[*Nippon Nōgeikagaku Kaishi* Vol. 69, No. 2, pp. 155~162, 1995]

トレハロースおよびエタノールを含む酵母抽出液の PV 膜による脱水濃縮

吉川ユミ, 松本幹治, 玉井理人
(横浜国立大学工学部物質工学科)

平成 6 年 6 月 13 日 受 理

Dehydration by Pervaporation Membrane of Yeast Extract Containing Trehalose and Ethanol

Yumi YOSHIKAWA, Kanji MATSUMOTO, and Masato TAMAI
*Department of Material Science and Chemical Engineering,
Yokohama National University, Yokohama 240*

Trehalose can be used as a material for foods, toiletries, and medicines for its various functions. For example, trehalose protects biological membranes structure against damage by freezing or desiccation. A water-selective pervaporation membrane made of polyimide was used to remove the water from a yeast extract and to concentrate the trehalose and ethanol for trehalose crystallization instead of the conventionally method where the trehalose extracted from dried yeast using an ethanol-water solution is concentrated by distillation under reduced pressure and was crystallized by the addition of the pure ethanol. Separation, evaluated by the permeation flux and separation factor, was influenced by the feed rate and the concentration of dissolved materials. Bovine serum albumin and deoxyribonucleic acid (from salmon sperm) were used during the study of the effects of other materials present. When trehalose and these materials were in the mixture, separation was less than when only ethanol and water were present. However, the decrease in the permeation flux was made smaller by an increase in the feed rate, ultrafiltration of the extract, or treatment by activated charcoal. Trehalose could be crystallized from a yeast extract dehydrated with the pervaporation membrane when the temperature of the extract was lowered.

(Received June 13, 1994)

緒 言

ショ糖, マルトース, グルコースなどの糖類の結晶は, 一般にそれらの過飽和水溶液から晶出させて得る。過飽和溶液を調製する方法として水溶液の減圧濃縮が行われるほか⁽¹⁾, ケトン, アルコール類などの添加や冷却による溶解度の低下があわせて行われる⁽²⁻⁴⁾。

二糖類であるトレハロース (α -D-glucopyranosil- α -D-glucopyranoside) もこれらの操作により晶析母液より晶出される⁽⁵⁾。晶析母液は従来, 以下のように調製される^(6,7)。トレハロース含有量の多いパン酵母から 70~90

wt% のエタノール水溶液によってトレハロースを抽出する。抽出後の懸濁液から菌体, 蛋白質, イオン等を除去し, さらに減圧蒸留後, 濃縮液にエタノールを添加して晶析母液を調製する。すなわち抽出液中のエタノールおよび大部分の水を除去したのちエタノールを再添加する煩雑な操作である。母液の濃縮操作を簡略化するために, これまでにショ糖の濃縮に逆浸透膜を用いた報告があるが, 物理的, 化学的, 生物的な耐性に問題があり実用化が困難であると述べられている⁽⁸⁾。そこで本研究では従来法と同様な晶析母液を得るため, 水選択透過性パーバレーション膜を晶析母液の調製に用いた。

著者らは先に水選択透過性 PV 膜による含糖エタノール水溶液の脱水濃縮を行い, エタノール水溶液中のグルコースおよびマルトースが透過流束および分離係数の低下に関与することを報告した⁽⁹⁾. また, Mulder ら⁽¹⁰⁾ は彼らが製作した PV 膜の分離性能は供給液中の塩化ナトリウム, グルコースによって低下したことを報告した. これらのことから PV 膜による酵母抽出液の脱水濃縮に際しては抽出液中のトレハロース, 蛋白質, 核酸などの生体物質が膜分離特性に影響を及ぼすことが考えられる. しかしながら一般に PV 膜は主に有機溶剤の脱水に用いられるため, 水-有機溶剤に混入する第三成分が膜分離特性に及ぼす影響についての報告はほとんどない⁽¹¹⁾. 本研究ではトレハロースを含む供給液中の蛋白質, 核酸などの生体高分子が膜分離特性に及ぼす影響を検討し, さらに PV 膜による脱水濃縮に適した抽出液の処理方法を検討することにより, 酵母抽出液の脱水への PV 膜の適用を試みた.

