

焼酎もろみから分離した酵母(MF062)の工場規模での実用性評価と特性把握

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	山本,英樹 森村,茂 水谷,政美 山田,和史 越智,洋 高山,清子 工藤,哲三 太田,広人 木田,建次
発行元	日本醸造協会
巻/号	108巻1号
掲載ページ	p. 45-51
発行年月	2013年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



焼酎もろみから分離した酵母 (MF062) の工場規模での実用性 評価と特性把握

山本英樹^{1,2}・森村 茂²・水谷政美¹・山田和史¹・越智 洋¹・高山清子¹・工藤哲三¹・
太田広人²・木田建次²

(¹宮崎県食品開発センター・²熊本大学大学院自然科学研究科)

平成 24 年 4 月 16 日受理

The utility evaluation and characterization of yeast (MF062) isolated from *shochu* mash in commercial scale
brewing tests

Hideki YAMAMOTO^{1,2}, Shigeru MORIMURA², Masami MIZUTANI¹, Kazufumi YAMADA¹, Hiroshi OCHI¹,
Kiyoko TAKAYAMA¹, Tetsuzo KUDO¹, Hiroto OHTA² and Kenji KIDA²

(¹Miyazaki Prefectural Food Research and Development Center, 16500-2 Higashikaminaka, Sadowaracho, Miyazaki City,
Miyazaki 880-0303, Japan

²Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami, Kumamoto City, Kumamoto 860-
8555, Japan)

A commercial scale for *shochu* production tests was carried out using *Saccharomyces cerevisiae* "Heisei Miyazaki Yeast" (MF062), which was selected for its superior ability in terms of alcohol fermentation and aromatic ingredient generation among 272 wild yeasts isolated from the *shochu* mash of *shochu* breweries. Alcohol yield and general components in *shochu* production using MF062 were the same as those in industrial yeasts like "Miyazaki Yeast" (MK021) in seven *shochu* breweries, namely, 3 sweet potato *shochu* and 4 barley *shochu* breweries. Five series of *sashimoto* were also performed with constant high alcohol yield. *Shochu* produced using MF062 was awarded high scores in the sensory tests. Investigation of the relations between sensory tests and higher alcohol (n-propyl alcohol (P), i-butyl alcohol (B), and i-amyl alcohol (A)) in *shochu* showed that *shochu* with smaller A/P and A/(P + B) received better evaluations. *Shochu* made using MF062 received high evaluations because MF062 could produce a suitable ratio of higher alcohol. From the above results, it was confirmed that MF062 could be used for commercial production of *shochu* just the same as with commercial strains which have excellent brewing properties.

Key words : 実規模焼酎製造試験, 平成宮崎酵母 (MF062), 高級アルコール比

緒言

本格焼酎は、近年出荷量の増加および消費者嗜好の多様化に伴い、より高度な品質管理が要求されている。焼酎の香味に関係するアルコール類、エステル類、有

機酸等は酵母の代謝に由来するものが多く、生成する成分が微妙に調和することにより優れた香味を有する焼酎となる。焼酎の製造に使用されている醸造用酵母には宮崎酵母、鹿児島酵母、熊本酵母、泡盛酵母、協会酵母等があり、それぞれ公設試、酒造組合、日本醸

連絡先 (Corresponding author), hideyama@iri.pref.miyazaki.jp

造協会等から酒造業者に分譲されている。しかし、多様化する消費者の嗜好性に応えながら原料の特徴を活かした焼酎を製造するためには、酵母の選択の幅を広げることが重要である。そこで著者らは、宮崎県内の焼酎もろみから分離収集した272株の野生酵母について増殖試験、発酵試験、焼酎の小仕込試験を行い、醸造適性および高温耐性に優れた新規焼酎酵母平成宮崎酵母（MF062）を選抜することに成功した¹⁾。MF062は生理学的試験および遺伝子解析の結果から *Saccharomyces cerevisiae* に属していると判断された。また、MF062は焼酎もろみから分離したもので変異処理等を伴わないことから、優良形質の欠損の可能性が低い安定した酵母であると考えられた。

