

「さくらひめ」から分離した酵母の泡なし化とその醸造特性

岩本 恵梨子¹・上野 汐梨¹・松本 茜²
古田 歩²・宮岡 俊輔³・谷本 昌太²

¹ 県立広島大学大学院総合学術研究科人間文化学専攻

² 県立広島大学地域創生学部健康科学コース

³ 愛媛県産業技術研究所

Transformation of yeast isolated from “Sakurahime” to non-foaming yeast and its brewing characteristics

Eriko IWAMOTO¹, Shiori UENO¹, Akane MATSUMOTO²,
Ayumi FURUTA², Shunsuke MIYAOKA³, and Shota TANIMOTO²

¹ The Graduate School of Comprehensive Scientific Research, Prefectural University of Hiroshima, 1-1-71 Ujinahigashi, Minami-ku, Hiroshima City, Hiroshima, 734-8558

² Faculty of Regional Development, Prefectural University of Hiroshima, 1-1-71 Ujinahigashi, Minami-ku, Hiroshima City, Hiroshima, 734-8558

³ Ehime Prefectural Industrial Technology Research Institute, 487-2 Kume-Kubota-cho, Matsuyama City, Ehime, 791-1101

The Ehime Sake Brewery Association isolated sake brewing yeast strains from “Sakurahime” which is an original flower variety from Ehime Prefecture. Although these strains possess brewing properties suitable for sake, some strains present high foaming ability, which is problematic in the sake brewing process. Thus, we transformed two strains (Sa27 and 519-53) isolated from “Sakurahime” to a non-foaming yeast using the froth flotation method. A small-scale sake brewing test was performed using the non-foaming strains isolated from both Sa27 and 519-53. These strains were evaluated using general compositions, glucose content, and flavor components of the brewed sake and the fermentation time. In addition, total viable counts in moromi mash just before pressing were determined. The data were compared to those of their parent strains and subjected to multivariate analysis. All non-foaming strains isolated from both Sa27 and 519-53 strains indicated similar brewing properties as those of their parent strains. Sensory evaluation of the brewed sake showed four strains were superior to the parent strains. Therefore, the practical application of these strains is expected.

1,2 〒734-8558 広島県広島市南区宇品東1-1-71

3 〒791-1101 愛媛県松山市久米窪田町487-2

keywords : non-foaming yeast, sake yeast, froth flotation method, sake brewing

キーワード : 泡なし酵母, 清酒酵母, froth flotation法, 清酒醸造

「さくらひめ」は、愛媛県農林水産研究所において「暖色系の花色を持つシネンシス系品種」を目標として育成された花色がピンク色の新品種であり、2015年に品種登録された（岡本ら、2014）。草丈が高く、花序が長く、花の香りを有することなど既存品種と区別できる。淡いピンク色の5弁の花が桜を連想させること、お姫様のように可憐な雰囲気と愛媛の「ひめ」から「さくらひめ」と命名されている。

愛媛県酒造組合では、酒類の積極的な海外展開を図るための地域性の高い商品開発のために、愛媛県オリジナル品種の花「さくらひめ」からイーストサイジン（穂坂ら、1999）を用いて複数酵母を分離し、これらの酵母が清酒の醸造特性を有することを確認している。¹⁾一方で、分離した酵母の中には高泡形成の特性（浜田、1998）が認められるものがあり、清酒醸造での使用においての問題となっている。高泡形成とは、アルコール発酵の過程で発生した炭酸ガスの気泡に酵母が付着し、発酵が進むにつれてもろみの泡立ちが大きくなりかさが高くなる特性である。この特性によって、1. 清酒醸造の際にもろみのかさが増え、タンクから溢れてしまう可能性がある。2. もろみがタンクから溢れると酵母が流出し、もろみ中に存在する酵母の量が減り、発酵の進みが悪くなる。3. 泡を消すための道具や設備を利用・管理する必要もあり、清酒醸造において非効率である。などの問題があり、通常、清酒酵母において泡なし化が行われ、現在では使用されている酵母のほとんどが泡なし酵母である（大内、2010）。そこで、本研究では、「さくらひめ」から分離した清酒用酵母の泡なし化を目的として、Froth Flotation法（Ouchi and Akiyama, 1971）により泡なし酵母を分離し、それらを用いて小仕込み試験を実施し、清酒もろみ中の生菌数および製成酒の一般成分、グルコースおよび香気成分の分析を行った。また、育種した酵母の特徴を解析するため、これらの成分を用いた多変量解析を行った。さらに、製成酒の官能検査を実施した。