実験方法

1. 膜および装置 水選択透過膜として宇部興産製のポリイミド製中空糸膜を用いた. 脱水濃縮過程の分離特性の試験には膜面積が 0.155 m^2 の膜モジュール II を, 供給液中の共存物質の影響の試験には膜面積が 0.0024 m^2 のモジュールを用いた. Table I にモジュール仕様の概略および操作条件を示す. モジュールはステンレス製の保持体と両端をエポキシ樹脂で束ねた中空糸膜からなる. 中空糸膜の外側を供給液が流れ, 透過液は減圧された内側へと浸透する. 装置概略図を Fig. 1 に

示す. 70°C の恒温槽内に供給液流路, 中空糸モジュールをセットした. 膜を透過した気体は液体窒素 (77 K) で冷却したコールドトラップで捕集され, 所定時間後に透過量を秤量した.

実験後, 膜を水道水を流しながら洗浄した後, さらに純水 (逆浸透濾過水) で洗浄し, 常温にて乾燥した. しかし洗浄には洗剤等を使用できないため, 洗浄は十分ではなく, 分離性能は使用回数の増大とともに徐々に低下した. すなわち透過流束の穏やかで連続的な増大とそれに伴う分離係数の低下が起こった.

2. 試料調製 供給液として酵母抽出液, および $45 \text{ wt}\%$ エタノール水溶液中に BSA (牛血清アルブミン, 分子量 $69,000$: 和光純薬, 特級), ESS (鮭精液製核酸, 分子量数百万: 和光純薬), トレハロース (和光純薬, 特級, 分子量 378) をおのおの溶解させたものを用いた.

酵母抽出液は以下のように調製した⁽¹²⁾. 生パン酵母を 105°C の対流式乾燥機中で 12 時間空気乾燥した (水分含量 $33\sim 34 \text{ wt}\%$). 得られた乾燥パン酵母 150 g を $45 \text{ wt}\%$, $60 \text{ wt}\%$ あるいは $70 \text{ wt}\%$ エタノール水溶液 1500 g とともに 25°C で 1 時間攪拌し, 酵母懸濁液を調製した. 酵母懸濁液を細孔径が $0.45 \mu\text{m}$ の精密濾過膜 (富士写真フィルム製) で濾過し抽出原液を得た後, それを 3 等分した. このうち 2 つはそれぞれ, 限外濾過膜 (東ソー製, 分画分子量 $10,000$) によるクロスフロー濾過および回分式の活性炭処理 (和光純薬製, 粒状炭) を行った. 他の 1 つは処理を施さなかった.

なお, トレハロース抽出率および溶存蛋白質濃度を測

Table I. The Membrane Specifications and Operation Conditions

Membrane specifications	
material	polyimide
type	hollow fiber
I. D./O. D.	$300 \mu\text{m}/500 \mu\text{m}$
length	0.1 m (module I) 0.2 m (module II)
area	0.0024 m^2 (module I) 0.155 m^2 (module II)
Operation conditions	
temp.	343 K
pressure	0.27 kPa (module I) 1.40 kPa (module II)
space velocity (feed rate)	$0.7\sim 37.1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

Fig. 1. The Schematic Diagram of Experimental Apparatus. 1, Feed tank; 2, Feed pump; 3, Membrane module; 4, Manometer; 5, Cold trap; 6, Vacuum pump; 7, Thermo constant bath.

定する場合は、前述の乾燥パン酵母 10 g に 0~75 wt% の濃度範囲で調製したエタノール水溶液 150 g を加え、前述の抽出条件で抽出した。

BSA, ESS およびトレハロースを溶解したエタノール水溶液の調製は以下のように行った。BSA をその濃度が 0.1 g/100 g までの範囲で、ESS は 0.05 g/100 g までの範囲で、トレハロースは 12 g/100 g までの範囲で、45 wt% エタノール水溶液中に溶解、あるいは分散させた。溶解あるいは分散は室温 (25°C) で行い、攪拌にはマグネティックスターラーを用いた。これらの物質の濃度は、酵母抽出液を脱水濃縮したのちに濃縮液中に含まれることが予想される濃度である。また、エタノール濃度は抽出に用いる最低限度の濃度であり、かつ、BSA と ESS の溶解が容易な 45 wt% とした。

