

# 酵母混合醸造が芋焼酎の発酵と酒質に与える影響

安藤義則\*, 富吉彩加\*, 亀澤浩幸\*, 瀬戸口眞治\*\*

## The Influence of Mixed Yeast Culture on the Fermentation and Quality of Sweet Potato Shochu

Yoshinori ANDO, Ayaka TOMIYOSHI, Hiroyuki KAMESAWA and Shinji SETOGUCHI

For diversification of sweet potato shochu quality, we carried out shochu brewing using a mixed culture of two yeast strains. Although using the same amount of each yeast as a fermentation starter, the ratios of each yeast were greatly changed in the first moromi. The ratios ranked from highest to lowest in an order from Kagoshima No.5, No.4, No.2, and Ko-CR-37. The ethanol tolerance, volatile compounds, and sensory evaluation changed depending on the ratios of each yeast in the moromi. We confirmed that a mixed-culture fermentation diversified sweet potato shochu quality in a full-scale test. As there was a high concentration of citric acid in the koji extract medium, differences in the growth rates of each yeast increased. This result indicated that the differences in growth rates caused changes in the ratios of each yeast in the moromi. We also confirmed that it was necessary to ferment from the second moromi or without sashimoto in order to stabilize the ratios of each yeast and shochu quality.

**Keyword :** 芋焼酎, 混合醸造

### 1. 緒言

国税庁の統計によると単式蒸留焼酎の全免許場数840(平成28年)のうち、鹿児島県には約15%にあたる124場が集積しており、都道府県別の場数では第1位である。その中において、消費者・市場からは品質の多様化を常に求められており、製造方法の選択の幅を提供することは大変重要である。これまで芋焼酎では、原料芋の品種、種麴や酵母の種類、蒸留法など、製造方法を組み合わせて多数の銘柄を作ってきた<sup>1)</sup>。

近年、清酒では複数の酵母を同時に用いる酵母混合醸造が、多様化の一環として提案され実用化されている<sup>2)~7)</sup>。焼酎では蕎麦焼酎で酵母混合醸造の検討がなされ、香气成分の組成が変化し酒質の改善に有望な手法であることが示されている<sup>8)</sup>。

そこで我々は、酒質の多様化を目的とし、芋焼酎における酵母混合醸造について検討した。また、発酵スターターとして差しもとを行う焼酎では、混合醸造における焼酎の品質を安定させるのは困難であると考えられるため、その対応策もあわせて検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 使用菌株及び培養方法

酵母は鹿児島2, 4, 5号<sup>9)</sup>(以下2号, 4号, 5号)

\*食品・化学部

\*\*企画支援部(現 副所長)

本論文は、日本醸造学会誌, 144(6), 377-384(2019)に掲載されたものです。(公財)日本醸造協会より掲載許可。

及びKo-CR-37<sup>10)</sup>を使用した。なおKo-CR-37は、カナバニン耐性を指標にイソアミルアルコール及び酢酸イソアミル高生産株として鹿児島県工業技術センターにて育種された酵母である。酵母培養液は、斜面培地から菌体1白金耳をYG培地(1% yeast extract, 5% glucose)へ接種し、30℃で2日間静置培養することにより作製した。

#### 2.2 小仕込みによる混合醸造

麴米は国産加工用米を使用し、種麴は株式会社河内源一郎商店製の焼酎用白麴を使用した。製麴は2kg用製麴装置(株式会社河内源一郎商店製)を用い、種付け後36℃で引き込み翌朝まで17時間を38℃、その後8時間を36~37℃、仕舞手入れ後16時間を34~35℃に管理する温度経過とした。

芋焼酎の仕込配合は、麴米200g、甘藷1,000g、汲水歩合65%とした。1次もろみからの混合醸造では、酵母は仕込即下の総菌数が $2 \times 10^6$  cells/gとなるよう酵母培養液を添加し、混合醸造の試験区については2酵母の総菌数が1:1となるように添加する培養液量を調整した。発酵温度は30℃一定とし、もろみ日数は、1次もろみを6日間、2次もろみを9日間とした。蒸留は、発酵終了のもろみをガラス製蒸留器に1.5kg張り込み、直接蒸気を吹き込む常圧蒸留法にて行った。