本研究では、MF062を使用して工場規模での焼酎試験醸造を行い、発酵性や酒質等を確認することでMF062の実用性について検討を行った。

実験方法

1. 焼酎の試験醸造

MF062および対照として宮崎酵母（MK021）等の実用酵母を使用し、7酒造場（芋焼酎3ヶ所および麦焼酎4ヶ所で異なる酒造場の製品に *Shochu* 1～7の番号を付した。）において、実用規模での試験醸造を行った。製麹、発酵、蒸留等の方法はTable 1に示す条件で酒造場毎に通常どおり行った。得られた原酒を和してアルコール分を25%（v/v）とした後に、No.27ろ紙（ADVANTEC製）を用い自然落下にてろ過を行い焼酎を得た。またイオン交換処理は行わなかった。なお、MF062および対照の実用酵母の仕込み条件は同一とした。

2. 分析方法

芋焼酎および麦焼酎のpH、酸度、紫外外部吸収、チオバルビツール酸価（TBA価）およびアルコール分

の分析は、国税庁所定分析法²⁾に従った。また、焼酎の一般香気成分の分析はガスクロマトグラフ（GC：HEWLETT PACKARD製6890 SERIES II）を用いて、モノテルペンアルコール³⁾についてはガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS：島津製作所製GC-MS-QP2010 Plus）を用いて、Table 2の測定条件で行った。焼酎のモノテルペンアルコール測定試料の調製は、ヘッドスペース固相マイクロ抽出（Solid Phase Micro Extraction：SPME）法⁸⁻¹¹⁾で行った。アルコール分25%（v/v）の焼酎5 mLおよび内部標準溶液（1-ペンタノール250 mg/L）0.1 mLを20 mL容ガラスバイアルに入れて密栓し、島津製作所製AOC-5000オートインジェクターを用いて40℃、500 rpmで攪拌しながら5分加温した後、SPMEファイバー（SUPELCO 85 μm ポリアクリレート）を露出して30分間攪拌しながら抽出を行った。脱離はSPMEファイバーをGC-MS装置の注入口内で5分間露出して行った。

3. 差しもとを伴う焼酎の試験醸造

Table 1に示す *Shochu* 5の条件の焼酎工場において、総原料1.5 tonの麦焼酎試験醸造を差しもとで行った。差しもとは5回行った。製麹、発酵、蒸留等の方法については通常どおり行った。なお、差しもとは1次3日目のもろみ6Lを純粋酵母の代わりに1次仕込み時に加えた。

4. 官能検査

酒造場で製造した芋焼酎50本の官能検査を行った。50本の内訳は5本がMF062を使用した焼酎であり、残りの45本はMK021等の実用酵母を使用した焼酎であった。全ての焼酎はアルコール分を25%（v/v）に調整した。焼酎鑑評会の審査員および焼酎ブレンド熟練技術者13名をパネリストとして3点法（1：優，2：良，3：可）で官能検査を行い、酒質を評価した。

Table 1 Conditions for the commercial scale of *shochu* brewing tests using MF062 and industrial yeasts.

Main material	Sample name	Amount of material (kg)	Ratio of koji (%)	Ratio of water (%)	Days of seed mash	Days of main mash	Distillation method	Ionic exchange
Sweet potato	<i>Shochu</i> 1	6,000	20	60	6	9	Atmospheric pressure	No
	<i>Shochu</i> 2	4,800	20	65	5	10	Atmospheric pressure	No
	<i>Shochu</i> 3	360	20	58	6	10	Atmospheric pressure	No
Barley	<i>Shochu</i> 4	2,700	50	160	5	11	Reduced pressure	No
	<i>Shochu</i> 5	1,500	50	150	6	15	Reduced pressure	No
	<i>Shochu</i> 6	880	47	146	6	13	Atmospheric pressure	No
	<i>Shochu</i> 7	450	50	133	6	14	Atmospheric pressure	No

