

# 食品分野（特に製糖工業）における膜研究開発の現状と課題

神戸大学農学部

岸原 士郎

## 1 はじめに

食品分野において膜分離技術が利用される可能性は非常に広く、その技術の開発以来、実用化が徐々に進んでいる（表1<sup>1)</sup>参照）。それらのうちで現在最も成果が上がっているのは乳業における利用であろう（神武の総説<sup>2)</sup>参照）。食品分野は多岐にわたり、ある業種の成功がそのまま他の業種に応用できるとは限らないので、膜利用の研究開発は業種別に行う必要がある。しかしながら、開発の理念（手法）は種々の業種間で共通な面が多々あろう。ここでは製糖工業における研究開発を例にとって述べる。

表1 食品産業におけるUFとROの実用例<sup>1)</sup>

トマトジュースの濃縮、リンゴ・ブドウおよび柑橘ジュースの清澄化、卵白の濃縮、全卵の蛋白濃縮*、コーヒーの濃縮*、アスパルテームの濃縮、天然色素の濃縮、植物油類の清澄化、砂糖の精製、マルトースの精製、サイクロデキストリンの製造、低アルコール濃度ビールの製造、ワインの製造、生酒の製造、焼酎の製造、脱塩による調味料の製造、調味料の製造、蛋白分解液からのアミノ酸の分離、酵素の精製、チーズホエーからの蛋白質と乳糖の回収、高蛋白乳の製造、分画乳を用いた各種チーズの製造*、On Farm Processing*、獣血からの有価成分の回収、大豆ホエーの処理、澱粉廃水処理、水産加工廃水処理
---

\* 日本以外で実用化されているもの

## 2 製糖工業への膜分離技術の利用

まず最初に膜分離技術がどの工程で利用可能かを考える必要がある。従来の製糖工程の概略を図1に示す。この工程において膜分離技術は次のような利用法が考えられる。

### 1) 糖汁の精製

- a) 限外濾過（UF）による高分子不純物の除去
- b) 電気透析（ED）による無機塩類の除去

### 2) 逆浸透法（RO）による糖汁の濃縮

### 3) UFまたはEDによる糖蜜の精製

### 4) UFまたはROによる廃液の処理

## 3 UFによる糖汁、糖蜜の清浄

UFによる糖汁の清浄効果は大きい。<sup>3,4,5)</sup>

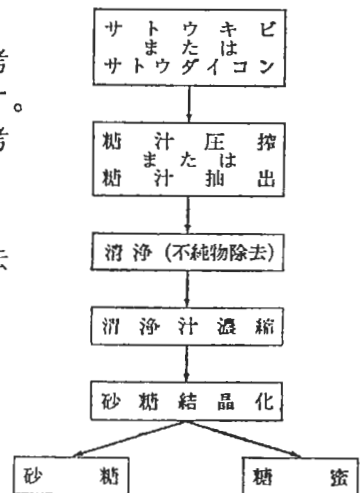


図1 原料糖または耕地白糖製造法

例えば<sup>5)</sup>、純糖率 90.3% の甘蔗糖汁を PM-10 膜を用いて限外濾過すると、純糖率は 93.3% に上昇する。一方、通常の石灰清浄法によれば純糖率は 91.9% までしか上がらない。

### 3. 1 前処理の効果

甘蔗糖汁をそのまま (pH 約 5.3) 限外濾過すると、透過流束 (限外濾過速度) は小さく、膜の目詰まりもはげしい。しかも使用後の膜は水洗、アルカリ洗浄または洗剤洗浄によって性能を回復することができない。ところがこの糖汁の pH を石灰によって 7.5 以上に調整すると、透過流速は増大し (図 2<sup>5)</sup>)、使用後アルカリで洗浄すれば膜の性能は回復する。

### 3. 2 透過流束改善の工夫

糖汁中には可溶性高分子不純物やコロイド性物質が含まれているため、限外濾過の進行にともない、膜面にゲル層が生じ、透過流束は急に減少する。細かく砕いたバガス (サトウキビの圧搾残渣) を添加して攪拌することによってゲル層の形成を防ぐことができ、6 時間の試験の間透過流束の減少はほとんどみられなくなる<sup>6)</sup>。セラミック多孔管上にゲル層を形成させ、このゲル層をダイナミック膜 (自己排除膜) として使用することによって透過流束を大幅に改善することができる<sup>7)</sup>。また温度を 30°C から 60°C に上げることによって透過流束を約 2 倍大きくすることができる。処理温度を高くすることは着色を大きくする恐れはあるが、微生物汚染を防ぐのに大いに役立つ。