2次もろみからの混合醸造では、1次もろみを各酵母単独で発酵させ、2次仕込みにて、各酵母による1次6日目のもろみを同量ずつと、2次原料及び仕込水を混合した。その他の条件は、1次もろみからの混合醸造と同一とした。なお、これらの小仕込みによる混合醸造はそれぞれの試験

を2回ずつ実施した。

### 2. 3 実規模による混合醸造

実規模での芋焼酎混合醸造を2社で実施した。A社の仕込配合は、麴米300kg、甘藷1,500kg、汲水歩合65%、B社の仕込配合は、麴米180kg、甘藷900kg、汲水歩合65%とした。酵母培養液の添加量は、単独醸造では麴米に対して1/500量、混合醸造では各酵母1/1,000量とした。その他の製造条件は各製造場の手法に従った。なお、これらの実規模による混合醸造はそれぞれの試験を3回ずつ実施した。

### 2. 4 酵母比率の評価

酵母比率は、既報に従い  $\alpha$ -methyl-D-glucosideを使用したTTC染色法<sup>1)</sup>、Erythrosine B (最終濃度10 mg/100ml)を使用したカラープレート法<sup>5)</sup>により評価した。TTC染色法は、TTC下層培地に適宜希釈した試料を塗抹し、30℃にてコロニーの直径が1mmを超えるまで培養した。次いで、出現したコロニー上にTTC上層培地を重層し、染色性を観察した。カラープレート法は、30℃にて3日間培養し染色性を観察した。なお、染色したコロニーはTable 1に示すように識別した。

### 2. 5 バイオフィトレコーダーによる増殖速度評価

培地は白麴1、水3の重量比で混合し60℃で1昼夜糖化させた後にNo.2ろ紙にてろ過し、Brix 20となるよう希釈して得られた白麴エキスを基本とし、これに別途滅菌した高濃度のクエン酸溶液を添加することで目的とする酸度に調整した。L型試験管に酸度調整済みの麴汁培地を5 ml、YG培地を使用した振とう培養により得た培養液を10  $\mu$ l接種し測定を開始した。培養及び測定はバイオフィトレコーダー (アドバンテック社製) を用い、培養条件は30℃、20 rpmの振とう培養とした。

### 2. 6 分析方法

もろみのアルコール分、酸度、残全糖、酵母数及び焼酎のアルコール分、酸度は、国税庁所定分析法注解<sup>2)</sup>に従い分析した。もろみの揮発酸度は、もろみの試留液を焼酎の酸度測定に準じて測定した。

香気成分の分析は、ガスクロマトグラフ (HP5890 ; HEWLETT PACKARD社製) にて行い、カラムはキャピラリーカラムDB-WAX (60m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25  $\mu$ m ; J&W Scientific社製) を使用した。注入口温度は240℃、カラム温度は40℃にて5分間保持後3℃/minにて230℃まで昇温し、10分間保持し

た。スプリット比は1:30とし、キャリアガスはヘリウムガス (流速1.0 ml/min)、検出器はFIDを使用した。官能試験は、原酒をアルコール分25%となるよう割水し、きき酒経験者4名が香味について評価した。

## 3. 結果及び考察

### 3. 1 小仕込みによる混合醸造

1次もろみからの混合醸造における1次もろみ6日目、2次もろみ4日目及び蒸留前の酵母比率をTable 2に示す。1次仕込即下に同一総菌数となるよう酵母を添加したにもかかわらず、1次もろみ6日目の時点での酵母比率は大きく異なった。また、5号、4号、2号、Ko-CR-37の順に酵母比率が高かった。これは、1次もろみで各酵母の増殖速度が異なることに起因すると推察された。その後、2次もろみ4日目では、1次もろみでの比率がわずかに変動する程度であった。この理由として、2次もろみでは1次もろみより酸度が低下するため酵母間の増殖速度の差が小さくなったためか、2次もろみでの酵母の増殖は $10^7$  cells/gオーダーからのスタートであることから、増殖スピードに差があったとしても酵母比率の変動に大きくは影響しなかったためと考えられた。

