

麦焼酎蒸留粕の濃縮試験 - 3
 -パイロットプラントでの濃縮試験-

樋田 宣英・ 弘蔵 守夫*
 食品工業部・*フーズテクニカルサービス

Concentration of Barley-Shochu Distiller-3
 -Concentration by Pilot Plant-

Nobuhide HIDA・*Morio HIROKURA
 Food Science and Technology Division *Foodtechnicalservice

1. 緒言

製造工程に多糖類分解酵素を応用することで、もろみ及び蒸留粕の粘度低下や固液分離率が向上し粕の濃縮処理においても有効に作用することがロータリーエバポレータを使用した予備試験の結果明らかとなった。本試験では蒸留粕処理において重要な操作の1つである濃縮工程の実規模への応用を前提とした濃縮試験の概要と試験結果及びユーティリティ条件を踏まえた蒸発蒸気再圧縮方式と多重効用方式の比較検討について報告する。

2. 方法

2.1 濃縮機の概要

現状の焼酎蒸留粕の濃縮は、3重効用缶チューブ式フォーリンフィルム方式（以下FF）が採用され最終水分80%程度が濃縮限界である。焼酎蒸留粕の濃縮においては高粘度であり、FF方式の場合ブラックングやスケーリングが生じ濃縮効率が低下する。一般的な高粘度液に対応した濃縮機として、攪拌真空蒸発缶、チューブ式強制循環型エバポレータやロートバックエバポレータ、回転コイル式濃縮機などがあるが、蒸留粕を対象とした場合、運転性、経済性などに問題がある。スクリュウデカンターによる固液分離後にプレート式エバポレータによる濃縮で濃縮限界を向上させる方式は実稼働している。パイロットプラントの濃縮装置の選定においては、①スケーリングやブラックングが生じにくいこと、②洗浄効率等維持管理が容易なこと、③大容量蒸発に適していること、④多重効用方式や蒸発蒸気再圧縮方式としての拡張性や経済性などを考慮する必要がある。以上の観点から今回の濃縮装置は、スケーリングの激しいパルプ廃液の省エネルギー濃縮装置やグリセリンの濃縮として実績のあるプレート型エレメント加熱薄膜流下方式（イズミフードマシナリ SUMITOMO/Rosco Evaporator試験機）を採用した。

本装置は、Fig.1に示すフローで熱交換を行う3枚のヒーティングエレメントで構成される蒸発缶と試料供給のためのフィードポンプ、エレメントに試料を循環供給するための循環ポンプ、供給蒸気の凝縮水、ガスを排出するスチームコンデンセートポンプ、試料より蒸発したペーパーを凝縮するためのペーパーコンセンセートポンプより構成される。

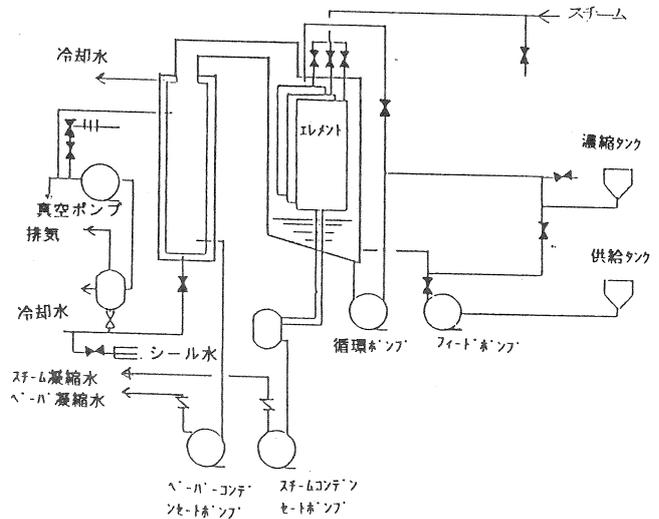


Fig.1 薄膜流下式濃縮装置

濃縮原理は、ヒーティングエレメントの上部より加熱蒸気が供給され内部で凝集流下し不凝縮ガスと供にスチームコンデンセートポンプにより排出され、試料はヒーティングエレメントの外側に均一に流下する間に熱交換して水分を蒸発する。エレメント上で発生した蒸気泡は、液より分離してエレメント間を水平に流れペーパーコンセンセートポンプを介し系外に到る。従って従来のプレート式やFF式に比べ試料の自由度が大きく機械的なメリットと酵素処理や無蒸煮法との組合せで従来と違った性状（高濃縮低粘度）の蒸留粕が得られ利用々途の拡大が期待できる。なお今回の試験では、循環ポンプ、コン

