

食品微生物の膜分離に関する研究

田 中 孝 明

Studies on Membrane Filtration of Food Microbial Cell Suspensions

by Takaaki TANAKA

食品工業では粒子の除去・回収に多数の分離プロセスが用いられている。特に酵母や細菌などの微生物菌体は、①大きさがミクロンオーダーと小さい、②水との比重差が小さいため、沈降速度が低い、③軟らかいため、濾過ケーキの圧縮性が高い、という理由から、硬い珪藻土などの濾過助剤を用いて濾過分離されている。菌体の回収が必要な場合は遠心分離法が用いられるが、上記の①及び②のため、高速回転が必要となり、スケールアップが困難である。濾過法はスケールアップが容易であるが、濾過助剤を用いると珪藻土などを含む難分解性の濾過残渣が大量に発生する。

受賞者は、食品・バイオプロセスにおける微生物菌体の濾過法の研究に取り組み、まず、濾過助剤を必要としないクロスフロー膜濾過法の研究を進めた。クロスフロー膜濾過法は濾過膜に平行な流れにより、濾過抵抗増加の主要因である膜面上の粒子層（濾過ケーキ）の形成を抑制し、高い濾過速度（透過流束）を得る方法である。受賞者は引き続き、濾過材料の廃棄問題解決のために、近年安価に供給されるようになった生分解性ポリエステル材料を用いた濾過膜の開発研究にも取り組んでいる。

1. 食品微生物の懸濁液・培養液のクロスフロー濾過法に関する研究

食品微生物にはパン酵母のような球形に近い球菌から納豆菌（枯草菌）のような細長い桿菌まで種々の形状のものがある。受賞者は最初に球形に近い各

種酵母の懸濁液と平膜型濾過モジュールを用いて種々の濾過条件がクロスフロー濾過の透過流束に及ぼす影響を検討した。その結果、定常透過流束が①剪断応力の約0.7乗、菌体濃度の約-0.3乗に比例すること、②酵母の種類によって、比例係数が異なることを示した。また、これらの指数・比例係数を用いて数値計算を行うことにより、非定常過程における透過流束の変化が予測できることを示した。

次に受賞者は桿菌の培養液・懸濁液のクロスフロー濾過法の研究に取り組んだ。桿菌の場合、菌体濃度及び圧力一定の濾過条件でも定常透過流束が得られず、濾過ケーキの比抵抗がデッドエンド型濾過（通常の濾過）で測定した値よりも著しく高くなった。そこで、濾過ケーキの内部を走査型電子顕微鏡観察する方法を開発し、①デッドエンド型濾過では棒状の桿菌がランダムに堆積して濾過抵抗の低い、粗な濾過ケーキが形成されるのに対し、②クロスフロー濾過では濾過が進行すると膜面に平行に菌体が整列した密な濾過ケーキが形成され、濾過抵抗が著しく増加することを明らかにした。

パン酵母の培養に用いられる糖蜜などの工業用培地には微粒子成分が含まれる。受賞者は糖蜜培地を用いて培養したパン酵母培養液のクロスフロー濾過を行い、培地由来の微粒子成分が濾過抵抗を著しく増加させることを示した。この現象を詳しく調べるために不定形の培地由来の微粒子の代わりに均一な球形ポリスチレンラテックス粒子（直径：500nm）を合成し、モデル的な夾雑微粒子として酵母懸濁液に

添加してクロスフロー膜濾過を行い、膜孔径などが透過流束に与える影響を明らかにした。

クロスフロー濾過において透過流束が低下する場合、50-100kPaの逆圧をかけて濾過膜の透過液側から濾液を逆流させ、膜面上の濾過ケーキを除去する「逆洗法」が適用される場合が多いが、高い逆圧に耐える濾過膜が必要となる。受賞者は、バイパスを設けて濾過モジュール内の懸濁液の流れを停止させることにより、逆洗時に2-3kPaという低い逆圧で濾過ケーキを除去する方法を開発した。この改良型逆洗法を桿菌培養液及び糖蜜培地で培養したパン酵母培養液のクロスフロー濾過に適用したところ、平均透過流束を5-10倍に高められた。

2. 生分解性ポリエステル製濾過膜の開発

低濃度の粒子の除去には循環用ポンプや攪拌翼の

不要なデッドエンド型濾過の方がクロスフロー濾過よりも装置的にもエネルギー的にも有利と考えられるが、目詰まり後の濾過膜の廃棄が問題となる。そこで、受賞者は生分解性ポリエステル材料を用いたコンポスト(堆肥)化処理可能な濾過膜の開発研究を進めている。ポリ乳酸などの生分解性ポリエステル製濾過膜を開発し、その性能評価を行った。ポリ乳酸-ポリカプロラクトン-ポリマーブレンド膜はパン酵母懸濁液に対してデプスフィルター(膜内阻止型の濾過膜)として作用し、スクリーンフィルター(膜表面阻止型の濾過膜)を用いた場合よりも低い濾過圧力で高い透過流束が得られることを示した。

以上の研究に対して、受賞者は2007年8月に日本食品工学会から奨励賞を授与された。