

界面前進凍結濃縮による果汁の高品質濃縮とそのワイン製造への応用

石崎佳奈* 三輪章志* 笹木哲也** 武春美** 松田章** 北野滋***
表千晶**** 中川有紀**** 小柳喬**** 宮脇長人****

緒言

食品の濃縮操作法には、蒸発法、膜濃縮法、凍結濃縮法の3つがある。蒸発法はコスト面で最も安い品質面では最も劣る。一方、凍結濃縮法は、低温操作であるため品質面では最も優れているが、コスト面では従来法(懸濁結晶法)が複雑な装置システムおよび操作のため高いコスト要因となり、その実用化は大きく限定されている。これに対して、膜濃縮法は膜による分子ふるい効果を利用し、品質、コストで蒸発法と凍結濃縮法の中間に位置するが、相変化を伴わないためエネルギー消費の面では有利である。しかし、濃縮限界が浸透圧に制限され、膜寿命がプロセスコストに大きく影響する。

一方、界面前進凍結濃縮法(本法)は容器に唯一の氷結晶を生成させることで、従来法と比較して母液と氷結晶との固液分離が極めて容易でシステムを単純化でき、コストを大きく低下できる可能性がある。従来法では平均滞留時間が長い(>10時間)、本法では2~3時間である。本研究では、本法を用いて種々の果汁の高品質濃縮を行い、得られた濃縮果汁を用いて、補糖を必要としない、新しいタイプのワイン(果実酒)製造を試みた。

実験方法

果実は、リンゴ(主に千秋)、ブドウ(巨峰およびハニーブラック)、日本ナシ、スイカ(恋あかりXP)(いずれも石川県農業総合研究センターで栽培、収穫)を用いた。これらをパルパーフィニッシャー、フィルタープレスなどを用いて搾汁、必要に応じて褐変防止用のビタミンCを添加、ペクチン分解酵素処理などにより清澄化果汁を得た。

これらの果汁原料について界面前進凍結濃縮装置(MFC-12, Maekawa, Tokyo)を用いて凍結濃縮を行った。次に、凍結濃縮果汁を63℃、30分間で低温殺菌後、亜硫酸ナトリウム100ppmを加え、これに20mLのYPD培地で30℃、24時間予備培養した協会ワイン酵母(*Saccharomyces cerevisiae* OC2)を各果汁で洗浄後、接種し、25℃または15℃において静置発酵した。

実験結果

凍結濃縮装置を用いてリンゴ果汁の濃縮を行った結果、標準的な操作時間は約2時間で、13.7°Brixの原果汁が、体積濃縮比3.48倍、25.5°Brixに濃縮された。このときの有機酸成分を表1に示す。圧倒的にリンゴ酸が多く、わずかながらクエン酸とコハク酸が含まれており、いずれもBrix値にほぼ比例して濃縮された。濃縮還元後は、ほぼ原液同様の分布に回復した。

表1 界面前進凍結濃縮リンゴ果汁の有機酸分析

成分	原液(g/L)	濃縮液(g/L)	氷(g/L)	濃縮還元液(g/L)
クエン酸	0.03	0.06	0.01	0.04
リンゴ酸	3.66	7.24	1.55	4.10
コハク酸	0.04	0.07	0.01	0.04
計	3.73	7.37	1.57	4.18

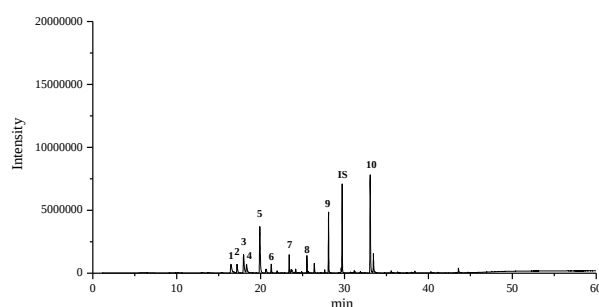


図1 リンゴ(千秋)の原果汁のGC/MSフレイバープロファイル(1, 酢酸エチル; 2, 2-メチル酢酸エチル; 3, 酢酸ブチル; 4, ヘキサノール; 5, 酢酸2-メチルブチル; 6, ブタノール; 7, 2-メチル-1-ブタノール; 8, 酢酸ヘキシル; 9, ヘキサノール; IS(内部標準), シクロヘキサノール; 10, ベンズアルデヒド)