3. 分析 捕集された透過液は常温に静置したのち秤量し、全透過流束 (エタノールの透過流束と水の透過流束の和) を求めた。また、透過液中のエタノール濃度は高速液体クロマトグラフィー (島津製作所製 LC-6 A, Bio-Rad 社製 HPX-87C カラム) により定量し、式 (1) を用いて分離係数を求めた。

$$\alpha_{W/E} = (Y_W/Y_E)/(X_W/X_E) \quad (1)$$

ここで X および Y は供給液中および透過液中の水 (W) とエタノール (E) の重量分率である。

供給液中のトレハロース濃度は高速液体クロマトグラフィーにより前記のカラムで定量した。トレハロースの比抽出率は乾燥処理を施さない生パン酵母 30 g を純水で 100°C, 1 時間抽出して得られた値を 1 とした。抽出液中の溶存蛋白質濃度は色素結合法により BSA を標準物質として定量した⁽¹³⁾。

抽出液中の分子量の分布は分子量分析カラム (東ソー製, TSK-GEL G 3000 SEXL) により、波長 280 nm において測定した。

結果および考察

1. 抽出および濃縮後のエタノール濃度の決定

晶析母液を調製するうえで、酵母からトレハロースを抽出する際のエタノール濃度およびそれを濃縮した後のエタノール濃度を決定することが必要である。そこでトレハロース抽出率および主な夾雑物と推測される可溶性蛋白質の抽出率のエタノール濃度依存性を調べた。トレハロース源のパン酵母は乾燥処理したものを用いた。これはトレハロースの抽出量が多くかつ溶解性蛋白質の遊

Fig. 2. Dependence of the Relative Extraction Ratio for Trehalose and the Residual Protein in the Yeast Extract on the Concentration of Ethanol in the Extraction Solvents. The relative extraction ratio of trehalose (□) and residual protein (○) in the yeast extract were obtained under following conditions; trehalose and protein were extracted from dried yeast at 25°C for 1 h.

離量をもっとも少ないからである⁽¹²⁾。各因子のエタノール濃度依存性を Fig. 2 に示す。トレハロースの比抽出率はエタノール濃度が 50 wt% 程度までは 1.1 以上であったが、これ以上の濃度ではエタノール濃度の増大に伴って低下した。一方溶解性蛋白質は、エタノール濃度の増大に伴って低下し 75 wt% 以上ではほとんど抽出されなかった。75 wt% のエタノールで調製した酵母懸濁液では、抽出後の濾過 (膜濾過面積; 12.5 m², 細孔径; 0.45 μm, 濾過圧力; 49 kPa, 濾過温度; 26°C のとき) において、単位時間当たりの濾過量が 50 wt% エタノール水溶液で調製された懸濁液の 10 倍以上である⁽¹⁴⁾。トレハロースの抽出量、除蛋白、濾過効率等を考慮すると、抽出溶媒のエタノール濃度は 60~75 wt% が適当と考えられる。この抽出液中のトレハロースを晶析させるためには、トレハロースの溶解度が小さくかつ PV 膜による脱水濃縮が容易なエタノール濃度範囲、すなわち 90 wt% 程度 (20°C におけるトレハロース溶解度; 約 0.4 g/100 g 程度) まで脱水濃縮することが適当と判断された。

2. パン酵母抽出液の脱水濃縮特性

トレハロースの抽出溶媒および晶析に必要な濃縮後の晶析母液のエタノール濃度が決定されたことから、抽出液を晶析母液にするための脱水濃縮に、水選択透過性 PV 膜の適用が可能であるか否かを検討した。このと

Table II. Dependence of Separation Performance of PV Membrane Modules I and II on Ethanol Concentration

EtOH concentration (wt%)	Total flux (kg/m ² h)		α (—)	
	I	II	I	II
50	0.93	0.55	173	51.7
60	0.91	0.54	225	65.2
70	0.85	0.47	281	69.4

α , Separation factor. Separation factor and total flux were obtained under the following conditions; ethanol-water solutions were concentrated at 343K. When module I was used operation pressure was 1.4kPa, feed rate was 7.4×10^{-3} m/s (70 ml/min) and operation time was 1h. When module II was used operation pressure was 0.27 kPa, feed rate was 70 ml/min (flow rate was unknown) and operation time was 0.5h.

