

凍結濃縮法のアルコール飲料への適用

白土 博康、手塚 正博、松田 宏*
内藤 彰彦**、中林 司**、永沼 睦夫***

Application of Freeze Concentration Methods to Alcoholic Liquors

Hiroyasu SHIRATO, Masahiro TEDUKA, Hiroshi MATSUDA*
Akihiko NAITO**, Tsukasa NAKABAYASHI**
MUTSUO NAGANUMA***

抄 録

凍結部をドラム型連続氷層生成機、氷層と濃縮液の分離部を遠心分離機としたシステムを用い、ワイン用ブドウ圧搾果汁、焼酎発酵もろみの凍結濃縮試験を行った。

ブドウ圧搾果汁については、濃縮液の Brix 値を 20 以上に保つことができ、また香り成分の保持が確認された。この結果、糖類の添加が不要で、ブドウ果汁本来の成分からの発酵が可能となり、香り品質に優れたワインを製造する可能性が示された。

焼酎もろみについては、原料中の固形物を濃縮前に濾過等により除去する工程が必要と考えられる。また氷層へ拡散するアルコール成分が多かった。

1. はじめに

凍結濃縮法は蒸発濃縮法と比較して、凝固潜熱が蒸発潜熱の 1/7 であるため処理エネルギーが小さいこと、原液中の芳香、低沸点成分を保持できること、熱変成、酸化および微生物による汚染を防止できることなど従来の処理方法では得られない特性を持つと考えられる^{1) 2)}。特に一次産業および食品工業へのこの方法の適用は、新しい商品の開発および従来商品の高付加価値化等において有効な生産手段を提供する可能性を持っており、特に香り成分が商品の価値を決める上で重要なビール、ワイン、果汁等においてはいくつかの適用例がある^{3) 4)}。

一方、手塚らは写真廃液の処理に凍結濃縮法を用いるにあ

たって、ドラム型の氷層生成機((有)松田アイスマシン社製)を使用し試験を行ってきた。この氷層生成機は単位時間あたりの処理量を実用的な量とすることが可能であり、写真廃液の処理では、処理量、排出濃度について十分な成果を得ている^{5) 6)}。

本研究では溶液の凍結部に上記ドラム型氷層生成機を使用し、溶液の凍結による濃縮を飲用アルコール溶液の製造工程へ適用することを目的とする。濃縮対象溶液として、ブドウ圧搾果汁(池田町)、焼酎発酵もろみ(合同酒精(株))を選定し、基礎的な凍結濃縮試験を試みた。これらはそれぞれ香り成分が重要な製品の要素となるワイン、焼酎の原料である。

2. 対象溶液

2.1 ブドウ圧搾果汁

ワイン製造工程の概略を図 1 に示す。ワインの原料であるブドウは白色系、黒色系ブドウに分けられ、白ワイン、ロゼワインは除梗破碎、圧搾、発酵の順で、赤ワインの場合は除

* (有)松田アイスマシン

** 池田町ブドウブドウ酒研究所、

*** 合同酒精(株)

梗破碎、発酵、压榨の順で処理され、熟成される。その後濾過を経てビン詰めされる。今回使用した果汁は白ワイン、ロゼワイン用に処理した発酵前の压榨果汁である。その種類と基本成分を表1に示す。

Zalagyöngye(以下Zaと表記)、Morio-muskat(以下MMと表記)は白ワイン用、Zweigeltrebe(以下ZJと表記)、Campbell(以下CJと表記)は赤ワイン、ロゼ用であり、特にCJに関してはもともと生食用として用いられている。

北海道産ブドウの特徴の一つは、糖濃度が若干低いことである。理想的なワイン用のブドウ果汁はBrix値(大部分糖からなる水溶性固形分をショ糖濃度として屈折率計で測定したもの。実際の糖含量より高い値になるのが普通である。)で20を越えているのに対し、今回使用したものはBrix値で12~18程度である。適正なアルコール分を持ったワインを醸造するためには、低い糖度を補う糖類の添加が必要となっている。したがって、凍結濃縮を工程に組み込んだ場合、原料の体積は減少するが、高Brix値の状態が発酵させることができ、従来の北海道産ワインにない天然の甘さを持ったワインを生成することが期待できる。

北海道産ブドウのもう一つの特徴は、比較的酸度が高いことである。仮に濃縮により糖度が高まったとしても、酸度も同様に高くなれば、酸味の強過ぎるワインになってしまうので、甘酸のバランスに注意する必要がある。