Table 2 Conditions for GC and GC-MS analysis

Gas Chromatography	
Analysis equipment	HEWLETT PACKARD 6890 SERIES II
Column	J&W DB-WAX I.D.0.53 mm × 30 m, Film 1 μm
Oven temperature	50°C (5min) to 225°C at 4°C /min (hold 5 min)
Carrier gas	Helium, 3.6 mL/min
Injection	(Oven temperature+3) °C, on column
Detector	300°C, FID
Gas Chromatography-Mass Spectrometry	
Analysis equipment	Shimadzu Corporation GCMS-QP2010 Plus
Column	J&W DB-WAX I.D.0.25 mm × 30 m, Film 0.25 μm
Column temperature	50°C (5 min) to 230°C at 4°C /min (hold 5 min)
Carrier gas	Helium, 1.30 mL/min
Injection	230°C, SPME method
Total flow	30.0 mL/min
Ion source temperature	200°C
Ionization method	Electron Ionization
Detection	Selected Ion Monitor
Ions measured for identification	
1-Pentanol : 55 (41, 70), Linalool : 71 (55, 93), α-Terpineol : 59 (93, 121), Citronellol : 69 (67, 81), Nerol : 69 (68, 93), Geraniol : 69 (67, 68)	
Mass numbers in the parentheses are ions used for confirmation.	

結果および考察

1. 製造した焼酎の一般成分

MF062 および実用酵母を使用した芋焼酎および麦焼酎の試験醸造により得られた焼酎の一般成分（pH, 酸度, 紫外外部吸収, TBA 値）を Table 3 に示した。pH および酸度については MF062 および実用酵母の焼酎において大差は見られなかったことから、全てのもろみにおいて発酵は雑菌汚染なく順調に進んだと考えられた。このことは前報¹⁾での米麴および麦麴の小規模発酵試験, 芋焼酎の小仕込試験の結果と一致した。

さらに紫外外部吸収および TBA 値についても, MF062 を用いて製造した焼酎は実用酵母を用いたものとはほぼ同程度であり, 蒸留および精製ろ過も同程度に適切に行われたと推察された。

2. 純アルコール取得量

MF062 および実用酵母を使用した芋焼酎および麦焼酎の試験醸造における純アルコール取得量を Table 4 に示した。酵母の違いによる大差は見られず, 芋焼酎では約 200 L/ton であり, 麦焼酎では約 420 L/ton であった。このことから工場規模の焼酎製造において, MF062 は実用酵母と同様に, 芋および麦のいずれに

Table 3 General components of *shochu* in the commercial scale brewing tests using MF062 and industrial yeasts.

Main material	Sample name	Strains	pH	Acidity	Absorption of ultraviolet portion	TBA value
Sweet potato	Shochu 1	MF062	4.6	1.2	601	126
		Industrial Yeast	4.6	1.1	647	129
	Shochu 2	MF062	4.6	1.4	985	204
		Industrial Yeast	4.7	1.2	965	234
	Shochu 3	MF062	4.5	1.0	248	23
		Industrial Yeast	4.5	1.0	231	28
	Shochu 4	MF062	5.2	0.5	20	2
		Industrial Yeast	5.2	0.5	36	5
Barley	Shochu 5	MF062	4.2	2.1	40	10
		Industrial Yeast	4.2	1.6	28	24
	Shochu 6	MF062	4.4	1.5	2061	692
		Industrial Yeast	4.4	1.3	1861	477
	Shochu 7	MF062	5.0	0.5	770	185
	Industrial Yeast	5.0	0.6	1060	286	

Table 4 Results of the commercial scale *shochu* brewing tests using MF062 and industrial yeasts.

Main material	Sample name	Strains	Maximum temperature of main mash (°C)	Alcohol content of matured main mash (%)	Maturing rate of mash (%)	Distillation rate of mash (%)	Alcohol content of unblended <i>shochu</i> (%)	Alcohol yield (L/ton (raw material))
Sweet potato	Shochu 1	MF062	35	13.2	98.4	96.9	37.0	193
		Industrial Yeast	35	13.0	101.2	97.0	36.6	201
	Shochu 2	MF062	34	14.0	82.1	97.3	38.2	207
		Industrial Yeast	34	14.7	81.9	97.0	37.9	207
	Shochu 3	MF062	35	13.5	93.1	95.3	36.7	199
		Industrial Yeast	35	13.6	92.8	96.8	37.2	199
Barley	Shochu 4	MF062	32	17.3	102.1	97.0	44.4	437
		Industrial Yeast	32	17.1	100.9	95.2	43.5	431
	Shochu 5	MF062	31	17.8	90.5	98.0	42.8	420
		Industrial Yeast	33	17.8	95.9	97.6	43.2	427
	Shochu 6	MF062	33	17.5	102.4	96.7	36.3	417
		Industrial Yeast	32	17.4	93.7	97.1	38.9	412
	Shochu 7	MF062	36	19.2	100.0	95.4	45.0	438
Industrial Yeast		35	17.9	100.0	95.4	44.0	410	