き、濃縮に伴う透過流束、分離係数の変化を調べた。モジュール (I) およびモジュール (II) の、各濃度のエタノール水溶液に対する分離特性を Table II に示す。両膜ともエタノール濃度の増大に伴ってその分離係数は増大し、透過流束は減少する傾向がみられた。脱水濃縮に用いたモジュール (II) はその分離特性がモジュール (I) 膜より著しく劣るが、これはモジュールの形態による。すなわち、モジュール (I) は十分に間隔をとった 10 cm の中空糸膜 10 本が平行に束ねられているが、モジュール (II) では 20 cm 程度の中空糸が網状に編まれたうえ高密度に束ねられている。そのためモジュール (II) では圧力損失が大きく、また、中空糸膜間における供給液の流れが不十分となり、熱供給や物質の拡散が妨げられ、分離性能が低くなった。しかし短時間で十分な量の水を除去するためには膜面積が大きな膜が必要となるため、酵母抽出液からの脱水濃縮にはモジュール (II) 膜を用いた。

先に記述した抽出方法に従って 60 wt% エタノール水溶液により酵母抽出液を調製した。こは抽出液の 200 g をエタノール濃度が 90 wt% になるまで、約 60 分間脱水濃縮した。この時の透過流束、分離係数およびトレハロースの濃度変化を Fig. 3 に示す。この間にトレハロースは 1.65 wt% から 2.5 wt% に濃縮された。この濃度は 25°C における溶解度以上であり、この濃縮液を冷却したところ微量ではあるがトレハロースが晶出した。トレハロースの晶析については今後報告の予定であ

Fig. 3. Concentration Profiles of Yeast Extract at Membrane Module II. The dotted curve denotes the solubilities of trehalose at 25°C. The total flux (▲), separation factor (Δ) and trehalose concentration (●) were obtained under following conditions; yeast extract filtered with 0.45 μ m MF membrane was concentrated at 70°C, 1.4 kPa for 90 min.

るが、この結果より、PV 膜による酵母抽出液の脱水濃縮、晶析母液の調製は可能であることがわかった。

しかしながら 60 分の脱水濃縮の間に全透過流束は著しく低下した。使用膜の特性としてエタノール濃度の増大による透過流束の低下があるが、それを考慮してなお全透過流束の低下は顕著であった。このとき、分離係数はわずかに増大したが、これはエタノール濃度の増大により分離係数が増大する使用膜の特性によると考えられる。しかしその増大の幅もエタノール水溶液の脱水濃縮と比較して小さかった。これらの結果が得られた原因として、まず酵母抽出液中のトレハロースの影響が考えられる。トレハロースの異性体であるマルトースが膜分離性能の低下に関与することをすでに報告した⁽⁹⁾。トレハロースがこれと同様の影響を及ぼすことが予想される。また、膜分離能の低下には酵母抽出液中の蛋白質や核酸などの生体高分子なども影響することが推測された。そこで次に蛋白質、核酸およびトレハロースが、おのおの脱水濃縮に及ぼす影響について検討した。

3. 膜分離特性に及ぼす BSA, ESS およびトレハロースの影響

蛋白質、核酸およびトレハロースの膜分離特性への影響は、エタノール水溶液中に蛋白質として BSA を、核酸として ESS を、また、トレハロースを分散させた溶液の脱水を行うことで検討した。この場合これらの物質

Fig. 4. Dependence of Membrane Separation Performance in Membrane Module I on Concentration of BSA (A), ESS (B) and Trehalose (C) in Feed. The total flux (●) and separation factor (○) were obtained under following conditions; each solution or suspension was concentrated at 70°C, 0.27 kPa for 1 h.

の濃度が分離特性に及ぼす影響を検討するために、分離特性が溶液濃度の変化、膜近傍の流動状態や温度変化などの影響を受けにくいようにモジュール (I) を用いた。各溶液の脱水濃縮を行ったときの全透過流束および分離係数を Fig. 4 に示す。BSA を溶解させたとき、全透過流束、分離係数ともにその濃度が 0.05 g/100 g までは濃度の増大に伴って低下したが、それ以上ではほぼ一定であった。なお、0.05 g/100 g をこえる濃度では BSA は完全には溶解せず、溶解した BSA と溶解していないものが混在する懸濁液であった。この結果より、全透過流束、分離係数は溶解している BSA 濃度の増大に依存して低下するが、懸濁している BSA 量の増大による低下は起こらないものと考えられた。