2.2 焼酎乙類用もろみ

焼酎乙類は原料の米、麦、芋などを発酵させ、もろみを作り、その後蒸留機で蒸留したものである。

今回試験に用いた焼酎もろみの原料は、デーツ(ナツメヤシ、乾燥製品の糖含量は60%程度⁷⁾)、紫蘇入りデーツ(以下デーツ(紫蘇)と表記)、馬鈴薯である。

焼酎の製造工程を図2、3に示す。デーツ、デーツ(紫蘇)は水と混合させ、酵母菌を添加し、発酵させる。馬鈴薯は洗浄、蒸煮し、冷却後、麴及び酵母を添加し、発酵させる。発酵させたこれらの焼酎もろみは蒸留され製品化される。

今回、凍結濃縮に使用した液は発酵直後のもので、発酵原料固形物の除去を行っていない固液懸濁物を原液とした。凍結濃縮によって生成される製品は、蒸発濃縮に比べより香りに富んだものが期待できる。

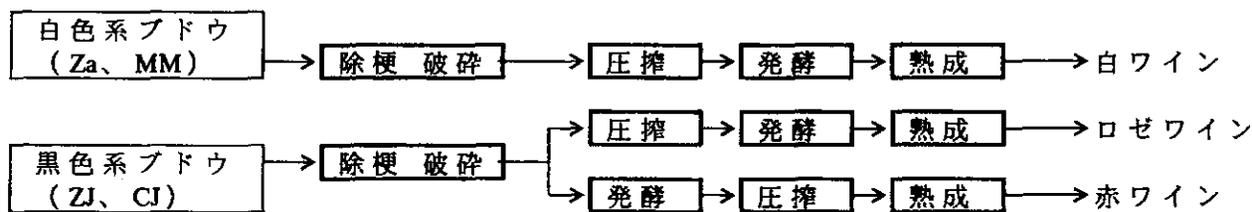


図1 ワインの製造工程

表1 使用した压榨果汁とその代表的成分

種類	Zalagyöngye	Morio-muskat	Zweigeltrebe		Campbell	
	1997/09/29	1997/09/29	1997/10/03	1997/10/06	1997/10/03	1997/10/06
搾年月日	約 20l	約 20l	約 10l	約 10l	約 10l	約 10l
液量	約 20l	約 20l	約 10l	約 10l	約 10l	約 10l
Brix	16.0	13.7	16.5	18.0	12.2	13.1
pH	2.99	2.99	3.13	3.06	3.10	3.15
Total Acidity (g/l)	9.54	13.29	10.48	8.98	13.10	11.70
転化糖 (%)	15.35	12.76	15.93	17.71	11.14	12.10
オキサロ酢酸 (ppm)	0.2	0.0		86.7	0.0	
マレイン酸 (ppm)	2.5	248.5		308.4	3.8	
クエン酸 (ppm)	154.3	260.7		282.0	323.4	
酒石酸 (ppm)	5128.0	5901.7		4696.0	6032.0	
リンゴ酸 (ppm)	4723.0	6736.8		6117.0	7716.0	
琥珀酸 (ppm)	19.0	0.0		55.5	12.2	
乳酸 (ppm)	17.6	15.3		0.0	1.7	
酢酸 (ppm)	12.4	0.0		18.1	29.1	