においても順調なアルコール生産が可能であることが分かった。このことは前報¹⁾における芋焼酎の小仕込試験等の結果と一致した。MF062は高温領域において、実用酵母と比較してアルコール生産性が高いことが分かっている¹⁾。しかし、今回の焼酎製造では発酵時のもろみ温度管理が30℃程度であり、酵母にとって高温ストレスがさほどかからなかったために純アルコール収得量においてMF062の優位性が明確に認められなかったと考えられた。

3. 焼酎の香気成分

MF062および実用酵母を使用して製造した芋および麦の試験醸造焼酎の香気成分濃度をTable 5に示した。香気成分の総量はMF062製の焼酎が実用酵母製の焼酎と比べてやや多いことから、MF062製の焼酎は十分な香気成分を含有することが分かった。また、i-ブチルアルコールはMF062製の焼酎が実用酵母製の焼酎と比べて多く含まれていることが分かった。この傾向は、前報¹⁾の芋焼酎および米焼酎の小仕込試験の結果と一致した。また、芋焼酎よりも麦焼酎について

Table 5 Volatile components of sweet potato and barley *shochu* brewed in the commercial scale tests.

Main material	Sample name	Strains	mg/L									A/P Ratio	A/(P + B) Ratio
			Ethyl acetate	n-Propyl alcohol	i-Butyl alcohol	i-Amyl alcohol	β -Phenyl ethyl alcohol	Iso-amyl acetate	Ethyl caprylate	β -Phenyl ethyl acetate	Total		
Sweet potato	Shochu 1	MF062	91	98	209	450	55	7.1	1.6	1.3	914	4.6	1.5
		Industrial Yeast	91	93	207	444	54	7.6	1.6	1.3	900	4.8	1.5
	Shochu 2	MF062	91	86	234	353	62	5.5	1.4	1.3	834	4.1	1.1
		Industrial Yeast	77	80	184	372	72	5.1	1.1	1.7	793	4.6	1.4
	Shochu 3	MF062	79	116	214	385	47	6.7	1.1	1.3	850	3.3	1.2
		Industrial Yeast	64	104	194	378	50	6.3	1.0	1.6	800	3.6	1.3
Barley	Shochu 4	MF062	93	147	193	511	64	9.6	0.9	1.8	1019	3.5	1.5
		Industrial Yeast	80	127	155	511	65	10.0	1.6	3.1	952	4.0	1.8
	Shochu 5	MF062	81	118	176	438	46	5.8	1.1	0.6	866	3.7	1.5
		Industrial Yeast	84	103	140	459	47	7.3	1.0	2.3	844	4.5	1.9
	Shochu 6	MF062	57	96	195	363	67	3.4	0.6	1.0	782	3.8	1.2
		Industrial Yeast	58	107	151	350	57	3.5	0.5	0.9	727	3.3	1.4
	Shochu 7	MF062	77	167	187	410	56	7.3	1.2	1.9	907	2.5	1.2
Industrial Yeast		60	136	146	384	49	5.9	-	2.1	782	2.8	1.4	