ESS をエタノール水溶液に添加した場合も同様な結果が得られた。すなわち、ESS がエタノールに溶解する約 0.025 g/100 g の濃度範囲までは ESS 添加量の増大に伴って分離特性の低下が認められたが、ESS の不溶物が観察された濃度範囲では添加量の増大による低下はほとんど起こらなかった。ESS においてもその微量溶解物の存在が分離特性に影響を与えることがわかった。

トレハロースを溶解させた場合、分離係数、透過流束ともトレハロース添加量の増大に伴って低下した。トレハロースの添加量は BSA および ESS の添加量よりも著しく大きかったが、分離性能の低下はわずかに大きかったにすぎない。これは BSA, ESS と比較してトレハロースの分子量が著しく小さいためと考えられる。

以上の結果より、エタノール水溶液中に溶解している物質によって分離係数、透過流束ともに低下することが明らかになったが、その原因として粘度の増大による膜面近傍の物質および熱拡散の低下、膜面への物質の吸着、膜面近傍の濃度分極などが考えられる。これらの影響を抑制するためには、供給液の膜面流速の増大などの操作条件の改善と溶液中の不純物の除去が挙げられる。つぎにこれらの効果について検討した。

4. 分離特性に及ぼす供給液の膜面流速の影響

われわれは先に同一の PV 膜を用いて、グルコース、マルトースを含むエタノール水溶液の脱水を行い、これらの物質による分離特性の低下の一因は供給液の粘度の増大であり、膜面流速 (供給液流量をモジュールの断面積で除した値) の増大が熱供給、物質の拡散を促進し分離性能の低下が緩和されることを報告した⁽⁹⁾。このことより溶存している BSA, ESS およびトレハロースによる分離性能の低下は、膜面流速の増大により抑制できると予想される。そこでこれらの物質を含有するエタノール水溶液の脱水時に、膜面流速が透過流束および分離係数に及ぼす影響を検討した。このときの BSA および ESS 濃度は 45 wt% のエタノール水溶液に溶解する最大量とし、トレハロース濃度は抽出液を脱水濃縮した後に得られる最大濃度とした。結果を Fig. 5 に示す。45 wt% のエタノール水溶液および各物質を溶解したエタノール水溶液を脱水する場合も膜面流速の増大によって分離係数、透過流束の両者が増大する傾向がみられた。とくに、分子量の大きな ESS の場合には膜面流速の増大による透過流束の増大が大きかった。透過流束の増大は膜近傍の溶質の拡散が、膜面流速の増大により促進されて起こると思われる。

そこでパン酵母抽出液を連続して 4 時間脱水し、その間の分離特性の低下に及ぼす膜面流速の影響を検討した。結果を Fig. 6 に示す。いずれの流速においても操作時間とともに透過流束は低下し 3 時間後にはほぼ一定になるが、膜面流速が大きな場合は透過流束、分離係数とも大きかった。また、運転時間の経過に伴うこれらの低下は小さかった。このとき脱水濃縮に伴うエタノール濃度の増大は 2~4 wt% であったことから、これらの結果へのエタノール濃度の増大の影響は少ないと考えられる。これらの結果より、膜面流速の増大は分離性能の低下を、わずかにあるが抑制することがわかった。

Fig. 5. Dependence of Membrane Separation Performance on Feed Rate in Membrane Module I. The total flux and separation factor were obtained under following conditions; each solution or suspension was concentrated at 70°C, 0.27 kPa for 1h. ○, 45 wt% ethanol-water solution; ●, 4.8 wt% of trehalose was added to the ethanol-water solution; □, 0.025 wt% of ESS; △, 0.05 wt% of BSA.

Fig. 6. Dependence of Membrane Separation Performance in Membrane Module I on Feed Rate of Yeast Extract. The total flux and separation factor were obtained under following conditions; the yeast extract was concentrated at 70°C, 0.27 kPa. ○, 37.1×10^{-3} m/s; ●, 18.6×10^{-3} m/s; ●, 7.4×10^{-3} m/s.