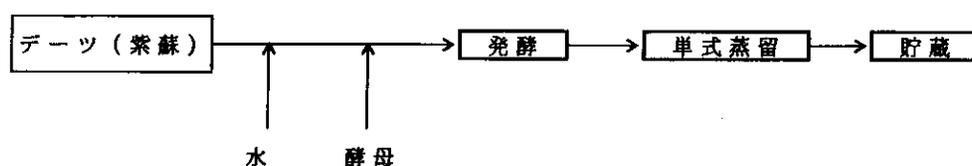


図2 デーツおよびデーツ（紫蘇）焼酎の製造工程

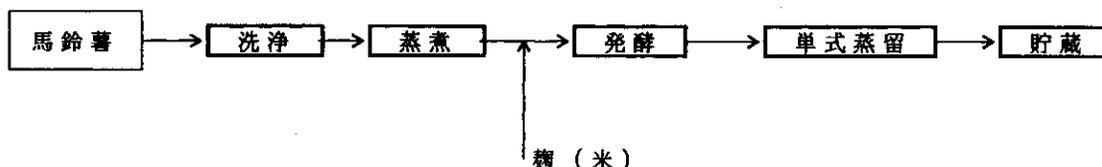


図3 馬鈴薯焼酎の製造工程

3. 処理システム

処理システムは溶液を凍結させる凍結部、凍結によって生成した氷層と濃縮液を固液分離する2つの工程からなっている。

本研究では、凍結部にドラム型の連続氷層生成機を用いた。

使用したドラム型連続氷層生成機を図4に示す。このドラム型製氷装置は、回転式のステンレス製ドラム、ドラム下部が被凍結溶液（すなわちブドウ搾果汁、焼酎もろみ）に浸るように設けられたドラム浴液槽（以下浴液槽）、ドラム円周内表面を冷媒により冷却する冷凍機によって構成されている。溶液の凍結は、回転する冷却されたドラムの円周外表面（以下冷却面）において行われる。回転する冷却面が浴液槽内の溶液に浸漬している時、冷却面上にデンドライト結晶が発生、成長し（図5）、ドラムの回転に伴いその冷却面とその付着原氷層が浴液槽の溶液中から離れ、溶液を含んだ原氷層のデンドライト氷結晶が成長する。そして、その原氷層は（原氷層の付着した液面の）円周上の反対方向に位置している掻き取り刃によりドラム表面から剥離される（図6）。

この氷層生成機を用いた場合、凍結時間が短いため、被凍結溶液が固液平衡状態に達する前に凍結工程が終了する。このことにより全量に対する氷層の割合が固液平衡状態で凍結させた時よりも減少するが、溶液単位体積および単位時間あたりの冷却表面積が大きく、凍結による溶液の濃縮を実装置化するために十分な処理量が可能となる。