これらの結果は、酵母比率の変動を考慮に入れて発酵開始時の酵母比率を設定する必要があること、また焼酎製造で行う差しもとは目的とする酵母比率を維持することが難しいことを示している。

また、実験室における小仕込みの混合醸造では、独立した試験であっても例えば2号:5号の1次6日目における酵母比率は13~16:84~87と比較的安定しており再現性は高かった。しかし、実際の製造場において酵母比率、並びに発酵及び酒質を安定させるためには、使用する培養酵母の活性、出麴酸、もろみ温度など酵母の増殖に影響を与える条件が変動しないように管理する必要がある。

Table 1 Staining of yeasts on TTC and Erythrosine plates

	K2	C4	H5	37
TTC plate	red	white	pink	pink
Erythrosine plate	light	light	dark	light

K2 : Kagoshima No.2, C4 : Kagoshima No.4,  
H5 : Kagoshima No.5, 37 : Ko-CR-37

Table 2 Ratios of each yeast in the first and second moromi

	K2:C4	K2:H5	K2:37	C4:H5	C4:37	H5:37
1st moromi on days 6	29:71	15:85	71:29	13:87	97:3	100:0
2nd moromi on days 4	11:89	3:97	77:23	10:90	93:7	100:0
2nd moromi on days 9	18:82	16:84	76:24	18:82	93:7	100:0

K2 : Kagoshima No.2, C4 : Kagoshima No.4, H5 : Kagoshima No.5, 37 : Ko-CR-37

Table 3 Analytical results of components in the second moromi

	Single-culture fermentation				Mixed-culture fermentation					
	K2	C4	H5	37	K2:C4	K2:H5	K2:37	C4:H5	C4:37	H5:37
Total yeast ( $\times 10^8$ cells/g)	3.6	5.9	5.2	5.6	6.4	6.3	5.5	6.7	6.5	5.8
Moromi acidity (ml)	8.4	8.7	7.9	8.0	8.4	7.8	8.1	7.9	8.7	7.9
Total sugar (%)	2.4	2.2	2.1	2.3	2.2	2.2	2.3	2.1	2.6	2.1
Alcohol content (%)	14.9	15.9	15.9	15.6	15.7	16.0	15.6	16.1	15.5	15.8
Volatile acidity (ml)	3.0	1.4	1.5	1.7	1.5	1.7	2.0	1.3	1.3	1.4

K2 : Kagoshima No.2, C4 : Kagoshima No.4, H5 : Kagoshima No.5, 37 : Ko-CR-37

Table 4 Concentration of general flavor compounds in sweet potato shochu

	Single-culture fermentation				Mixed-culture fermentation					
	K2	C4	H5	37	K2:C4	K2:H5	K2:37	C4:H5	C4:37	H5:37
Ethyl acetate	72.3	72.6	65.2	70.6	80.6	60.1	79.3	73.7	69.3	63.1
n-Propyl alcohol	130	146	101	91	145	101	126	102	131	97
i-Butyl alcohol	142	252	223	427	203	214	219	223	280	224
i-Amyl acetate	5.0	8.8	6.1	21.2	9.2	4.7	8.9	8.4	9.9	5.6
active-Amyl alcohol	97	179	125	225	149	128	132	128	182	125
i-Amyl alcohol	303	428	283	564	411	294	390	299	449	290
$\beta$ -Phenethyl acetate	3.8	4.3	3.7	10.2	4.7	5.3	4.2	5.5	4.9	6.9
$\beta$ -Phenethyl alcohol	61.8	63.6	58.3	69.0	62.7	54.8	59.2	56.8	64.4	55.6
A/P	2.3	2.9	2.8	6.2	2.8	2.9	3.1	2.9	3.4	3.0
A/B	2.1	1.7	1.3	1.3	2.0	1.4	1.8	1.3	1.6	1.3
B/P	1.1	1.7	2.2	4.7	1.4	2.1	1.7	2.2	2.1	2.3

