

凍結濃縮装置の開発

化学食品部 ○松田章 笹木哲也 武春美 道畠俊英 笠森正人

1. 目的

果汁等の液状食品に対して濃縮は、輸送や保管等の低コスト化の観点から必要不可欠な手段である。その濃縮法は低コストの面から蒸発法が一般的によく用いられるが、加熱による香気成分等の揮散、ビタミンCなど熱に弱い栄養成分の損壊、変色、加熱臭の付加など、品質劣化が大きな課題となっている。また、膜による濃縮方法では、蒸発法に比べて品質面では優れるが、均一な成分濃縮は困難である。これに対して凍結濃縮法は均一な成分濃縮により高品質を実現できるが、これまでの凍結濃縮法では高コストで処理時間が極めて長く、連続操作による大量生産に限られるなど装置面で多くの課題があった。そこで本研究では、香りや味の成分が保持されるなど高品質で実用的な凍結濃縮装置の開発を目指とした。

2. 内容

2.1 基本装置の開発

本研究では、小規模一体型(以下、小規模型；処理容量約5L)及び大規模循環型(以下、大規模型；処理容量25L)の2種類の凍結濃縮装置の試作検討を行った。小規模型は、酒類をはじめ希少価値のある試料や果実を搾汁した果汁の濃縮など、少量生産を可能とすることを目的に、図1左に示すように予備冷却装置や冷却装置、ろ過装置を組み込んだ一体型とした。試料容器を冷媒槽に浸漬したまま容器底面の種氷を成長させ、攪拌羽根により氷をかき取り、粒状の氷結晶も成長させる方法で冷却条件を検討した。その結果、冷媒と試料溶液との温度差をほぼ一定に保持しながらゆっくりと冷却する方法が濃縮に適していることを見出し、温度降下の制御を自動化した。

一方、大規模型装置は、図1右に示すようにステンレス管をループ状に連結し、この中で試料を循環させ、2箇所の直管を冷却する(製水管)ことで試料中の水分を徐々に凍らせた。この製水管のユニット本数を増やすことによって、必要なスケールアップを行えることを特徴とした。基本処理容量を25Lとし、2本連結することで50Lまで拡大した。

2.2 凍結濃縮法の特徴

ラフランス果汁の蒸発凝縮液を試料として、逆浸透膜法、凍結濃縮法(大規模型)により濃縮したものとの香り成分の比較を行った。図2に示すように、それぞれの濃縮率に応じて水で希釈した濃縮還元液について原液と比較した結果、膜法では星型となり、成分による損失が見られた。これに対して凍結濃縮法では、12成

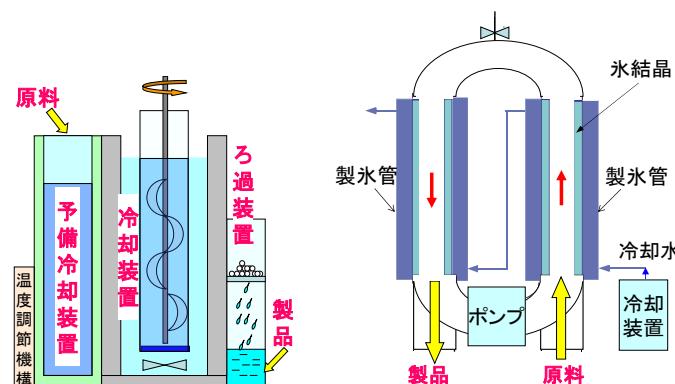


図1 凍結濃縮装置(左：小規模一体型、右：大規模循環型)

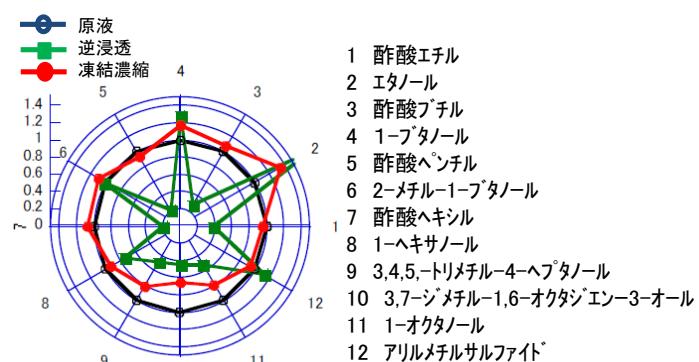


図2 濃縮法の違いによる香り成分の比較
(ラフランス果汁の蒸発凝縮液)