5. 膜分離特性に及ぼす限外濾過および活性炭処理の影響

膜面流速を増大させることによる, 共存物質による分離性能の低下を抑制する効果は小さかったことから, 膜分離性能, とくに透過流束の低下の抑制を, 酵母抽出液中の夾雑物質を除くことにより試みた. Fig. 3 に見られ

るように, 脱水濃縮過程では濃縮に伴う分離係数の変化は小さいが, 透過流束の著しい低下が起こる. 酵母抽出液中のトレハロース以外の生体物質を除去する方法として, 同様の目的のために工業規模で多く用いられている活性炭処理, および近年食品工業での使用が増大している限外濾過膜による濾過処理を行った⁽¹⁵⁾. これらの処理では抽出液中のトレハロースの減少はわずかであった. このときイオン交換樹脂 (Amberlite 120, 40 B) による処理も試みたが, 不純物と同時に多くのトレハロースも除去されたため, 本研究には不適と判断した.

60 wt% および 70 wt% のエタノール水溶液で調製した酵母抽出液に限外濾過あるいは活性炭処理を施した. 活性炭は今後の充填塔での使用を考慮し粒状炭を用いたが, エタノール濃度が大きいことなどから, その処理には 48 時間以上を要した. これに対し限外濾過では同量の抽出液の処理は 2~3 時間程度であった. おおのの処理後に残留する濃縮された共存物質の影響も検討するために, 脱水濃縮にはモジュール (II) を用いた. 結果を Fig. 7 に示す. 60 wt% のときは抽出液を限外濾過することによって脱水濃縮時の全透過流束は大きくなった. 70 wt% においても 60 wt% の場合よりも増加率は小さいが同様の結果が得られた. これは抽出液中の高分子物質が除去されたためである. Fig. 8 に 280 nm におけるゲルクロマトグラフィーのチャートを示す. 60 wt% においては, MF 膜のみで処理したときに, 280 nm に吸収があり, 6~7 分にピークが現れる高分子物質が, 限外濾過あるいは活性炭処理で除かれたことがわかる. これに対し 70 wt% においては蛋白質, 核酸などがほとんど抽出されないため, 限外濾過の前後において先のピークで示される高分子物質の増減はない. しかしながら, 70 wt% においても限外濾過による透過流束の増大がみられた. このことから, 70 wt% における抽出液中には 280 nm に吸収のない, 透過流束に影響を及ぼす高分子が存在していることが推測された. 存在が予想される高分子として, 色素高分子のほか⁽¹⁶⁾, グリコーゲンなどの多糖類がある. グリコーゲンはパン酵母に 20% 程度含まれており, 通常は破碎抽出あるいは希水酸化ナトリウム水溶液により抽出される. しかし乾燥させた醸造酵母においてはグリコーゲンの抽出が容易になると⁽¹⁷⁾, エタノール水溶液に少量溶解すること⁽¹⁸⁾などから, 乾燥酵母をトレハロース源とした本研究においてはグリコーゲンが抽出された可能性がある. しかし沃素法

Fig. 7. Concentration Profiles of Yeast Extract in Membrane Module II. The total flux and separation factor were obtained under following conditions; each yeast extract was concentrated at 70°C, 1.4 kPa for 40 min. The yeast extract was prepared with 60 and 70 wt% ethanol-water solution. ○, 60 wt% no treatment; △, 60 wt% UF filtration; □, 60 wt% activated charcoal treatment; ●, 70 wt% no treatment; ▲, 70 wt% UF filtration; ■, 70 wt% activated charcoal treatment.

による分析⁽¹⁹⁾では確認できなかった。

60 wt% の場合、活性炭処理により限外濾過処理の場合よりさらに透過流束は増大した。70 wt% ではこれと比較してわずかであった。Fig. 8 から、活性炭処理によって、先の高分子物質と同時に分子量 10,000 以下の物質の大幅な減少がみられたことから、分子量 10,000 以下の比較的低分子の物質も透過流束の低下に関与していることが考えられる。これより、60 wt% エタノールで調製された酵母抽出液の脱水濃縮における透過流束低下

Fig. 8. HPLC Profiles of Yeast Extracts. The yeast extract was prepared with 60 and 70 wt% ethanol-water solution. a, 60 wt% no treatment; b, 60 wt% UF filtration; c, 60 wt% activated charcoal treatment; d, 70 wt% no treatment; e, 70 wt% UF filtration; f, 70 wt% activated charcoal treatment.