得られた原氷層は、遠心分離機によって固液分離される（図7）。

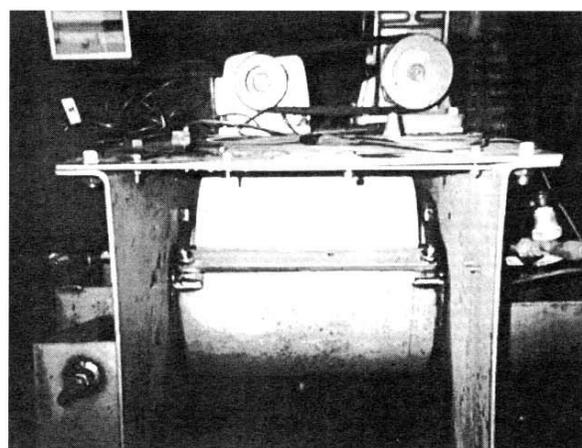


図4 連続製氷装置

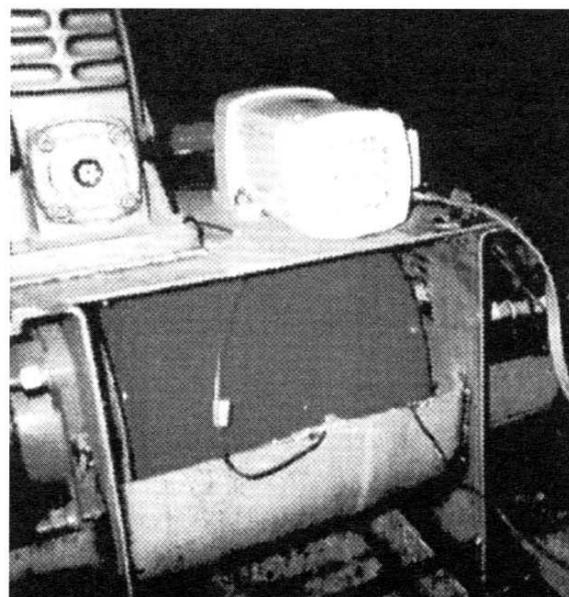


図5 原氷層の成長

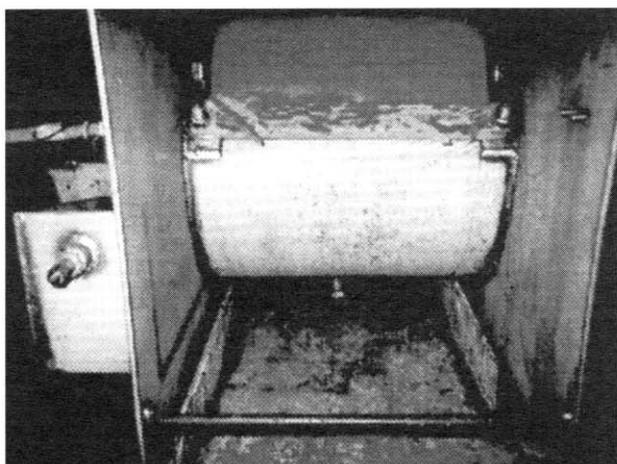


図6 原氷層のドラム表面からの剥離

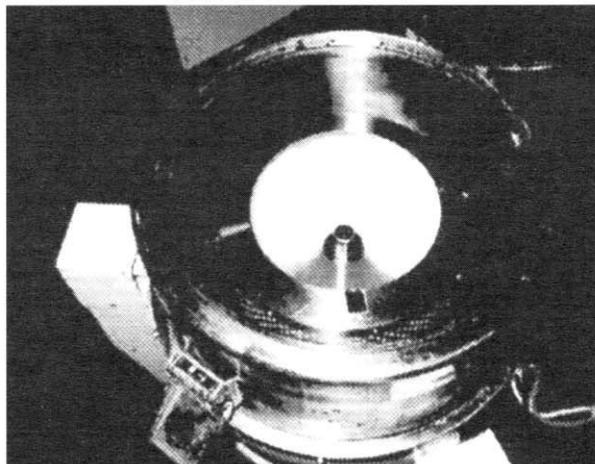


図7 遠心分離機

4. ブドウ圧搾果汁の凍結濃縮試験

4.1 固液平衡試験

対象溶液の必要冷却温度を知るために固液平衡状態における冷却温度と凍結割合の関係を求めておく必要がある。このため以下の試験を行った。

ブドウ圧搾果汁を低温室で所定の冷却温度におき、固液平衡に達するまで十分な時間冷却し、その後小型の遠心分離機を用いて氷層と濃縮液に分離した。

ここでブドウ圧搾果汁は kerner 種 (約 300g)、溶液の凍結容器をセル状ポリプロピレン容器 (230×120×43mm、セル寸法 45×35×32mm)、凍結時間を 24 時間とした。分離操作における遠心分離には、三陽理化学器械製作所製小型遠心濾過器 3800-15A を使用し、遠心効果を 235、分離時間を 1.5 分、分離雰囲気温度を 8℃とした。

図8に kerner 種の固液平衡状態における凍結雰囲気温度と凍結割合の関係を示す。ここで凍結割合は原液重量に対する遠心分離後の氷層重量とした。冷却温度－凍結割合曲線は、冷却温度の低下とともに固液平衡に近づくため、一定値へ漸近していく。-10℃で 60%、-15℃で 70%程度の凍結割合を得た。冷却温度－凍結割合曲線から、この溶液の共晶温度(溶媒も濃縮液もともに結晶化する温度)は -30℃～-40℃程度と予想される。kerner 種が他のブドウ圧搾果汁と同様の凍結挙動をとると仮定し、遠心分離の工程で濃縮液を抜きやすくするために、ドラム型氷層生成機による濃縮試験では -20℃付近と -30℃付近で試験を行うこととした。

4.2 ドラム型氷層生成機による濃縮試験

4.2.1 試験方法

試験はブドウ圧搾果汁をドラム型氷層生成機で連続的に凍結させ、ドラム冷媒温度がほぼ定常状態になってから、排出される原氷層(約1kg)を遠心分離機で氷層と濃縮液に分離し、秤量した。その後それぞれのサンプルを Brix 値、pH、

TA (Total Acidity、全酸度)、官能試験で評価した。なお Brix 値については、ATAGO 製 PR-101 を使用し、TA については 0.1N NaOH で中和滴定し、酒石酸換算した。

ZJ、CJについては 97 年 10 月 3 日、97年10月6日採取の試料を混合して使用した。

サンプリングについては、ドラムの出入口の冷媒平均温度を約 -17～-19℃、-27.5～-29.5℃でほぼ定常となった時にそれぞれ 1 点ずつ行った。-30℃付近のような低温域では、硬い原氷層ができるため凍結割合が高く、濃縮度が上がりやすいが、氷層の残存有益成分も割合が高くなりやすい性質がある。一方、-15℃のような高温域ではその逆に濃縮液の濃度が低いが氷層へ捕捉される有益成分の割合が少ないと考えられる。分離操作における遠心分離にはバスケット型遠心分離機(国産遠心器(株)製、H-122 BS-020 三脚懸垂式遠心分離機)を用い、分離条件は遠心効果 900、分離時間を 3 分または 5 分、分離温度を室温とした。表 2 に実験条件を示す。

4.2.2 試験結果

(1) 凍結割合

表 3 に各ブドウ圧搾果汁の凍結割合を示す。ここで凍結割合とは原氷層重量に対する分離後の氷層重量の割合である。

Za、ZJ に関しては、Run1、5 での凍結割合が小さいが、冷媒温度が低下すると顕著に凍結割合が増加した。Za と ZJ の結果の差は、原液溶質濃度の差、脱水時間の差が原因と考えられる。