この傾向が大きかった。酵母における*i*-ブチルアルコールの生成には、アミノ酸生成経路とエールリッヒ経路の2つの経路が知られている¹²⁻¹⁴。前者の経路では、アミノ酸生成経路の中間生産物である α -ケトイソバレリアン酸から分岐経路によって*i*-プロピルアルデヒドになりアルコールデヒドロゲナーゼによって*i*-ブチルアルコールが生成される。後者ではエールリッヒ経路により、もろみ中のL-バリン代謝系の中間体である α -ケトイソバレリアン酸から*i*-ブチルアルコールが生成される。酵母はアミノ酸を積極的に菌体内に取り込むが、タンパク質合成に利用される必要以上のアミノ酸の一部は分岐経路で高級アルコールとして菌体外に排出される。もろみ中にバリン等のアミノ酸が不足すると、酵母は必要とするアミノ酸をアミノ酸生成経路から生産し、前駆アミノ酸およびアンモニウム塩等の共存する窒素源の種類と量によって*i*-ブチルアルコール等の高級アルコール生成が制御される。一方、もろみ中にアミノ酸が必要以上に存在すると、フィードバック阻害を受けてアミノ酸生成の反応が停止し、高級アルコールも生成されなくなる。この場合は、エールリッヒ経路により高級アルコールが生成され、もろみ中のアミノ酸含量と酵母のアミノ酸取り込みの程度により生成量は大きく影響される。MF062はいずれかの代謝系により*i*-ブチルアルコール生産性が高くなると推測されるが、詳細については今後の検討課題であると考えている。また、*i*-アミルアルコールはムレ香主成分のイソバレルアルデヒドの前駆体であるため焼酎に多く含まれる場合、官能的に酒質が低下する傾向があるが¹⁵、今回製造した焼酎の*i*-アミルアルコール含量は、使用酵母の違いによる差は見られなかった。高級アルコール類は酒類の香味成分として重要な役割を果たしているが、これらの成分の組成比も香味に大きく影響する¹²。MF062製および実用酵母製の焼酎について*i*-アミルアルコー

ル/*n*-プロピルアルコールの比（A/P比）を比較すると、*Shochu* 6以外ではMF062製の焼酎が実用酵母製の焼酎と比べ低い値の傾向を示した。ソバ焼酎とワインは*i*-アミルアルコールが多く*n*-プロピルアルコールが少ないことが苦味の原因のひとつである^{16,17}。一方、MF062製の焼酎はA/P比が比較的小さいことが分かったが、苦味低減への寄与については今後詳細に検討したい。

Table 6に芋焼酎の特徴香であるモノテルペンアルコールについて示した。生のサツマイモに含まれるモノテルペン配糖体はもろみ中で麴由来の β -グルコシダーゼにより加水分解されてゲラニオールおよびネロールが遊離し、その一部が酵母によりシトロネロールに変換され、また、蒸留工程の熱と酸によりリナロールおよび α -テルピネオールに変換される^{3,18}。MF062製の芋焼酎のシトロネロール含量は実用酵母製の芋焼酎に比べて*Shochu* 1, 3ではやや多く、*Shochu* 2では同等であった。

4. 差しもと試験

MF062の差しもとによる麦焼酎の仕込みを行った結果をTable 7に示した。純粹酵母を使用した場合と1回目から5回目まで差しもとを行った場合を比較すると、熟成二次もろみのアルコール分および蒸留後の純アルコール取得量の値に変動は見られなかった。したがって、MF062は実用酵母と同様に差しもとによる焼酎製造が可能であると考えられた。

5. 芋焼酎の官能検査

芋焼酎50本の官能検査を行った結果、Fig. 1に示すように平均点が1番目と2番目に低い値の芋焼酎はMF062製であった。寸評は「調和」、「きれい」、「芋の香り」、「甘味」、「丸味」等の良好なコメントが得られ、高い評価であった。その他3本のMF062製焼酎についてもそれぞれ平均点が2以下であり高い評価であった。この結果から、MF062を用いて製造した焼

Table 6 Concentrations of mono-terpene alcohol in sweet potato *shochu* brewed in the commercial scale tests. ($\mu\text{g/L}$)

Main material	Sample name	Strains	Linalool	α -Terpineol	Citronellol	Nerol	Geraniol
Sweet potato	<i>Shochu</i> 1	MF062	67	120	46	32	34
		Industrial Yeast	57	105	30	21	25
	<i>Shochu</i> 2	MF062	69	92	60	40	39
		Industrial Yeast	65	92	60	44	47
	<i>Shochu</i> 3	MF062	53	78	117	55	42
		Industrial Yeast	69	87	107	52	59

Table 7 Alcohol content of matured main mash and alcohol yield in the commercial scale barley *shochu* brewing tests using MF062, in which 1.5 tons of raw materials were added and reused mash (so-called “*sashimoto*”) was used as a seed for fermentations.