実験方法

1. 酵母と培地

酵母は「さくらひめ」から分離した酵母の中から高泡性を示すSa27株および519-53株、標準的な株としてきょうかい9号（K9）およびその泡なし株であるきょうかい901号（K901）（飯村、1998）を使用した。培地としてYPD培地（ポリペプトン2%、酵母エキス1%、グルコース2%、寒天1.5%）、酵母エキス・ペプトン培地（グルコース2%、酵母エキス0.5%、ポリペプトン0.5%、 KH_2PO_4 0.1%、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.04%）を用いた。

2. 泡なし酵母の分離

泡なし酵母の分離は、Froth Flotation法を若干の修正を加えて行った。すなわち、酵母エキス・ペプトン培地70mLを用い、Sa27および519-53株を30°Cで2日間培養した。この培養液70mLを200mLメスシリンダーに入れ、エアーストーン、チューブ、綿フィルターを繋げた泡発生装置を介してエアークンプレッサー（スーパーオイルフリーベビコンESシリーズ、㈱日立産機システム）により毎分400~500mLの速度で通気し、培養液に泡を発生させた。この泡をメスシリンダー外に自然に流出させ、残った培養液10mLを新しい酵母エキス・ペプトン培地60mLに接種し、

30°Cで1日間培養した。培養後、再び上述のFroth Flotationを実施した。この操作を15回繰り返した。最後の培養液をYPD寒天培地に塗布後、30°Cで1日間培養した。Sa27株および519-53株について、シングルコロニーを各16株単離した。

3. モデル仕込みおよび発泡性の検証

Ouchi and Akiyama (1971) の方法を若干の修正を加えて行った。すなわち、酵母エキス・ペプトン培地10mLを用いて、選択した酵母を1白金耳植菌し、30°Cで2日間培養した。ガラス瓶に加えられた徳島製麴(株)製の α 化米(精米歩合60%)70gおよび乾燥麴(精米歩合70%)20g、水160mLに10mLの培養液を添加し、25°Cで発酵させた。発酵5日目に分離菌株の高泡形成能力を目視により確認した。尚、対照株としてK901およびK9を用いた。

4. 清酒小仕込試験

分離株について、総米195g規模の清酒小仕込試験を行った。尚、対照株としてK901およびK9を用いた。仕込配合をTable 1に示した。品温経過は、吟醸造りのもろみの品温経過とした。添を13°C、踊を15°C、仲を8°C、留を6°Cとし、その後5日目に最高品温が11°Cとなるように1°C/日ずつ品温を上昇させ、以後上槽まで一定とした。もろみの重量が60g以上減少した時点で発酵を終了し、遠心分離(5,000rpm, 10分)により上槽した。掛米として α 化米(精米歩合60%、徳島製麴(株))と麴として乾燥麴(精米歩合60%、徳島製麴(株))を用いた。

Table 1. Proportion of materials for the small-scale sake brewing test

	First (Soe)	Second (Naka)	Third (Tome)	Total
Total rice (g)	40	60	95	195
Steamed rice (g)	30	50	80	160
Dried rice koji (g)	10	10	15	35
Water (g)	62*	109	169	340
Cultured yeast (mL)	10	0	0	10

* Used water included 0.42% lactic acid.