K2 : Kagoshima No.2, C4 : Kagoshima No.4, H5 : Kagoshima No.5, 37 : Ko-CR-37

A/P : ratio of i-Amyl alcohol to n-Propyl alcohol

A/B : ratio of i-Amyl alcohol to i-Butyl alcohol

B/P : ratio of i-Butyl alcohol to  $\beta$ -Phenethyl alcohol

熟成もろみの分析結果をTable 3に示す。総菌数については、単独醸造の2号は $3.6 \times 10^8$  cells/g、他の酵母は $5.2 \sim 5.9 \times 10^8$  cells/gであり2号が少なかった。一方、混合醸造では、2号を使用した試験区であっても $5.5 \sim 6.4 \times 10^8$  cells/gであり2号単独に比べ多かった。これは、2号相手側酵母の増殖によるものと推察された。もろみ酸度については、 $7.8 \sim 8.7$ であり試験区間の顕著な差は認められなかった。もろみ酸の大部分が使用した米麴に含まれるクエン酸に由来するためと推察された。このことから、全ての試験区は、雑菌汚染することなく発酵を終了したと判断した。残全糖については、全ての試験区において同一であり、またHPLCにより残ブドウ糖も検出できなかったことから(データは省略)、発酵は順調に終了したと判断した。もろみアルコール分については、単独醸造の2号は14.9%、他の酵母は15.6~15.9%であり2号単独がやや低かった。一方、混合醸造では、2号を含む試験区であっても15.5~16.0%であり高いもろみアルコール分を示した。清酒における混合醸造の報告によると、もろみアルコール分は発酵能の強い酵母の特性が出るとされており<sup>4)</sup>、芋焼酎における混合醸造においても同様の結果を確認できた。揮発酸度については、単独醸造の2号は3.0、他の酵母は1.4~1.7であり2号単独が高い値を示した。2号を含む混合醸造は、2号単独醸造に比べ揮発酸度は大幅に低下した。その中でも、Ko-CR-37との混合醸造では、揮発酸度は2.0でありや

や高い値を示した。これは、酵母比率がKo-CR-37に比べ2号がやや高かったことから、2号の特徴である揮発酸度がやや高くなったと推察された。

香気成分の分析結果及びA/P比、A/B比、B/P比をTable 4に示す。まず、酵母別の傾向として、2号、5号と比べ、4号、Ko-CR-37を使用した芋焼酎は高級アルコール及びエステル類の濃度が高かった。また、A/P比についてはKo-CR-37が6.2と高く、B/P比についてはKo-CR-37が4.7と高く2号が1.1と低かった。次に、混合醸造では、酢酸イソアミルを高生産するKo-CR-37を含む試験区は、2号との混合醸造でやや酢酸イソアミルが上昇したものの、その他の試験区では酢酸イソアミルの上昇は認められなかった。これは、Ko-CR-37の酵母比率が低かったためと推察された。また、4号を含む混合醸造は、2号または5号との試験区でやや酢酸イソアミルが上昇した。4号：5号の試験区では4号の酵母比率が10%程度であったにもかかわらず、酢酸イソアミル濃度は4号単独の場合と同等であった。清酒では、増殖能の弱いカブロン酸エチル高生産酵母を使用した混合醸造の場合、当該酵母のもろみ中に占める比率は低いものの、製品中のカブロン酸エチル量は比較的高いとの報告がある<sup>3)</sup>。そのメカニズムは不明であるが、焼酎の混合醸造における酢酸イソアミルにも同様の傾向が認められた。

A/P、A/B、B/P比については、5号を含む混合醸造は5号単独の数値とほぼ同一であった。また、2号：4号の試

Table 5 Sensory evaluation of sweet potato shochu

	Single-culture fermentation				Mixed-culture fermentation					
	K2	C4	H5	37	K2:C4	K2:H5	K2:37	C4:H5	C4:37	H5:37
Odor	acetic complex	fruity	light	very fruity	slightly fruity and acetic	light	slightly acetic	slightly fruity	slightly fruity	slightly sweet
Taste	body astringent	sweet mild	slightly pungent sharp	pungent sharp	sweet	slightly body mild	slightly pungent	slightly sweet	slightly pungent	slightly pungent sharp