*石川県農林総合研究センター農業試験場 **化学食品部 ***明和工業(株) ****石川県立大学

図1に、リンゴ原果汁の香気成分のヘッドスペースGCクロマトグラムを示す。香気成分にはヘキサノールなどのアルコール成分の他、酢酸ブチル、酢酸2-メチルブチルなどのエステル類が多かった。図2には、濃縮果汁を濃縮還元し、その香気成分分布を濃縮前原液と比較したレーダーチャートを示す。酢酸ヘキシル(8)がやや濃縮還元液では低下した以外は、ほぼ完全に原液の香気成分プロファイルが保たれていた。図3には、濃縮前原液と濃縮後の濃縮還元液について、味センサーを用いて比較した結果を示す。この場合も、濃縮還元後の味プロファイルは原液と比較して、ほとんど変化していないことがわかった。

凍結濃縮したリンゴ果汁を発酵させ、リンゴワイン製造を試みた。発酵は25℃で2週間程度、15℃では3～4週間程度で完了し、アルコール濃度はそれぞれ、13.7および12.8vol-%に達した。これはリンゴ果汁をそのまま用いて発酵するシードルのアルコール濃度(5vol-%程度)と比較して遥かに高くなった。

発酵リンゴ液の香気成分を分析した結果、2-メチル-1-ブタノール、酢酸ヘキシル、ヘキサノール以外はほとんど消失し、代わって発酵に特有な成分として、エタノール、イソamilアルコール、フェネチルアルコールが大きく増加した。また、オクタン酸、デカン酸とそのエステル類が発酵によって新たに生成した。

他の果汁についても凍結濃縮し、発酵によりワイン製造を試みた。その結果、リンゴ(千秋)以外にも、ブドウ(巨峰、ハニーブラック)、日本ナシ、スイカ(恋あかりXP：2段濃縮)のいずれについても、糖度25%以上を容易に達成できた。また、これを発酵することによってアルコール度数10%以上のワイン(果実酒)を得ることができた。これらは補糖した場合と比較して、エキス分、香気成分ともに豊富なワインになるものと期待される。

結言

- (1) 界面前進凍結濃縮法をリンゴ(千秋)果汁に適用することで、濃縮前後で、有機酸、香気成分の各分布にほとんど変化のない高品質な濃縮が可能であった。
- (2) 濃縮果汁を発酵することで、従来のシードルとは異なるアルコール10%以上のリンゴワインを製造できた。
- (3) ブドウ、日本ナシ、スイカにも界面前進凍結濃縮技術を適用し、糖度を25%以上とした上で発酵させることで、補糖の必要なくアルコール度10%以上の本格的ワインの製造が可能となった。

論文投稿

果汁協会報 2015, no.688, p. 1-11. (一般社団法人日本果汁協会より平成28年度「技術奨励賞」を受賞)

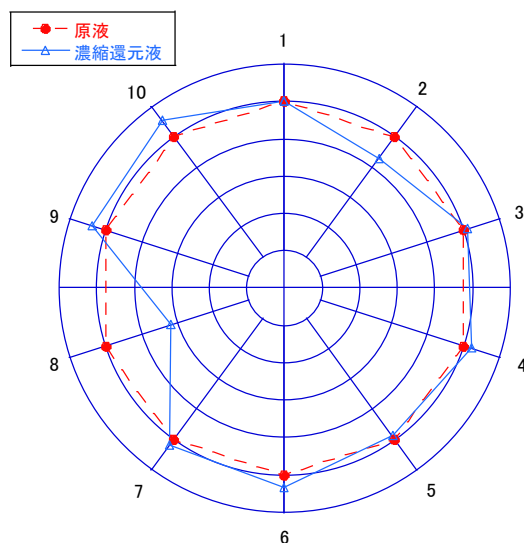


図2 リンゴ(千秋)の原果汁と界面前進凍結濃縮後の濃縮還元果汁とのGC/MSフレーバープロファイルの比較(成分番号は図1に同じ)

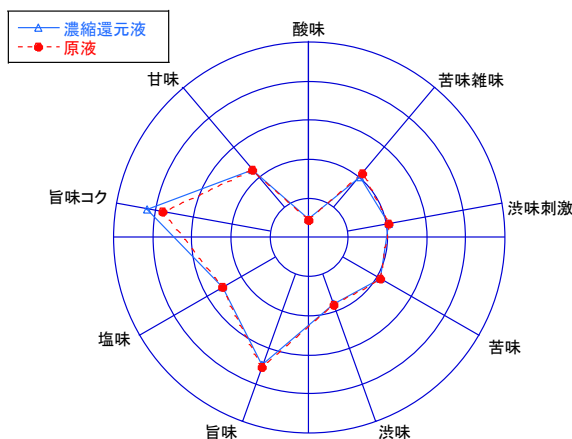


図3 リンゴ(千秋)の原果汁と界面前進凍結濃縮後の濃縮還元果汁との味センサーによる味プロファイルの比較