5. 製成酒の成分分析

一般成分は酒類総合研究所標準分析法ⁱⁱ⁾に準じて分析した。すなわち、日本酒度は振動密度計(DA540, 京都電子工業(株))、アルコールはガスクロマトグラフ分析、酸度およびアミノ酸度は滴定法により測定した。グルコースは、グルコースCIIテストwako(富士フイルム和光純薬(株))を用いて当該キットのマニュアルに従って測定した。香気成分は、酒類総合研究所標準分析法ⁱⁱ⁾ガスクロマトグラフ分析(ヘッドスペース法)により測定した。

6. 生菌数の測定

上槽直前のもろみ1g程度を生理食塩水9mLに加えた後、ボルテックスで十分攪拌した。懸濁液から1mLを採取し、生理食塩水9mLが入った試験管に添加して、10倍希釈液を調製した。この操作を繰り返し、段階希釈液を調製した。YPD寒天培地にこの段階希釈液100 μ Lを添加、塗抹し、30°Cで2日間培養した。培養後、コロニー数を計測し、試料の生菌数(CFU/g)を算出した。

7. 多変量解析

もろみ日数、製成酒の成分および上槽直前のもろみ中の生菌数を用いて主成分分析(SIMCA 16, インフォコム(株))および階層的クラスター分析(MetaboAnalyst, <https://www.metabo>

analyst.ca/) を行った。

8. 官能検査

広島国税局および愛媛県産業技術研究所に所属する熟練した専門パネリスト4名が、5点法により香り、味および総合評価について評価を行った。5点法で点数が低いほど好ましく、点数が高いほど好ましくないと判定した。尚、親株のSa27株および519-53株を3点とした。

実験結果および考察

1. モデル仕込みおよび高泡性の検証

発酵開始の5日目の泡の様子を対照株と比較した。分離株は、いずれもK9より泡が低く、また、K901と同等の高さの泡を形成し、それらの泡なし化に成功したことを確認した。

2. もろみ日数

小仕込試験におけるもろみ日数をTable 2に示した。泡なし化Sa27株の平均値は26日、親株のSa27株は27日、泡なし化519-53株の平均値は27日、親株の519-53株は29日、K901は27日であった。それぞれ親株と比較して1日ないし2日短かった。一方、K901と比較すると、泡なし化Sa27株は短い一方、泡なし化519-53株は同等であった。最小値は、泡なし化Sa27株が25日、泡なし化519-53株が24日で、両者とも親株およびK901と比較して短かった。もろみ日数は、短いほど発酵が盛んに行われたということを示す(杉山, 1938)。また、酵母を泡なし化することで、高泡時のもろみ中の酵母菌数の減少を防止できることができ、泡なし酵母が泡あり酵母と比べて発酵が進みやすいことが知られている(布川, 1972)。したがって、これらのことが、泡なし化Sa27株および泡なし化519-53株においてもろみ日数が短くなった理由と考えられる。

Table 2. Fermentation time of the small-scale sake brewing test using isolated non-foaming strains

Yeast strain		(day)
	Average	26
Non-foaming strains Sa27	Max	30
	Min	25
Sa27		27
	Average	27
Non-foaming strains 519-53	Max	30
	Min	24
519-53		29
K9		28
K901		27
Non-foaming strain Sa27 (n=13), non-foaming strain 519-53 (n=13).		