の抑制には、限外濾過処理を行う、あるいはさらに効果的に抑制するためには活性炭処理が望ましいことがわかった。これに対し 70 wt% エタノール水溶液で調製した抽出液では、限外濾過処理による透過流束低下の抑制効果と活性炭処理による効果にほとんど差がないことから、限外濾過処理、活性炭処理いずれの処理でもよいことがわかった。

以上の結果より脱水濃縮前に限外濾過、活性炭処理を施すことは透過流束低下の抑制に効果的であることが明らかになったが、処理時間は限外濾過のほうが著しく短いこと、しかも連続処理が容易なことなどから限外濾過処理が望ましい。以上のことより、透過流束の低下抑制効果が得られる、70 wt% エタノール水溶液による酵母抽出液の限外濾過処理が、PV 膜による脱水濃縮に適するといえる。

要 約

乾燥処理したパン酵母をエタノール水溶液で抽出した抽出液を、トレハロースの晶析母液に調製するため、水選択透過膜を用いて脱水濃縮した。その場合の膜分離性能低下に及ぼす諸因子およびその抑制方法を検討し、以

下の結論を得た。

(1) 水選択透過膜によるエタノール水溶液の脱水においては、エタノール水溶液中に溶存する BSA, ESS およびトレハロースにより透過流束および分離係数は低下した。しかし、これらの物質の不溶解物が共存した液では膜分離性能のさらなる低下は認められなかった。

(2) エタノール水溶液中の BSA, ESS, トレハロースおよびパン酵母抽出液中の生体物質による透過流束および分離係数の低下を膜面流速を増大することによって、効果は小さいが緩和することができた。

(3) パン酵母抽出液における透過流束の低下を防ぐためには、脱水濃縮前に抽出液を限外濾過膜による濾過処理あるいは活性炭処理することが効果的であった。とくに、70 wt% エタノール水溶液による抽出液の調製とその抽出液の限外濾過処理が簡便かつ迅速であった。

本研究を行うに当たり膜の提供をいただいた宇部興産に深く感謝致します。

- (1) 福永和彦, 黒川清海, 逆井敏之, 宮崎正勝, 天木久雄, 伊丹良幸, 日野正夫, 鶴見隆利, 飯島裕: 製糖技術研究会誌, **36**, 11—17 (1988).
- (2) 原 一雄: 特開昭 50-70536 (1975).
- (3) 日高秀昌: 特開昭 52-120138 (1977).
- (4) 小西初郎, 宮本敏彦, 中島武彦, 梨本順二: 特開昭 55-85395 (1980).
- (5) 佐藤友太郎, 津村信蔵: 農化, **27**, 412—415

- (1953).
- (6) A. D. Elbein: *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.*, **30**, 227—256 (1974).
- (7) L. C. Stewart, N. K. Richtmyer, and C. S. Hudson: *J. Am. Chem. Soc.*, **72**, 2059—2061 (1950).
- (8) 今副真作, 綿野 滋, 昔農英夫, 塚本輝嘉: 製糖技術研究会誌, **31**, 85—97 (1982).
- (9) 吉川ユミ, 山本保之, 松本幹治: 膜, **18**, 189—193 (1993).
- (10) M. H. V. Mulder, J. O. Hendrickman, H. Hegeman, and C. A. Smoider: *J. Membr. Sci.*, **16**, 269—284 (1983).
- (11) 三宅範一: 「最近の化学工学」, 化学工学会編, 化学工業社, 東京, 1990, pp. 185—199.
- (12) Y. Yoshikawa, K. Matsumoto, K. Nagata, and T. Sato: *Biosci. Biotech. Biochem.*, **58**, 1226—1230 (1994).
- (13) M. M. Bradford: *Anal. Biochem.*, **72**, 248—254 (1976).
- (14) 吉川ユミ, 松本幹治, 大木純也: 農化, **68**, 949—955 (1994).
- (15) 食品膜技術懇談会編: 食品膜技術懇談会誌, **12**, 12—165 (1994).
- (16) 岸原士郎: 膜, **11**, 159—167 (1986).
- (17) 佐藤友太郎: 「KORIN ZENSHO 19 パン酵母」, 光琳書院, 東京, 1966, pp. 20—24.
- (18) 佐藤友太郎, 津村信蔵: 農化, **27**, 416—419 (1953).
- (19) 丸田銓二郎: 「有機化学基要」, 三共出版, 東京, 1982, p. 173.