### 3. 3 処理液の評価

膜分離法の実用化の見通しをたてるためには、前項の透過流束の改善は非常に重要である。また、処理液の評価 (精製効果の測定) を正しく行うことも欠くことができない。この処理液の評価には困難を伴うことが多い。糖汁の限外濾過液は着色度が小さく、でんぷんや懸濁物質を含まず、

純糖率が高い。しかし、これらのことで処理液の評価をするのは不十分である。正しく評価するためには砂糖結晶の回収率の試験が必要であろう。結晶化試験<sup>8)</sup>によると、結晶の回収率は UF 処理によって高めることができ (表 2 参照)、回

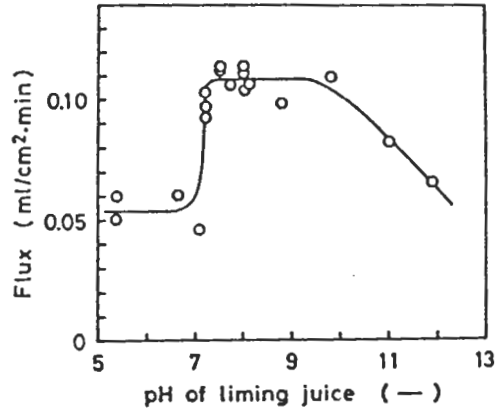


Fig. 2 甘蔗糖汁の限外濾過速度に及ぼす石灰添加の影響 (PM-10 膜, 60°C, 4 気圧)<sup>5)</sup>

表 2

Recovery of sucrose grains by the test pan procedure

Run	Ultrafiltrate	Second molasses
1	60.8	58.1
2	62.4	58.3
3	62.3	58.7
Average	61.8	58.4

収した砂糖結晶の着色度は小さくなる。また、結晶の成長速度もUF処理によって速くなる。さらに、UF処理液の粘性は小さく、煎糖法による結晶化試験中の泡立ちが非常に少ない。

#### 4 その他の利用

EDによる糖蜜の脱塩<sup>8,9)</sup>、UFによる糖蜜の脱色、UFによる濾過汁（石灰清浄法による糖汁の清浄の際の残渣沈澱物を多く含むマッドの濾液）の処理<sup>7)</sup>、ROによる糖汁の濃縮<sup>4,10)</sup>、UFまたはROによる廃水の処理<sup>11,12)</sup>が検討されてきた。

#### 5 膜分離技術の実用化

現在製糖工業において実用化されているものとして、EDによる糖蜜の脱塩とED供試糖蜜のUFによる前処理がある。また、小規模のUFによる糖蜜の精製も実用化している。ぶどう糖の製造工程に精密濾過を採用している工場もある。

#### 6 今後の課題

製糖工業においては膜分離技術はまだ一部で利用されているにすぎない。これらの工場では業績が上がっているため、今後徐々に実用化が広まって行くものと思われる。さらに発展させるためには膜汚染を少なくする前処理法の確立、装置面での工夫のみならず、処理液の評価法を確立普及することが必要であろう。また近年、耐熱性膜が開発され、膜性能も改善されてきているが、さらに高性能の膜の開発が望まれる。さらに製糖工業は、精製糖工場は別として、工場休業期がある。その間の膜および装置の保守についても考慮の必要があろう。

- 1) 渡辺敦夫：化学工学，51，595（1987）
- 2) 神武正信：膜，10，87，（1985）
- 3) R. F. Madsen: Intern. Sugar J., 75, 163 (1973)
- 4) W. K. Nielsen et al.: Sugar Technology Rev., 9, 59 (1982)
- 5) S. Kishihara et al.: Intern. Sugar J., 83, 35 (1981)
- 6) S. Kishihara et al.: Intern. Sugar J., 85, 99 (1985)
- 7) S. Kishihara et al.: J. Membrane Sci., 41, 103 (1989)
- 8) 国分哲郎：食品工業，26(18)，26（1983）
- 9) T. Yamauchi et al.: Intern. Sugar J., 87, 3 (1985)
- 10) 岸原士郎ら：南方資源利用技術研究会誌，3(1)，17（1987）
- 11) 岸原士郎ら：精糖技術研究会誌，28，61（1978）
- 12) 前川文男ら：特公 昭50-139078（1975）