3. 製成酒の成分分析

製成酒の一般成分の結果をTable 3に示した。日本酒度は、泡なし化Sa27株の平均値が-3.7、親株Sa27株が-5.9、泡なし化519-53株の平均値が-4.1、親株519-53株が-3.3、K901が-2.8であった。泡なし化Sa27株の平均値は親株より高く、泡なし化519-53株の平均値は親株より低かつ

Table 3. General compositions of sake brewed using the isolated non-foaming strains

Yeast strain		Sake meter	Alcohol (%)	Acidity (mL)	Amino acidity (mL)
Non-foaming strains Sa27	Average	-3.7	17.6	2.80	2.68
	Max	-2.7	17.9	3.49	2.93
	Min	-4.5	17.3	2.44	2.47
Sa27		-5.9	17.0	2.88	2.79
	Average	-4.1	17.5	2.59	2.79
Non-foaming strains 519-53	Max	-2.7	18.0	2.91	3.11
	Min	-7.3	16.8	2.20	2.58
		-3.3	17.5	2.47	2.75
519-53		-3.3	17.5	2.47	2.75
K9		-5.5	17.3	3.41	2.56
K901		-2.8	17.6	2.67	2.52

Non-foaming strain Sa27 (n=13), non-foaming strain 519-53 (n=13).

た。K901と比較すると両者とも低かった。最大値は、泡なし化Sa27株、泡なし化519-53株ともに-2.7で、両者とも親株より高く、K901と同等であった。アルコールは、泡なし化Sa27株の平均値が17.6%、親株Sa27株が17.0%、泡なし化519-53株の平均値が17.5%、親株519-53株が17.5%、K901が17.6%であった。泡なし化Sa27株の平均値が親株より高く、泡なし化519-53株の平均値が親株と同等であった。K901とは両者とも同等であった。最大値は、泡なし化Sa27株が17.9%、泡なし化519-53株が18.0%で、両者とも親株およびK901より高かった。酸度は、泡なし化Sa27株の平均値が2.80mL、親株Sa27株が2.88mL、泡なし化519-53株の平均値が2.59mL、親株519-53株が2.47mL、K901が2.67mLであった。泡なし化Sa27株の平均値が親株より低く、泡なし化519-53株の平均値が親株より高かった。K901と比較して前者は高く、後者は低かった。最大値は、泡なし化Sa27株が3.49mL、泡なし化519-53株は2.91mLで、両者とも親株およびK901より高かった。きょうかい7号酵母において泡なし化により酸度が低くなることが報告されている（布川と大内，1971）が今回の製造条件では大きな差は認められなかった。アミノ酸度は、泡なし化Sa27株の平均値が2.68mL、親株Sa27株が2.79mL、泡なし化519-53株の平均値が2.79mL、親株519-53株が2.75mL、K901が2.52mLであった。泡なし化Sa27株の平均値が親株より低く、泡なし化519-53株の平均値が親株と同等であった。K901と比較すると両者とも高かった。最小値は、泡なし化Sa27株が2.47mL、泡なし化519-53株は2.58mLで、両者とも親株より低く、K901と同等であった。アミノ酸度は、清酒中のアミノ酸をはじめとする窒素成分の量を示しており、アミノ酸が多すぎると雑味として感じられ、貯蔵中に着色を進め香味を劣化させる（若井ら，1996）。また、もろみ期間末期に酵母が死滅するとアミノ酸（アミノ酸度）が増加する（原と小幡，1977）。泡なし化Sa27株および泡なし化519-53株の平均値と最小値の結果から、親株より低く、K901と同等となったため、泡なし化株のいくつかは親株と比べてもろみ期間末期の酵母の死滅が少ない可能性が示唆された。また、泡なし化した株で親株と比べて雑味の少なく、香味劣化の少ない酒が製造できる可能性も示唆された。

グルコースの結果をTable 4に示した。グルコースは、泡なし化Sa27株の平均値は0.37%、親株のSa27株は0.35%、泡なし化519-53株の平均値は0.36%、親株519-53株は0.28%、K901は0.31%であった。泡なし化Sa27株および泡なし化519-53株の平均値は親株およびK901のどちらに対しても同等であった。グルコースについては、親株およびK901と同様に資化されていると考えられた。

Table 4. Glucose content of sake brewed using the isolated non-foaming strains

Yeast strain	(g/100 mL)	
	Average	0.37
Non-foaming strains Sa27	Max	0.45
	Min	0.31
Sa27		0.35
	Average	0.36
Non-foaming strains 519-53	Max	0.42
	Min	0.28
519-53		0.28
K9		0.33
K901		0.31

Non-foaming strain Sa27 (n=13), non-foaming strain 519-53 (n=13).

