度が増加することを表していることから、極限密度数の減少が位相速度の増加に関与しているものと考えられる。一方、マクロな密度増加は8分以内でも増加しているために、位相速度への影響は極限密度数と比較して極めて低いものと推察される。

カゼインミセルの密度は、酵素添加後、減少傾向を示すことが明らかになった。よって、極限密度数の減少はカゼインミセル密度の減少に起因している可能性が高いものと推察される。

■ 結語

以上のことから、酵素反応によるカゼインミセル表面の疎水性の変化とそれに伴うミセル間の凝集が極限密度数を減少させ、それが超音波位相速度の増加に関与しているものと考えられる。

本研究から凝乳酵素反応の1次相からゲル化に至る過程で超音波位相速度が増加することが判明したが、今後はこの超音波位相速度変化とゲル化との関係を明らかにすることにより、超音波位相測定をミルクカードの切断最適時期の推定に利用できる可能性があるものと考えられる。