デンセートポンプは、気泡噛み込み防止のためロータリ-型に改良した。

2.2 実用化にむけての考え方

実用化プラントにおいては、現状の処理金額をベースに処理設備費やランニングコストがペイできる技術であることが要求される。処理経費は、設備の償却年数9年と仮定すると処理総経費(円/t) = ランニングコスト + 設備費 / 365 × 9 × 排出量(但し処理後の商品価値は0円とした)で現される。現状の処理費を5000円/tとすれば採算のとれるイニシャルコストに対するランニングコストが決まり、採算ベースの確保には、ランニングコストの占める要素が大きいことが判る。特に最終製品に多くの付加価値を求められない蒸留粕の処理においては、設備的には多少トップヘビーな装置であっても処理コストに対するエネルギーコストの低い装置であるほうが省エネルギーが達成され外的因子(原油価格・電気料)に対しての緩衝性が大きいと考えられる。

また最終製品に付加価値を付けることは、もっとも短絡的に処理経費の削減に結び付く。しかし従来の方法による濃縮では要求される濃縮率が得られないし、得られたとしても設備経済性の点から導入が不可能である。今回の試験では、最終的に実規模へ採用可能な技術であることを必要条件に製造工程の改善に積極的に生物化学反応(酵素処理)を組み込み、効率良い物理操作(機器)との組合せ技術で発酵、蒸留、固液分離、濃縮の各工程を効率化し蒸留粕の絶対的、相対的な軽減化を図ることを意図とした。

2.3 濃縮装置の拡張性

濃縮装置を実規模へ応用する場合、一般的には多重効用缶方式(ME)や蒸気再圧縮方式(VRC)として稼働させる。ここでは蒸発量10t/h、1/4濃縮としてME方式、VRC方式それぞれの概略について述べる。

・ME方式

現在の蒸留粕濃縮装置ではFF方式として3重効用缶として採用されており、最初の蒸発缶へ生スチームを供給し蒸発させ発生した蒸気を2番目の蒸発缶へ加熱源として再利用する方式で3重缶から蒸発した蒸気は系外に排出する。一般的には消費するスチーム量は、0.415 t/(t蒸発)必要で最終缶から出る蒸発蒸気は、0.333 t/(t蒸発)となり潜熱は冷却水で凝縮させ液体として排出する。

・VRC方式

蒸発缶で蒸発した蒸気をブローで圧縮して、加熱源として使用される。ブローの動力は、20~25kw/t(蒸気)で蒸発蒸気は、蒸発缶の伝熱部で処理液と間接熱交換して凝縮しペーパーコンデンセートとして系外に放出

される。定常運転時には加熱蒸気、冷却水は不要となる。VRCの場合MEの約1/10の所用エネルギーでありランニングコストは約1/4となりイニシャルコストとの均衡がとれれば低コストで省エネルギーの濃縮が可能となる。蒸発量熱収支をTable1に薄膜流下-VRC方式での濃縮コストの1例をTable2に示す。

Table1 多重効用缶と蒸気再圧縮方式の熱収支

	多重効用缶	蒸気再圧縮
供給液熱量放熱	228 × 10 ³	228 × 10 ³
最終缶放出熱	2079 × 10 ³	0
放熱	110 × 10 ³	110 × 10 ³
排出液熱量	96 × 10 ³	96 × 10 ³
蒸発蒸気凝縮水熱量	167 × 10 ³	250 × 10 ³
必要熱量	2224 × 10 ³	228 × 10 ³

単位 (Kcal/h)

Table2 薄膜流下-VRC方式濃縮コストの試算例

	9年償却	年稼働6000時間(24h × 250日)
伝熱面 (m ²)	108	270
設備費 (万円)	9000	14000
蒸発量 (Kg/h)	1000	4000
供給粕量 (Kg/h)	1330	5330
濃縮物 (Kg/h)	330	1330
濃縮経費	795	1950
供給量 (t)	7980	31980
製品量 (t)	477	1170
償却費 (万円)	183	2949
処理費/供給量 (円/t)	2892	1288

3. パイロットプラントでの濃縮試験結果

試料として、①通常仕込の減圧蒸留粕、②通常仕込の減圧蒸留粕に0.2%濃度になるよう多糖類分解酵素を添加し50℃、24時間反応させた粕、③無蒸煮仕込酵素区の減圧蒸留粕、④②をナイロンメッシュで固液分離した液部をそれぞれ60L程度調整し上記の試験機で濃縮処理を行った。Table3に代表的な濃縮試験結果をFig.2に実機濃縮操作で活用できる濃縮率-粘度直線を示す。

