

マイクロチャネルと高分子乳化剤を活用した ダブルエマルジョンの高度製造技術の開発

東京都市大学工学部エネルギー化学科・准教授 黒岩 崇

■ 目的

液体中に分散した液滴(水滴または油滴)内に、さらに微細な液滴が分散した多重構造の乳化懸濁液はダブルエマルジョンとよばれる。中でも、水中に分散した油滴内に微細な水滴が分散した water-in-oil-in-water 型(W/O/W)のダブルエマルジョンは、マヨネーズタイプドレッシングなどの乳化食品中の油使用量を低減し、さらに内部水滴に水溶性の栄養機能成分を封入できるといった利点から、高機能な食品素材として注目が集まっている。本研究では、安定かつ高機能なダブルエマルジョンの作製に向けて、(1)マイクロメートルサイズの微小流路を用いた「マイクロチャネル乳化法」による極めて温和な液滴形成プロセスの採用と、(2)油-水界面の安定性を高める高分子乳化剤の使用、という2つのアプローチにより上記問題を克服することを目指して研究を行った。高分子乳化剤としてカゼインナトリウムを使用し、マイクロチャネル乳化法によるダブルエマルジョンの作製挙動に対する諸因子の影響を調べた。

■ 方法

水溶性蛍光分子であるカルセインを溶解したトリス塩酸緩衝液と、脂質混合物(卵黄ホスファチジルコリン、コレステロールおよびオレイン酸)を溶解したヘキサンを混合し、超音波処理により water-in-oil(W/O)エマルジョンを作製した。この W/O エマルジョンを分散相とし、乳化剤としてカゼインナトリウムを種々の濃度で添加したトリス塩酸緩衝液を連続相として、マイクロチャネル乳化法により W/O/W エマルジョンを作製した。多相液滴の形成挙動は顕微ビデオシステムを用いた乳化部の直接観察により評価した。回収した多相エマルジョン液滴へのカルセインの内包率はコバルトイオンを利用した蛍光消光法により求めた。

■ 結果および考察

乳化剤としてカゼインナトリウムを用いてマイクロチャネル乳化法によりダブルエマルジョンの作製を試みた結果、平均液滴径が $30\mu\text{m}$ 程度、液滴径のばらつきを示す変動係数の値が 14% 程度の準単分散なダブルエマルジョンが得られた。界面張力、マイクロチャネル乳化時のブレイクスルー圧(分散相がマイクロチャネルを通過するのに必要な圧力)およびダブルエマルジョン液滴径に対するカゼインナトリウム濃度の影響を調べた結果、カゼインナトリウム濃度が 0.5wt% 以下および 1.5wt% 以上の範囲でそれぞれ特徴的な乳化挙動が観察された。低分子乳化剤を用いた場合とは異なる挙動を示したことから、カゼインナトリウムの添加により油相-水相間の界面物性が変化し、乳化特性に影響を与えたものと考えられた。

さらにダブルエマルジョン液滴へのカルセインの内包率は、カゼインナトリウムを添加していない場合は 60% 程度であったのに対し、0.5wt% 以上のカゼインナトリウムを添加した場合は 80% 以上(最大 94%) の高い値が得られた。この結果から、ダブルエマルジョン液滴への水溶性物質の内包化には、カゼインナトリウムのような高分子乳化剤の添加が有効であることが示された。

■ 結語

本研究では、ダブルエマルジョンの高度製造技術の開発を目指して、カゼインナトリウムを乳化剤として用いたマイクロチャネル乳化法によるダブルエマルジョンの形成挙動について検討した。外力による剪断を必要としないマイクロチャネル乳化と、界面を安定化させる高分子乳化剤の利用により、高品質なダブルエマルジョンを作製できる可能性が示された。今後、高分子乳化剤の吸着と油水界面の物性に着目してデータを積み重ねることで、本法によるダブルエマルジョンの作製特性の詳細が明らかとなり、ダブルエマルジョンの精密製造技術の構築と製品のさらなる高品質化につながる有用な知見が得られると期待される。