K2 : Kagoshima No.2, C4 : Kagoshima No.4, H5 : Kagoshima No.5, 37 : Ko-CR-37

Table 6 Analytical results of the second moromi at a full-scale test

	Single-culture fermentation		Mixed-culture fermentation		
	K2		K2:H5		
	w/o sashimoto		w/o sashimoto	1st sashimoto	2nd sashimoto
Volatile acidity (ml)	7.7		1.4	1.6	1.7
Ratio of each yeast (K2:H5)	-		15:85	4:96	0:100

K2 : Kagoshima No.2, H5 : Kagoshima No.5

験区は両酵母の中間よりやや4号に近い値を、2号：Ko-CR-37の試験区は両酵母の中間よりやや2号に近い値を示した。これらの結果から、焼酎のA/P, A/B, B/P比は酵母比率の影響を受けていると推察された。水谷らは、蕎麦焼酎の混合醸造により香気成分の組成を変えることができることを示しており<sup>8)</sup>、芋焼酎においても同様の結果が得られた。

官能試験の結果をTable 5に示す。まず、各酵母の特徴として、単独醸造の2号による芋焼酎は酢酸生成による酸臭を中心とした複雑な香りと味の濃さを持っていた。混合醸造では、酸臭の軽減と味の付与を目指した。4号はエステルに由来する穏やかで甘い香味が特徴であり、混合醸造では甘い香味の付与を目指した。5号は酵母に由来する香味が低いことから穏やかですっきりとした香味が特徴であり、混合醸造では相手側酵母の香味を付与することを目指した。Ko-CR-37はカナバニン耐性を指標として育種された酵母であり、酢酸イソamilを主体とした強いエステル香と高級アルコールに起因すると思われる辛味を持っていた。混合醸造ではエステル香の付与と、辛味の軽減を目指した。

次に、混合醸造による酒質の傾向は、2号を含む混合醸造では、酸臭が抑制されているものの、いずれの試験区も2号らしい複雑な香味であった。例えば、2号：4号の試験区では、4号のエステル香と2号由来の複雑な香りが組み合わさり、甘酸っぱく香味豊かな酒質であった。また、2号：5号の試験区では、香りは5号に近く穏やかであり、味は2号らしい味の濃さを持っていた。逆に、2号：Ko-CR-37の試験区では、両酵母の特徴が抑制され混合醸造の特徴を見出すことができなかつた。一方、4号を含む混合醸造では、いずれの試験区も4号の特徴であるエステル由来の甘い香味であった。例えば、4号：5号の試験区では、特徴の弱い5号の酒質に4号のエステル香があった。

Ko-CR-37を含む混合醸造では、酵母比率が低いこともあり特徴を出しにくいと思われたが、混合醸造では相手酵母の酒質にKo-CR-37の辛味がわずかにあった。

### 3. 2 実規模による混合醸造

混合醸造の実用性を確認するため、実規模での芋焼酎製造試験を行った。A社での試験では、2号由来の揮発酸を制御する目的で、香味の特徴が弱い5号を使用する2号と5号の混合醸造とした。1次6日目もろみの揮発酸度、2次3日目酵母比率の結果をTable 6に示す。揮発酸度は、2号単独の7.7と比べ、混合醸造は1.4、その後の差しもとは1.6~1.7であり低く抑えられた。また、このときの2号の酵母比率は、差しもとが進むに従って著しく低下した。小仕込み試験と同様に、2号と5号の混合醸造における酵母比率は5号の比率が高く、さらに差しもとを行うことで2号は淘汰された。これらの結果から、混合醸造により揮発酸度を制御できるが、差しもとを行うと安定した酒質の維持が困難であることが示唆された。一方で、差しもとを行うことで蔵付酵母が発酵や酒質に影響を与えることが知られている<sup>11)13)</sup>。今回の試験結果からは、蔵付酵母が混合醸造へ与える影響については不明であるが、混合醸造により目的の発酵や酒質とするには、差しもと回数を減らすなど蔵付酵母の影響を抑える対策が必要であると考えられた。