Seed for fermentation	Alcohol content of matured main mash (% (v/v))	Alcohol yield (L/ton (raw material))
Pure yeast	17.8	420
1st reused mash	17.8	419
2nd reused mash	17.9	424
3rd reused mash	17.6	428
4th reused mash	17.9	423
5th reused mash	17.9	423

酎の酒質は良好であると判断された。官能評価が上位および下位であった芋焼酎各5本ずつ計10本のn-プロピルアルコール、i-ブチルアルコールおよびi-アミルアルコールについて分析し、官能評価との関係を相関係数でTable 8に示した¹⁹⁾。A/Pは官能検査の評価と危険率1%未満で統計的に有意な正の相関関係があり、A/Pの小さい方が評価の高い傾向にあることが分かった。さらにA/(P+B)についても官能検査の評価と危険率1%未満で統計的に有意な正の相関があり、i-アミルアルコール含量に対して、n-プロピ

ルアルコールとi-ブチルアルコールの含量の和が多いことも酒質の高い評価に寄与していることが分かった。前述のようにMF062製焼酎に含まれるi-アミルアルコール含量が実用酵母製と差がなく、A/Pが小さく、さらにi-ブチルアルコール含量が多いことが特徴であった。このことは、芋焼酎の官能評価および高級アルコールの関係から導かれた酒質の高評価の要因と一致していた。したがって、MF062は高級アルコール等をバランス良く生成することにより焼酎の酒質の調和に寄与し、高い官能評価につながるものと考え

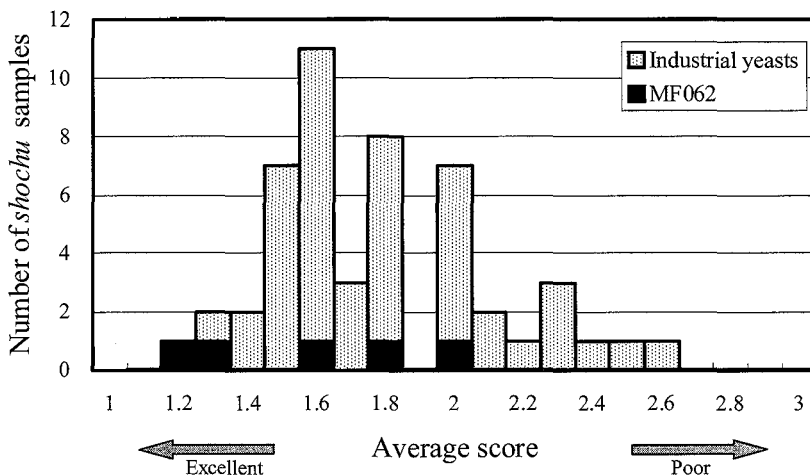


Fig. 1 Results of sensory tests of sweet potato *shochu* made using MF062 and industrial yeasts. Score: 1, Excellent; 2, Good; 3, Poor.

Table 8 Coefficient correlations with average scores of sensory tests and higher alcohol of sweet potato *shochu* brewed in the commercial scale tests.

	n-Propyl alcohol	i-Butyl alcohol	i-Amyl alcohol	A/P	A/B	B/P	A/(P+B)
Average score of sensory tests	-0.50	-0.57	0.48	0.80 **	0.65 *	0.18	0.83 **

P: n-Propyl alcohol, B: i-Butyl alcohol, A: i-Amyl alcohol

Sample numbers: 10, Symbols: ** 1% intentional, $r(10, 0.01) = 0.765$, * 5% intentional, $r(10, 0.05) = 0.632$

られた。

前報¹⁾で MF062 は生理学的試験および遺伝子解析の結果から酒類製造に多く用いられている *Saccharomyces cerevisiae* に属していると判断された。またバルスフィールドゲル電気泳動法による染色体バンドパターン、TTC 染色性、酸性フォスファターゼ活性、孢子形成能、高温耐性、小仕込試験における代謝成分および構成比等について調べたところ明確な違いが確認され、MF062 は宮崎酵母等の実用酵母と異なる新規酵母であると推察された。また、前報¹⁾の米麴および麦麴を用いた小規模発酵試験、芋焼酎の小仕込試験、官能評価等の結果は、今回の工場規模試験醸造の結果に一致した。