Table 5. Flavor components of sake brewed using the isolated non-foaming strains

Yeast strain		Ethyl acetate (ppm)	Isobutanol (ppm)	Isoamyl acetate (ppm)	Isoamyl alcohol (ppm)	Ethyl caproate (ppm)	Ethyl caprylate (ppm)	Ethyl caprate (ppm)
	Average	141	64.5	6.30	145	1.07	0.15	0.02
Non-foaming strains Sa27	Max	170	87.6	10.6	163	1.28	0.24	0.04
	Min	123	53.7	5.50	134	0.91	0.09	0.01
Sa27		136	53.1	5.83	155	1.09	0.10	0.03
	Average	140	61.2	5.76	147	1.26	0.24	0.03
Non-foaming strains 519-53	Max	161	79.9	6.41	158	1.48	0.38	0.04
	Min	96	52.2	4.26	139	0.85	0.15	0.02
519-53		138	62.9	5.60	142	1.13	0.17	0.01
K9		155	72.5	7.93	147	1.31	0.26	0.05
K901		207	95.7	10.4	176	1.48	0.24	0.05

Non-foaming strain Sa27 (n=13), non-foaming strain 519-53 (n=13).

製成酒の香気成分の結果をTable 5に示した。バナナ様香気の酢酸イソアミル (堤, 2015) は、泡なし化Sa27株の平均値が6.30ppm, 親株のSa27株が5.83ppm, 泡なし化519-53株の平均値が5.76ppm, 親株519-53株が5.60ppm, K901が10.4ppmであった。泡なし化Sa27株および泡なし化519-53株の平均値は親株より高く, K901より低かった。最大値は、泡なし化Sa27株が10.6ppm, 泡なし化519-53株が6.41ppmで、泡なし化Sa27株がK901と同等, 泡なし化519-53株がK901には及ばなかった。リンゴ様香気のカプロン酸エチル (堤, 2015) は、泡なし化Sa27株の平均値が1.07ppm, 親株Sa27株が1.09ppm, 泡なし化519-53株の平均値が1.26ppm, 親株519-53株が1.13ppm, K901が1.48ppmであった。泡なし化Sa27株の平均値が親株と同等, 泡なし化519-53株の平均値が親株よりやや高く, K901より両者とも低かった。最大値は、泡なし化Sa27株が1.28ppm, 泡なし化519-53株は1.48ppmで, K901と同等であった。香気成分は、その濃度が高いほど清酒の香りに影響を与える。泡なし化Sa27株および泡なし化519-53株の大半は、親株の同等の分析値であったが、最大値は、519-53株の酢酸イソアミルを除いてK901と同等であり、これらの酵母ではK901と同レベルの香気を有する清酒を製造できる可能性が示唆された。

4. 生菌数

生菌数の結果をTable 6に示した。泡なし化Sa27株の平均値は8.0log CFU/g、親株のSa27株は8.2log CFU/g、泡なし化519-53株の平均値は8.0log CFU/g、親株の519-53株は8.1log CFU/g、K901は7.6log CFU/gであった。泡なし化Sa27株、泡なし化519-53株の平均値は親株、K901どちらとも同等であった。泡なし化Sa27株、泡なし化519-53株ともに、親株、K901と同等の結果となり、泡なし化株も、もろみ期間末期まで酵母が死滅することがなかったことが示された。この結果は、上述したようにアミノ酸度の結果により支持された。

Table 6. Total bacterial counts in moromi mash just before pressing

Yeast strain		(log CFU/g)
	Average	8.0
Non-foaming strains Sa27	Max	8.1
	Min	7.7
Sa27		8.2
	Average	8.0
Non-foaming strains 519-53	Max	8.1
	Min	6.9
519-53		8.1
K9		8.0
K901		7.6
Non-foaming strain Sa27 (n=13), non-foaming strain 519-53 (n=13).		