MM については、-17℃の冷却温度ですでに 70%の凍結割合があり、-29℃へ温度を低下させた Run4 の試験では、凍結割合の増加は顕著でなかった。このことから MM については、冷却温度を -17℃にした時点で固液平衡状態に近い状態になっていると考えられる。Za、ZJ に対する MM の挙動は原液溶質濃度の違いから起こる現象と考えられる。

CJ については、Run8 の試験の凍結割合が、ほぼ同一条件

のRun3の試験とほぼ同じになった。こうした溶液の凍結による冷却温度と凍結割合の関係は溶液の種類によって異なるが、各ブドウ压榨果汁原液の溶質濃度の差が主な原因であると考えられる。

(2) 化学成分による評価

a) Brix 値

各ブドウ品種の氷層、濃縮液の Brix 値を原液果汁の Brix 値と比較したものを図9に示す。なおZJ、CJの原液果汁の Brix 値に関しては97年10月3日採取の値と97年10月6日の値の平均値を使用した(以下b)のpH、TAについても同様とする)。濃縮液の Brix は原液の1.4~2.1倍程度、値にして24~33程度であり、冷却温度が低いほど濃縮は上昇した。ZaとMMでは、Run1、3とRun2、4における濃縮液の Brix 値に大きな差は見られないが、ZJでは、Run5で23.7、Run6で32.6と Brix 値に大きな差が見られた。ZJとMMは試験条件がほぼ同じであり、(1)に示した溶液の原液濃度の差による凍結状態の相違によるものと考えられる。なお、Za試験時は脱水温度が16~17℃と他の脱水温度に比べ非常に高く、脱水時における氷層の融解が起こりやすい状態であった。このことから、濃縮液に氷層の融解液がより多く混入したため、-27.5℃の冷却温度の試験(Run2)でも、濃縮液溶質濃度は上がらなかったと考えられる。

一方、氷層の Brix 値は6~10程度であり、冷却温度が低いほど、氷層に有益成分が捕捉された。氷層の Brix 値はできるだけ0に近づけることが望ましく、試験条件を改善する必要がある。試験条件において脱水時間を増加させると、氷層の凍結割合は減少するが、氷層の Brix 値は減少させることができる(Run7、8)。また冷却温度が高ければ、柔らかい原氷層が得られるため、固液分離工程で濃縮液が抜けやすくなり、氷層 Brix 値は減少する。このことから凍結割合は若干減少するが、冷却温度は比較的高めに設定し、脱水時間を増加させることにより、氷層濃度を減少させることができると考えられる。

b) pH、TA

各ブドウ品種の氷層、濃縮液の pH、TA 値を原液果汁の pH、TA 値と比較したものを図10、11に示す。pHに対する冷却温度、脱水時間の影響は顕著ではなかった。濃縮液のPHは2.8程度であった。ZJのTA値に対する冷却温度の影響が他の品種に比べ大きくなっているが、Brix 値が高いことと同様の理由によるものと考えられる。

(3) 官能試験

濃縮果汁官能試験の結果を表4に示す。香りについては冷却温度を低くしたサンプル、脱水時間を増加させたサンプルでブドウ果実香が強くなった。特にCJ種が濃厚な香りとなった。味は全体的に濃厚な甘み、酸味を持つサンプルが多く、

高 Brix 値、高 TA 値を裏付ける結果となった。

4.2.3 考察

今回の凍結濃縮試験ではBrix 値を20以上に保つことができた。このことにより、糖類の添加を必要としないブドウ果汁本来の成分からの発酵が可能となり香り等の品質に優れたワインを製造することができる可能性が示された。

一方、氷層へ有効成分が拡散する問題が生じた。今回の試験では Brix 値で5~10程度の成分が氷層に残存した。しかし、このことについては試験の条件の中で、凍結部における冷却温度を高い温度に設定すること、および分離部における分離時間の増加、分離雰囲気温度の低下、遠心効果の増加、単位分離容量の低減等によって氷層中の成分の回収が可能であると考えられる。また、筆者らが行った写真廃液の凍結濃縮の研究⁵⁾⁶⁾から上記等の条件の整理により原液成分の90%以上を濃縮液に移すことが可能と考えられる。しかし、原液成分の濃縮度を上昇させると、凍結割合が減少する不具合も発生するので、溶液に応じて適当な条件を設定することが必要となってくるだろう。

濃縮液の品質について、官能試験の結果、香り成分を保持することができ、凍結濃縮法の特徴を引き出すことができた。また、蒸発濃縮処理を行うと酸化が進行することがあるが、今回の試験では凍結濃縮工程が原因で酸化が進行することは認められなかった。化学成分については、糖分が酸分よりも濃縮度が高い結果が得られ、北海道産の酸度の高いブドウにおいても、バランスのとれたワイン製造の可能性が示された。