分のほぼすべてにおいて原液に近い円形となり、成分が保持されることがわかる。このように、凍結濃縮法では成分の均一な濃縮が可能であることが大きな特徴である。

2.3 清酒及び果汁の濃縮

試作した小規模型装置を用いて、清酒の濃縮を行った。その結果、表1に示すようにアルコール濃度18.5%の清酒(原酒)を1回の濃縮で23%に、さらに2回の濃縮(3段濃縮)を行うことで37%まで高めることができた。また、図3に濃縮前後の有機酸成分の分析結果を示す。原酒と3段濃縮酒とを比較すると、成分によっては濃縮率に若干の違いが見られたが、3段濃縮酒の濃縮還元液では、酢酸を除くほぼすべての成分で原酒と同等の濃度を示し、成分が保持されていることが認められた。また、同様のことが香気成分についても認められた。

さらに果汁では、リンゴ(秋星)やルビーロマンについて大規模型装置で凍結濃縮を行った結果、リンゴ(秋星)の糖度(Brix)は12.8から25.3に、ルビーロマンでは14.6から23.0となり、Brixでの濃縮率はそれぞれ2倍、1.6倍となった。図4にリンゴ(秋星)の濃縮前後の香気成分の分析結果を示す。この結果、清酒と同様に、原液と濃縮還元液で成分の保持が認められた。また、同様のことが有機酸成分についても認められた。

2.4 濃縮果汁の応用

リンゴ果汁原液(Brix12.8)を大規模型装置で凍結濃縮して得られた濃縮リンゴ果汁(Brix25.3)を原料として、ワイン酵母による15日間の発酵を行った。その結果、アルコール分10.6%の果実酒を得た。同様に、ルビーロマン果汁(Brix14.6)の濃縮果汁(Brix23.0)についてもアルコール分11.5%の果実酒が得られた。これらより、凍結濃縮で果汁の糖濃度を高めることで補糖なしでもアルコール10%以上の果実酒を製造可能であることが明らかとなった。

3. 結 果

本研究では、これまでになかった少量対応の一体型装置(処理容量5~10L)及び大量対応の大規模循環型装置(基本処理容量25L、連結・増大可能)を開発した。本装置で清酒の濃縮を行い、濃醇な新規酒類の製造を、また、リンゴなど糖度の低い果汁でも濃縮でき、さらに発酵させて「糖分添加(補糖)無し」の果実酒を製造可能とした。

本研究の一部は戦略的基盤技術高度化支援事業により実施した。

最後に、共同研究者である明和工業㈱、石川県立大学、石川県農林総合研究センター農業試験場の関係各位に感謝します。

表1 清酒の濃縮

試料	凍結濃縮		濃縮率	備考
	アルコール(%)			
純米原酒	18.5	→ 23.0	1.24	1段濃縮
1段濃縮酒	23.1	→ 31.9	1.38	2段濃縮
2段濃縮酒	31.4	→ 37.0	1.18	3段濃縮

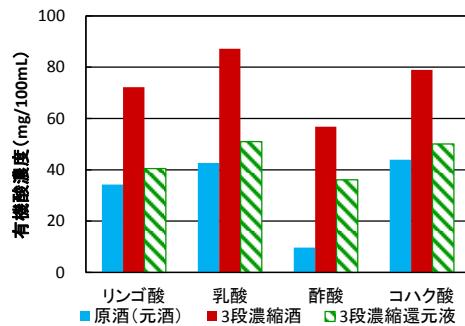


図3 濃縮酒の有機酸

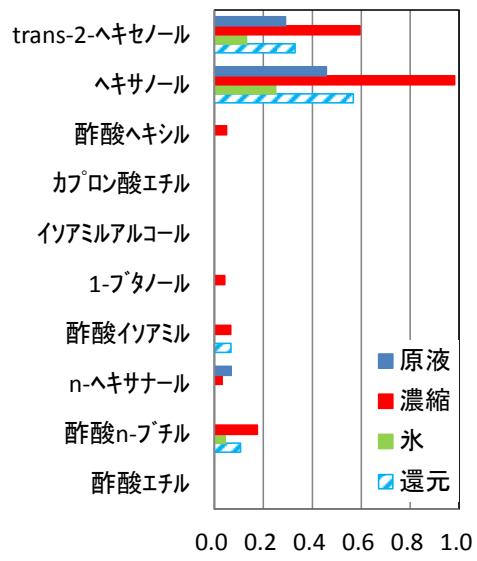


図4 濃縮前後の香気成分
(リンゴ(秋星))