5. 多変量解析

もろみ日数、製成酒の成分および生菌数に基づく主成分分析および階層的クラスター分析の結果をFig. 1およびFig. 2に示した。第一主成分が全分散の29.0%、第二主成分が全分散の18.7%を説明した。泡なし化Sa27株の多くは、親株であるSa27株の近くに位置し、一部例外を除いて親株に近い成分等を示すことが明らかとなった。一方、泡なし化519-53株は、親株である519-53株とK9の間に位置した。したがって、泡なし化519-53株は、その成分等が519-53株に近いものからK9との中間的なものが存在することが示された。階層的クラスター分析の結果、酵母の種類により大きく2つのグループに分類され、一方のグループには親株のSa27株および519-53株、泡なし化Sa27株の11株、泡なし化519-53株の8株が属していた。他方のグループには、K9およびK901、泡なし化Sa27株の2株、泡なし化519-53株の5株が属していた。これらのことから、泡なし化Sa27株の多くは親株のSa27株と同じグループに属しており、ほとんどの泡なし化Sa27株は親株に似た成分等を有することが示された。一方で、泡なし化519-53株は、その成分等の組成において、親株に似ているものと、K9およびK901に似ているものに分けられることが示された。このことは、主成分分析の結果を支持している。

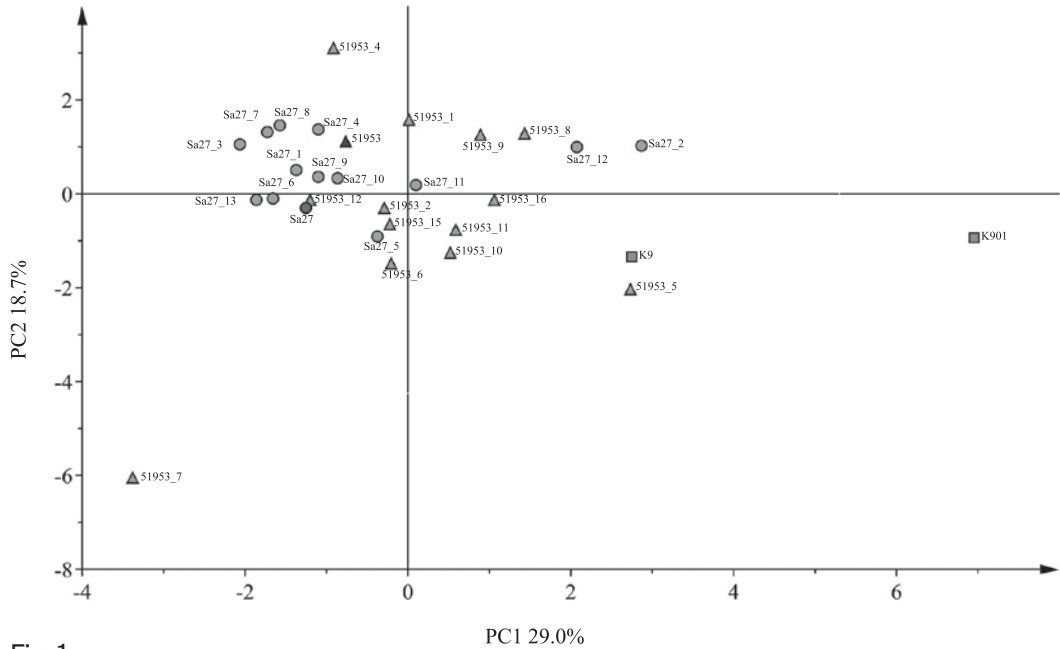


Fig. 1

Score plot of principal components analysis (PC1 and PC2) based on analyzed values of the brewed sake, fermentation time, and total viable counts in moromi mash just before just pressing in a small-scale brewing test. The data were pre-processed by auto-scaling between 0 (mean) and 1 (standard deviation). Sa27_1~13, non-foaming strains isolated from Sa27. 519_53-1~16, non-foaming strains isolated from 519-53. K9 and K901, standard strains for sake brewing.