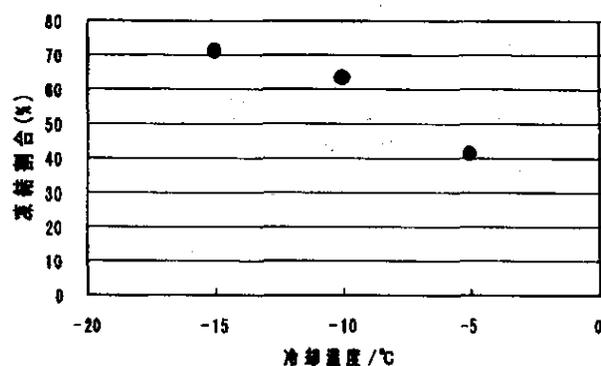


図8 kerner種の固液平衡状態における冷却温度と凍結割合との関係

表2 ブドウ圧搾果汁凍結濃縮条件

Run No.	ブドウ種類	冷媒平均温度[°C]	脱水時平均温度[°C]	脱水時間[分]
1	Za	-17	17	3
2		-27.5	16	3
3	MM	-17	9	5
4		-29	9	5
5	ZJ	-18.5	9	5
6		-29.5	9	5
7	CJ	-19	7	3
8		-18	9	5

表3 ブドウ圧搾果汁の凍結割合(%)

Run No.	凍結割合
1	54.1
2	79.3
3	70.9
4	78.8
5	50.0
6	73.2
7	86.1
8	71.8

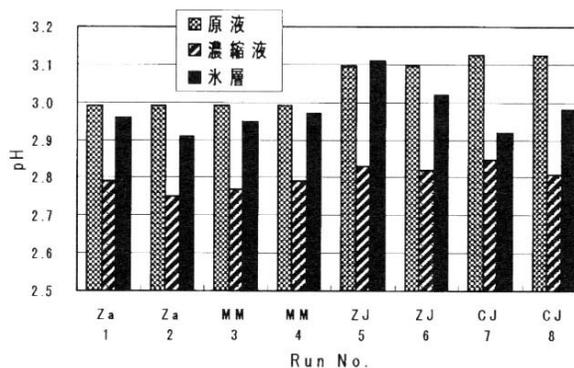


図10 原液、濃縮液、氷層のpH

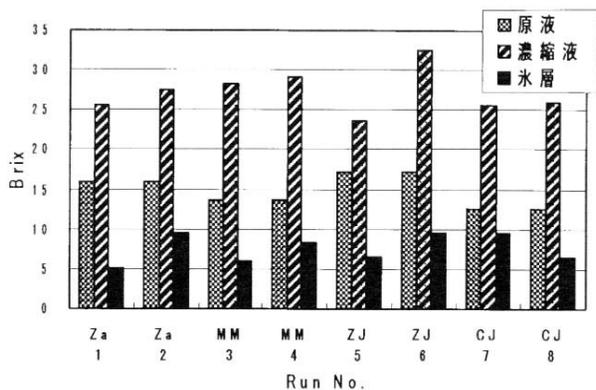


図9 原液、濃縮液、氷層のBrix値

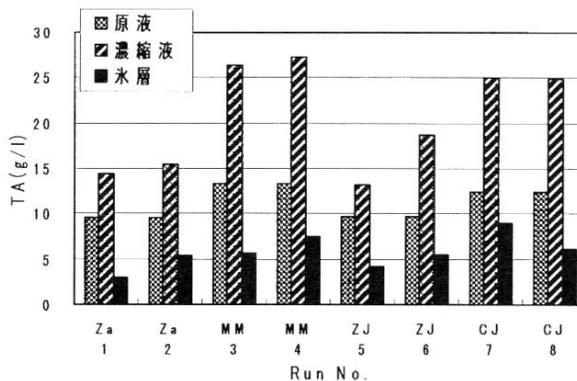


図11 原液、濃縮液、氷層のTA

表4 濃縮果汁官能試験結果

Run No.	ブドウ種類	区分	官能
1	Za	香り	ブドウ果実香がはっきりと認識できる。Run1と2で香りの強さはそれほど変わらないが、若干 Run2の方が強い。
2		味	
3	MM	香り	ブドウ果実香がはっきりと認識できる。Run3と4で香りの強さはそれほど変わらないが、若干 Run4の方が強い。
4		味	
5	ZJ	香り	Run6の方が濃縮された果実香が強い。
6		味	
7	CJ	香り	非常に強烈な濃縮果実香。Run7の方がより強烈。
8		味	