以上の結果から、MF062 は優れた焼酎の醸造適性を有しており、実用化が可能であると考えられた。

要 約

宮崎県内酒造場の焼酎もろみから分離した 272 株の野生酵母の中から選抜した優良酵母平成宮崎酵母 (MF062) を用いて、実用規模での焼酎試験醸造を行った。7 酒造場 (芋焼酎 3ヶ所および麦焼酎 4ヶ所) で試験醸造を行った結果、一般成分および純アルコール取得量において、MF062 は宮崎酵母 (MK021) 等の実用酵母を用いた場合と同等であり、十分な香味成分を生成することが分かった。また、MF062 を用いて実用規模で 5 回の差しもとを行った場合でも安定した発酵を行うことができ、MF062 は実用酵母と同様に差しもとを伴う焼酎製造が可能であることを確認した。さらに、MF062 を用いて製造した焼酎の官能検査を行った結果、高い評価を得ることができた。官能評価と高級アルコールとの関係を調べたところ、A/P および A/(P+B) が小さい方が、官能評価が良好であることが分かった。このことは MF062 製焼酎の成分組成の特徴と一致していた。したがって、MF062 は高級アルコール等をバランス良く生成することにより焼酎の酒質の調和に寄与し、高い官能評価につながるものと考えられた。

以上の結果から、MF062 は優れた焼酎の醸造適性を有しており、実用化が可能であると考えられた。

謝 辞

本試験の実施にあたり、宮崎県内の酒造メーカーお

よび宮崎県酒造組合をはじめとする多くの皆様方に、多大なる御協力をいただきました。ここに深く感謝いたします。

文 献

- 1) H.Yamamoto, S.Morimura, M.Mizutani, K.Yamada, H.Ochi, K.Takayama, T.Kudo, H.Ohta and K.Kida: *J. Inst. Brew.*, **117**, (4), 627-633, (2011).
- 2) 注解編集委員会編：第四回改正国税庁所定分析法注解 (公益財団法人日本醸造協会, 東京), 34-49 (2000)
- 3) 太田剛雄：醸協, **86**, (4), 250-254 (1991)
- 4) 神渡 巧, 瀬戸口真治, 緒方新一郎, 間世田春作：醸協, **98**, (10), 729-736 (2003)
- 5) 神渡 巧, 瀬戸口真治, 高峯和則, 緒方新一郎：醸協, **100**, (7), 520-526 (2005)
- 6) 神渡 巧, 瀬戸口真治, 上田次郎, 瀬戸口智子, 緒方新一郎：醸協, **101**, (6), 437-445 (2006)
- 7) 神渡 巧, 瀬戸口智子, 上田次郎, 吉永 優, 緒方新一郎, 瀬戸口真治, 高峯和則, 鮫島吉廣：醸協, **104**, (1), 49-56 (2009)
- 8) 宇都宮仁：醸協, **94**, (3), 252-257 (1999)
- 9) 宇都宮仁, 木田 信, 牧 則光, 磯谷敦子, 岩田 博, 西谷尚道：醸協, **101**, (6), 446-457 (2006)
- 10) 福田 央, 小林 健, 坂本和俊, 水谷 治, 金井宗良, 平松順一：酒類総合研究所報告, **183**, 16-25 (2011)
- 11) 下田満哉：日本分析化学会, **No.2**, 75-79 (2002)
- 12) 福重智行：醸協, **93**, (1), 37-41 (1998)
- 13) 秋田 修：醸協, **87**, (9), 621-625 (1992)
- 14) 吉沢 淑：醸協, **75**, (6), 451-457 (1980)
- 15) 吉田 清：醸協, **101**, (12), 910-922 (2006)
- 16) 飯野修一, 渡辺正平：醸協, **89**, (12), 996-998 (1994)
- 17) 水谷政美, 日高照利, 工藤哲三, 岡崎益己, 柏田雅徳：醸協, **97**, (6), 461-467 (2002)
- 18) 高峯和則, 吉崎由美子, 島田翔吾, 高屋総一郎, 玉置尚徳, 伊藤 清, 鮫島吉廣：醸協, **106**, (1), 50-57 (2011)
- 19) 岩田 博, 中嶋則行, 水野昭博, 高原康生, 黒須猛行, 里見弘司, 石井 徹, 伊藤 康, 菅間誠之助：醸協, **79**, (1), 51-55 (1984)