B社では、小仕込み試験で酒質が特徴的であった2号と4号の混合醸造を行い、酒質の多様化を目指した。熟成もろみの分析結果をTable 7に、芋焼酎の分析結果をTable 8に示す。1次6日目、2次蒸留前の酵母比率については、2号26%、4号74%と4号の比率が高く、小仕込み試験と同様の結果であった。また、もろみアルコール分については、4号の特徴が強く出ており、小仕込み試験と同様の結果であった。香気成分については、高級アルコール、エステル類ともに、両酵母の中間より4号に近い値を示しており、酵母比率を反映していると推察された。これに対し、

Table 7 Analytical results of moromi at a full-scale test

	Single-culture fermentation		Mixed-culture fermentation
	K2	C4	K2:C4
1st moromi on Day 6			
Alcohol content(%)	15.2	14.8	14.9
Volatile acidity(ml)	16.5	4.8	8.6
Ratio of each yeast (K2:C4)	-	-	26:74
2nd moromi on Day 9			
Alcohol content(%)	13.3	14.2	14.3
Volatile acidity(ml)	4.7	2.0	2.2
Ratio of each yeast (K2:C4)	-	-	26:74
Alcohol yield* (L/t)	187	199	201

\*Alcohol volume obtained from 1t of raw material  
K2 : Kagoshima No.2, C4 : Kagoshima No.4

Table 8 Analytical results of sweet potato shochu at a full-scale test

	Single-culture fermentation		Mixed-culture fermentation
	K2	C4	K2:C4
Ethyl acetate	100	111	(mg/l) 105
n-Propyl alcohol	125	151	145
i-Butyl alcohol	143	247	213
i-Amyl acetate	5.0	11.8	9.1
active-Amyl alcohol	107	193	159
i-Amyl alcohol	242	432	378
β-Phenetyl alcohol	52.9	62.4	56
Acidity (ml)	1.9	0.5	0.6
Sensory evaluation	acetic body, bitter	fruity sweet	sweet-sour harmonious

K2 : Kagoshima No.2, C4 : Kagoshima No.4

製品酸度は4号と同等の値であり、2号の特徴が強く抑えられていた。酵母比率の影響が香气成分と製品酸度と異なる理由は不明であるが、混合醸造の製品は両酵母が生成する香气成分の濃度範囲内ではあるものの、両酵母単独醸造の製品をブレンドしても得られない成分組成であることを確認できた。

官能評価では、2号単独が「酸臭、味濃い」、4号単独が「甘香、軽快」に対し、混合醸造では「甘酸っぱい、香味のバランス良い」と両酵母の特徴を併せ持つ酒質であった。混合醸造と同程度の香气成分組成となるように2号と4号単独醸造の製品をブレンドした場合、ブレンド酒は2号の酸臭が際立ってしまい、バランスの良い香味とするのは難しかった。このことから、混合醸造の酒質は単独醸造では得られない香味のバランスであり、酒質の多様化という混合醸造の効果を実規模でも確認することができた。

### 3.3 酵母の増殖速度評価

バイオフィトレコーダーを用い、各種もろみ酸度における酵母の増殖速度を評価した。試験に供した酵母は、混合醸造で酵母比率が最も高かった5号と低かった2号である。増殖曲線をFig. 1に示す。培養液の酸度12の条件では、両酵母の増殖速度の差はそれほど大きくないが、1次もろみを想定した酸度22, 32では、2号は休眠時間が長くなり、また増殖速度が著しく低下した。このことから、1次もろ

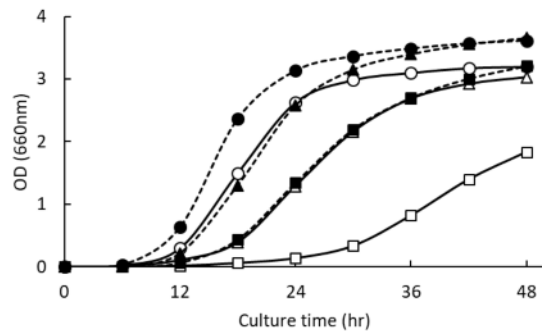


Fig. 1 Effect of acidity of the medium on the growth curve  
Yeast cells were cultured at 30°C with 20 rpm shaking rate in koji extract media adjusted to acidities of 12, 22 and 32.