5. 焼耐もろみの凍結濃縮試験

5.1 固液平衡試験

焼耐もろみについてもブドウ圧搾果汁と同様に固液平衡状態での冷却温度と凍結割合の関係曲線を求めた。試験の方法はブドウ圧搾果汁の試験と同様であるが、焼耐もろみはデーツ、デーツ（紫蘇）、馬鈴薯（約210g）である。

図12に冷却温度と固液平衡状態での凍結割合の関係を示す。

凍結割合は、デーツ、デーツ（紫蘇）が-15℃で約50%、-25℃で約70%となり、馬鈴薯が-15℃で約70%、-25℃で約85%程度となった。ただし固形物の重量を考慮する必要があるため、実際はもう少し低い値になると考えられる。

5.2 ドラム型氷層生成機による濃縮試験

a) 試験方法

試験はブドウ圧搾果汁の凍結濃縮試験と同様の方法で行った。

試験は焼耐もろみを上記の装置で連続的に凍結させ、ドラム冷媒温度がほぼ定常状態になってから、排出される原氷層（約1kg）を遠心分離機で氷層と濃縮液に分離し、秤量した。その後、それぞれのサンプルをアルコール分で評価した。分析方法には浮ひょう法⁸⁾を使用した。なお試料である焼耐もろみはデーツ焼耐もろみが97年10月29日に、デーツ（紫蘇）焼耐もろみが97年10月30日に、馬鈴薯焼耐もろみが97年10月30日に採取されたものである。

分離操作における遠心分離機にはバスケット型遠心分離機（国産遠心器（株）製、H-122 BS-020 三脚懸垂式遠心分離機）を使用し、分離条件は遠心効果900、分離時間を3分、分離温度を室温とした。表5に実験条件を示す。

b) 試験結果

表6に焼耐もろみの凍結割合、アルコールの総合分離効率を示す。ここで凍結割合とはブドウ圧搾果汁の試験で表現したものの同様である。冷却温度-15℃～-16.5℃で凍結割合が43～53%、-25℃～-26.5℃で64～67%となった。いずれの種類でも冷却温度の低下により凍結割合が顕著に増加した。

図13に焼耐もろみ原液、濃縮液、氷層のアルコール量を示す。原液のアルコール濃度が9.5～10.3%に対し、濃縮液が12.5～18%のものが得られ、また氷層が2.7～6.3%であった。これをもとにアルコールの分離程度を表す指標として、総合分離効率を用い、分離度を検討した。総合分離効率 η の定義を以下に示す⁹⁾。

$$\eta = (a-c) (b-a) / a (1-a) (b-c)$$

a : 原料中の有益成分の含有率[-]、

b : 濃縮液中の有益成分の含有率[-]、

c : 氷層中の有益成分の含有率[-]

原液中に原材料固形物が多く含まれる（馬鈴薯>デーツ（紫蘇）>デーツ）種類ほど分離効率は低下している。この原因は原氷層には原液に含まれていた発酵原料固形物が含まれており、これを遠心分離しても固形物中のアルコールが分離できないためと考えられる。

個々の種類では、冷却温度が低い程、分離の度合いが高くなるが、冷却温度の差に比べ分離効率の差は小さい。しかし、デーツ、デーツ（紫蘇）では溶液の凍結時における氷晶曲線の関係から、冷却温度が低いほど高いアルコール濃度の濃縮液が得られる。さらに、デーツ、デーツ（紫蘇）では、冷却温度の低下により氷層濃度も増加している。これは氷結晶（凍結割合）の増加が脱水抵抗を増加させていることによると考えられる。

一方馬鈴薯については、冷却温度の低下によって濃縮液濃度は増加せず、氷層の濃度も低下した。この原因は、原氷層中の固形物の影響で遠心分離工程において原氷層と固形物が剥離しなかったためと考えられる。

c) 考察

馬鈴薯焼耐、デーツ（紫蘇）焼耐は固形分が多く、原氷層と固形分が固着するため、次の固液分離工程に影響があると考えられる。したがって原料中の固形物を濃縮前に濾過等により除去する工程が必要と考えられる。

全サンプルに共通して言えることは、氷層へ拡散するアルコール成分が多かった。しかしながら、得られた濃縮液は香りが強く、濾過後そのまま焼耐製品とする（焼耐の定義からははずれるが）、または焼耐製品の香料や濁り酒等へ適用できる可能性がある。