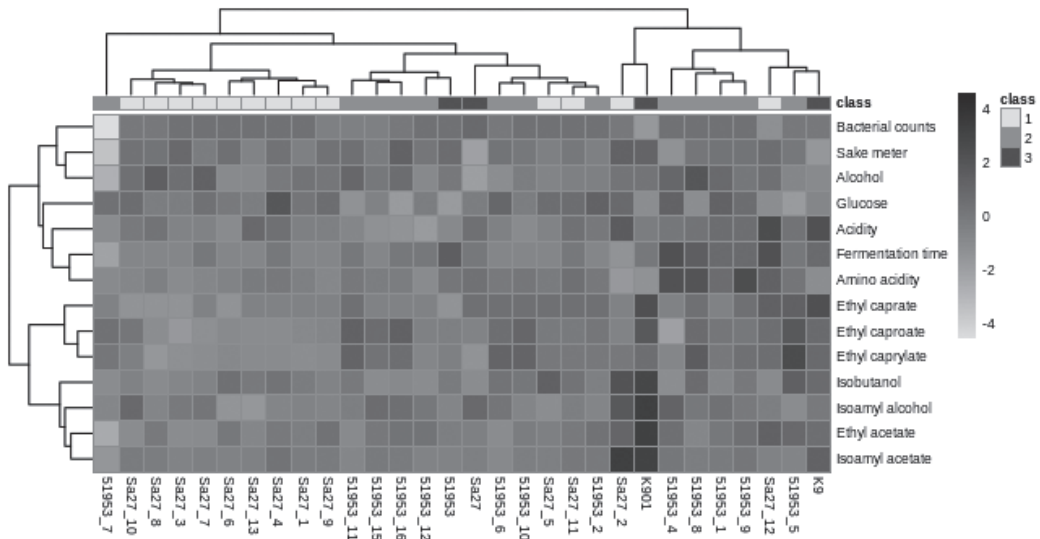


Fig. 2

Heat map visualization and hierarchical clustering based on analyzed values of the brewed sake, fermentation time, and total viable counts in moromi mash just before pressing in a small-scale brewing test. Hierarchical cluster analysis using the Ward's method with MetaboAnalyst (version 5.0, <https://www.metaboanalyst.ca/>; accessed October 17, 2023).

The data were auto-scaled between 0 (mean) and 1 (standard deviation). The gray scale indicates a relative value (white, low value; black, high value). Indicated classes are 1, Sa27_1~13, non-foaming strains isolated from Sa27; 2, 519_53-1~16, non-foaming strains isolated from 519-53; and 3, their parent and standard strains for sake brewing.

6. 官能検査

製成酒の官能検査の結果をTable 7に示した。泡なし化Sa27株および泡なし化519-53株各13株の平均値および標準偏差, 最小値を親株と比較した。平均値を見ると, 香りは, 泡なし化Sa27株が2.8, 泡なし化519-53株は2.9であった。味は, 泡なし化Sa27株が2.5, 泡なし化519-53株は2.7であった。総合評価は, 泡なし化Sa27株が2.5, 泡なし化519-53株は2.7であった。最小値を見ると, 香りは, 泡なし化Sa27株が2.3, 泡なし化519-53株は2.5であった。味は, 泡なし化Sa27株が2.1, 泡なし化519-53株は2.0であった。総合評価は, 泡なし化Sa27株が2.0, 泡なし化519-53株は2.3であった。泡なし化した酵母のうち, 泡なし化Sa27株および泡なし化519-53株の各2株ずつ (Sa27_9, Sa27_10, 519-53_5, 519-53_10) は, 香り・味・総合評価の全項目において親株と比較して優れた結果であった。泡なし化したどちらの酵母についても, 多くの株で親株と比較して大きな差は認められなかったが, 親株と比較して優れた結果を得た株が4株あった。そのうち1株 (519-53_5) は, 全ての株の中でも香氣成分が高い濃度を示した。ゆえに, 香氣成分が多く含まれていたことが官能検査で優れた結果を得た要因の1つであると推察した。他3株については, 香氣成分を含め, 親株と比べて分析結果に特徴的なものが認められなかったため, 今回分析した成分が総合的に関与して官能検査に現れたのか, 本研究では分析していない成分などの他の要因がある可能性がある。