K2 : Kagoshima No.2, H5 : Kagoshima No.5

Symbols : —○—, K2-acidity 12; —△—, K2-acidity 22; —□—, K2-acidity 32  
—●—, H5-acidity 12; —▲—, H5-acidity 22; —■—, H5-acidity 32

Table 9 Ratios of each yeast in the second moromi on Day 4

Mixed-culture fermentation	K2:C4	K2:H5	C4:H5
from 1st moromi	32:68	16:84	17:83
from 2nd moromi	23:77	70:30	74:26

K2 : Kagoshima No.2, C4 : Kagoshima No.4,  
H5 : Kagoshima No.5

みのようなクエン酸濃度の高い環境では酵母間の増殖速度の差が大きく酵母比率が変化する一因となり、一方2次もろみのようなクエン酸濃度が低い環境では増殖速度の差が小さく酵母比率が変化しにくくなると推察された。従って、混合醸造で酵母比率を安定させる、あるいは増殖速度の遅い酵母の特徴を強く出すためには、差しもとを行わない、または1次もろみまでは単独醸造を行い2次もろみから混合醸造を行う、などの工夫が有効であると推察された。

### 3.4 2次もろみからの混合醸造

2次もろみからの混合醸造であっても、1次もろみからの混合醸造と同様に酒質の多様化などの効果が得られるか確認するため小仕込み試験を行った。1次または2次もろみからの混合醸造における、2次4日目もろみの酵母比率をTable 9に示す。1次もろみからの混合醸造と比べ、2次からの混合醸造では5号の酵母比率が低下した。このときの、単独醸造における1次使用前の生菌数は、2号が $0.93 \times 10^8$  cells/g、4号が $1.8 \times 10^8$  cells/g、5号が $0.38 \times 10^8$  cells/gであり、5号の生菌数が低かった。このことから、各酵母による1次もろみを同量混合する2次もろみからの混合醸造では、2次即下における5号酵母の酵母割合が低くなるため、1次もろみからの混合醸造と比べ5号酵母の酵母割合が低下したと推察された。

次に、もろみ及び香气成分の分析結果をTable 10に示す。2号を含む混合醸造では、製品酸度は2号単独が3.8であるのに対し、2号:5号の試験区は2.4、2号:4号の試験区は1.7であり、2号の特徴である酢酸生成を抑制する

Table 10 Analytical results of mixed-culture fermentation from 1st or 2nd moromi

	Single-culture fermentation			Mixed-culture fermentation					
	K2	C4	H5	from 1st <i>moromi</i>			from 2nd <i>moromi</i>		
				K2:C4	K2:H5	C4:H5	K2:C4	K2:H5	C4:H5
Alcohol content (%)	13.3	14.0	14.3	13.7	14.1	14.1	14.2	14.3	14.2
Volatile acidity (ml)	3.8	1.2	1.4	1.8	1.6	1.4	1.7	2.4	1.4
									(mg/l)
n-Propyl alcohol	125	172	122	154	128	124	154	121	151
i-Butyl alcohol	140	221	200	179	192	199	191	160	208
i-Amyl acetate	3.5	6.7	4.2	4.7	4.5	4.7	5.5	4.0	5.6
i-Amyl alcohol	238	366	234	316	234	242	328	217	305
$\beta$ -Phenethyl alcohol	62	63	62	60	63	59	63	64	66
A/P	1.9	2.1	1.9	2.1	1.8	2.0	2.1	1.8	2.0
A/B	1.7	1.7	1.2	1.8	1.2	1.2	1.7	1.4	1.5
B/P	1.1	1.3	1.6	1.2	1.5	1.6	1.2	1.3	1.4