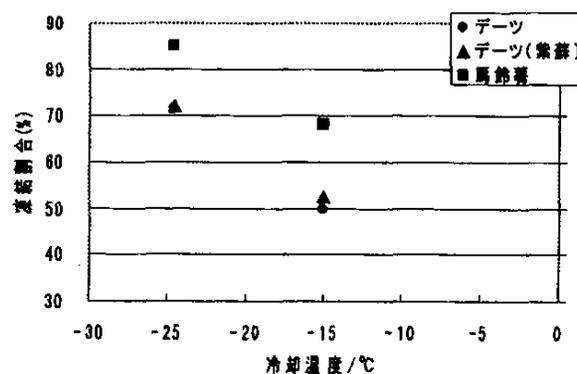


図12 焼耐もろみの固液平衡状態における冷却温度と凍結割合との関係

表5 焼酎もろみ凍結濃縮条件

Run No.	もろみ種類	冷媒平均温度[℃]	脱水時平均温度[℃]	脱水時間[分]
9	デーツ	-15	12	3
10		-25	12	3
11	デーツ (紫蘇)	-15.5	12	3
12		-25	12	3
13	馬鈴薯	-16.5	13.5	3
14		-26.5	14	3

表6 焼酎もろみの凍結割合、アルコールの総合分離効率

Run No.	凍結割合(%)	総合分離効率
9	46.9	0.34
10	66.6	0.36
11	42.6	0.29
12	66.3	0.32
13	52.7	0.23
14	63.5	0.24

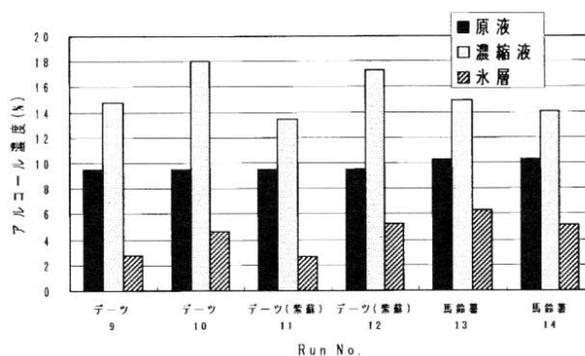


図13 原液焼酎もろみ、濃縮液、氷層のアルコール濃度

6. まとめ

溶液の凍結部をドラム型連続氷層生成機を使用し、氷層と濃縮液の分離部を遠心分離機を使用したシステムで、ワイン用ブドウ圧搾果汁 (Zalagyöngye、Morio-muskat、Zweigeltrebe、Campbell)、焼酎発酵もろみ (デーツ、デーツ (紫蘇)、馬鈴薯) の凍結濃縮試験を行い、次の知見を得た。

6.1 ブドウ圧搾果汁

- (1) 今回の凍結濃縮試験では濃縮液の Brix 値を 20 以上に保つことができた。このことにより、糖類の添加を必要としないブドウ果汁本来の成分からの発酵が可能となり、香り等の品質に優れたワイン製造の可能性が示された。
- (2) 氷層の Brix 値は 5~10 程度であったが、凍結部における冷却温度を高い温度に設定すること、および分離部における分離時間の増加、分離雰囲気温度の低下、遠心効果の増加、単位分離容量の低減等によって氷層中の成分の回収が可能であると考えられる。
- (3) 濃縮液の品質について、官能試験の結果、香り成分を保持することができ、凍結濃縮法の特徴を引き出すことができた。また濃縮によって酸化した傾向は認められなかった。化学成分において、糖分が酸分よりも濃縮度が高い結果が得られ、北海道産の酸度の高いブドウにおいても、バランスのとれたワイン製造の可能性が示された。

6.2 焼酎もろみ

- (1) 氷層へ拡散するアルコール成分が多かった。

- (2) 馬鈴薯焼酎、紫蘇焼酎は固形分が多く、原氷層と固形分が固着するため、次の固液分離工程に影響があると考えられる。したがって濾過処理を濃縮前にする必要がある。
- (3) 得られた濃縮液は香りが強く、濾過後そのまま焼酎製品とする、または焼酎製品の香料や濁り酒等への適用の可能性はある。

参考文献

- 1) 白井, 化学装置, vol 39, No.3, 37 (1997)
- 2) 小林, 冷凍, vol 66, No.768, 1008 (1991)
- 3) 高島、村上, 冷凍, vol 71, No.822, 298 (1996)
- 4) 松本, 冷凍, vol 71, No.822, 306 (1996)
- 5) 手塚他, 北海道立工業試験場報告, No.296, 83 (1997)
- 6) 白土、手塚他, 日本機械学会第 75 回通常総会論文集 (III), 375 (1997)
- 7) 日本食品工業学会, 食品工業総合辞典, 671 (1979)
- 8) JIS Z 8804 (1994)
- 9) 化学工学協会, 化学工学便覧, 1062 (1978)