Table3 濃縮後の成分組成

	①通常粕	②酵素処理	③無蒸煮	④固液分離
水分 (%)	72.7	70.8	63.4	60.9
全窒素 (%)	1.070	1.235	1.750	2.556
水分活性	0.970	0.963	0.956	0.951
粘度 (mPa·s)	6800	3980	3800	4300
PH	3.68	3.76	3.70	-
濃縮率	1.93	2.21	3.14	4.58

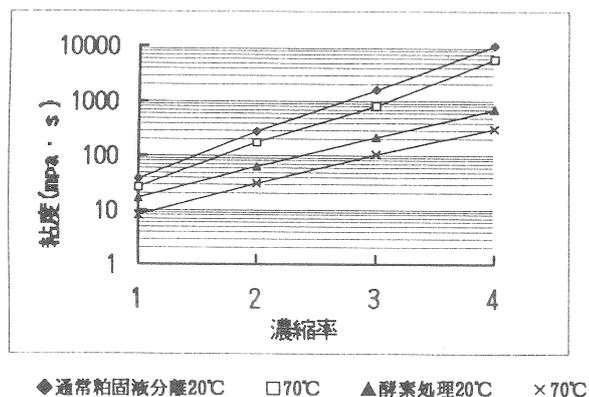


Fig.2 蒸留粕濃縮率と粘度直線

通常仕込の減圧蒸留粕では、粘度6800mPa.S(60°C測定)で循環ポンプへの気泡混入やスケーリングの発生で濃縮限界となった。水分は72.7%で全窒素を指標とした濃縮率は、1.93を示し通常のFF-ME方式より装置の機械的なメリットが確認できた。

仕込時に酵素添加した減圧蒸留粕は、粘度3980mPa.S(60°C測定)、水分70.8%付近が濃縮限界となったが酵素処理で濃縮効率が上昇することがわかる。

無蒸煮仕込(酵素添加区)では、さらに濃縮効率は向上し、濃縮率3.14、水分63.4%程度まで容易に濃縮が可能であった。粘度は、3800mPa.S(60°C測)で水分量に比較して低い値を示した。装置の運転環境として測定したチャンパー内温度と真空度から酵素処理や無蒸煮仕込の効果が認められ、既報から述べた考察がパイロットプラントでの濃縮試験においても実証された。

固液分離後の濃縮は、粘度4300mPa.S(60°C測定)水分60.9%まで濃縮を行ったが試料液不足のため限界点以下で終了させた。窒素濃度は、2.559%、濃縮率4.58を示した。

蒸留粕が更に濃縮できれば、相対的に有効成分(例えば全窒素など)の濃度は上昇し活用範囲も大幅に拡大する。今回の固液分離は、ナイロンメッシュで濾過したため濾液中のSS分が多く、濃縮効率を低下させる因子となった。スクリーデカンターなどで清澄度を上げれば濃縮率は、更に上昇するものと考えられる。尚、濾過残渣は、ドラムドライヤーで容易に乾燥できた。

ペーパーコンデンセートにより得られた凝縮水のTOCは、5000~7000mg/lであり廃水処理装置への過負荷、阻害が予想されることから実機の稼働に際しては凝縮水処理も別途考慮する必要がある。また装置の改善点として循環系へのスパイラルの挿入などが考えられた。

本試験を通じ目標とした濃縮が可能となり得られた低粘度、高濃縮(高窒素含量)、低水分活性の蒸留粕は、

アミノ化率も高く調味料を中心とした素材として関連企業が注視するようになってきた。

4. まとめ

プレートエレメント加熱薄膜流下式薄膜パイロットプラントでの蒸留粕の濃縮試験を実施し次の結果を得た。

- (1)試験運転の結果、全量処理で最大3.1倍の濃縮率を示し、水分63.5%、固液分離後の処理では、濃縮率4.58倍、水分60.9%の値となった。
- (2)酵素処理、無蒸煮仕込は、予備試験の結果が再現され濃縮限界を向上させた。
- (3)装置のスケールアップにおいては、蒸気再圧縮方式も視野に入れる必要がある。
- (4)濃縮物は、低粘度、高濃縮、低水分活性であり用途に応じた性状を自在に調整することが可能である。

本試験の実施にあたってご協力頂いた、本格焼酎技術開発機構の委員各位に深謝します。