K2 : Kagoshima No.2, C4 : Kagoshima No.4, H5 : Kagoshima No.5

A/P : ratio of i-Amyl alcohol to n-Propyl alcohol

A/B : ratio of i-Amyl alcohol to i-Butyl alcohol

B/P : ratio of i-Butyl alcohol to  $\beta$ -Phenethyl alcohol

ことができた。4号：5号の試験区では、イソアミルアルコール濃度は1次もろみからの混合醸造と比べ2次からでは約26%増加するなど香り成分において4号の特徴が強くて出ている。これは、2次もろみからの混合醸造では1次からと比べ4号の酵母比率が増加したためと推察された。5号を含む混合醸造では、5号の酵母比率は1次もろみからの混合醸造と比べ低下したものの、もろみの炭酸ガス発生量や（データは省略）、もろみアルコール分が高いことなど5号の特徴は出ている。

以上のことから、2次もろみからの混合醸造は酵母比率が安定するとともに、酵母間の増殖速度に差がある場合であっても両酵母の特徴がより出やすい仕込み法として有効であることが示唆された。

#### 4. 結 言

酒質の多様化を目的とし、芋焼酎における酵母混合醸造について検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 仕込み時に2種類の酵母を同量混合しても、1次もろみの段階で酵母比率が大きく変化していた。また、混合醸造のアルコール収量、香り成分の生成量及び酒質は、両酵母の比率に依存したものであった。
- (2) 各酵母の増殖速度について評価したところ、培養液中のクエン酸濃度が大きくなるに従い、酵母間の増殖速度の差が大きくなった。このことが、混合醸造における1次もろみで、添加した酵母の比率が大きく変化する要因になると示唆された。
- (3) 混合醸造で酵母比率を安定させるために、2次もろみから混合醸造を検討した。その結果、2次もろみからの

混合醸造は酵母比率が安定するとともに、酵母間の増殖速度に差がある場合であっても両酵母の特徴がより出やすい仕込み法として有効であることが示唆された。

#### 参 考 文 献

- 1) 高峯和則, 鮫島吉廣 : 醸協, **103**, 601-606(2008)
- 2) 宮尾俊輔 : 醸協, **99**, 694-700(2004)
- 3) 宮尾俊輔 : 醸協, **103**, 742-749(2008)
- 4) 稲橋正明, 武藤貴史 : 醸協, **103**, 824-835(2008)
- 5) 渡辺誠衛, 田口隆信, 高橋仁, 大野剛 : 醸協, **104**, 712-721(2009)
- 6) 谷本昌太, 松本英之, 藤井一嘉, 大土井律之, 山根雄一, 若林三郎 : 醸協, **104**, 312-319(2009)
- 7) 小高敦史, 松村憲吾, 佐原弘師, 秦洋二 : 醸協, **112**, 133-139(2017)
- 8) 水谷政美, 工藤哲三, 山本英樹, 柏田雅徳 : 宮崎県食品開発センター研究報告, **49**, 107-112(2004)
- 9) 高峯和則, 瀬戸口眞治, 亀澤浩幸, 神渡巧, 緒方新一郎, 尾ノ上国昭, 濱崎幸男 : 鹿児島県工業技術センター研究報告, **8**, 1-6(1994)
- 10) 高峯和則, 瀬戸口眞治, 亀澤浩幸, 水元弘二 : 特許 3051715号
- 11) 安藤義則, 瀬戸口眞治, 亀澤浩幸 : 鹿児島県工業技術センター研究報告, **23**, 5-8(2009)
- 12) 注解編集委員会編, 第四回改訂国税庁所定分析法注解 (財団法人日本醸造協会, 東京) (1993)
- 13) 武藤貴史, 稲橋正明, 木崎康造, 岡崎直人, 石川雄章, 赤尾健 : 醸協, **113**, 133-139(2018)