現在, これらの株の中からSa27_9株および519-53_5株を用いた実醸造規模での清酒製造を行っている。

Table 7. Sensory score of sake brewed using the isolated non-foaming strains

Yeast strain		Aroma	Taste	Comprehensive score
Non-foaming strains Sa27	Average ± Standard deviation	2.8 ± 0.30	2.5 ± 0.18	2.5 ± 0.26
	Max	3.4	2.9	2.9
	Min	2.3	2.1	2.0
Sa27		3.0	3.0	3.0
Non-foaming strains 519-53	Average ± Standard deviation	2.9 ± 0.32	2.7 ± 0.47	2.7 ± 0.37
	Max	3.9	3.4	3.8
	Min	2.5	2.0	2.3
519-53		3.0	3.0	3.0

Non-foaming strain Sa27 (n=13), non-foaming strain 519-53 (n=13).

要約

愛媛県オリジナル品種の花「さくらひめ」から分離した酵母の2種類 (Sa27株および519-53株) の泡なし化を行った。Sa27株および519-53株のいずれの酵母から単離された泡なし株全てが親株と同等の醸造特性を有していた。特に, 官能検査で親株より優れた評価を得た4株は実用化が期待された。現在, これらの株の中からSa27_9株および519-53_5株を実醸造規模での清酒製造を行っている。

本研究にご協力いただいた広島国税局鑑定官室江村隆幸室長をはじめ室員の皆様に心より感謝いたします。

文献

- 飯村穰 (1998) 2. 清酒酵母, 「増補改訂清酒製造技術」, 石川雄章編, (財)日本醸造協会, 東京, pp.175-185
- 大内弘造, 泡なし酵母の歴史, 醸協, **105**, 184-187 (2010)
- Ouchi K, Akiyama H, Non-foaming mutants of sake yeasts selection by cell agglutination method and by Froth Flotation Method. Agric Biol Chem, **35**, 1024-1032 (1971)
- 岡本充智, 廣瀬由紀夫, 中村嘉宏, デルフィニウム新品種 ‘さくらひめ’ の育成, 愛媛県農林水産研究報告, 第6号, 1-4 (2014)
- 杉山晋朔, 醪の研究, 醸協, **33**, 304-309 (1938)
- 堤浩子, におい・かおり環境学, 清酒酵母の香気生成機構, **46**, 346-349 (2015)
- 布川彌太郎, 泡なし酵母仕込みの実際例, 醸協, **67**, 667-671 (1972)
- 布川弥太郎, 大内弘造, 協会7号泡なし酵母による清酒醸造 (附) 泡なし酵母に関するアンケートの集計, 醸協, **66**, 940-945 (1971)
- 浜田由紀雄 (1998) 4. 発酵経過, 「増補改訂清酒製造技術」, 石川雄章編, (財)日本醸造協会, 東京, pp.242-249
- 原昌道, 小幡孝之, 清酒もろみ末期のアミノ酸増加の要因について, 醸協, **72**, 530-533 (1977)
- 穂坂賢, 角本琢磨, 大竹聡, 中田久保, 坂井勘, 麹菌の生産する抗菌性物質・Yeastcidinを用いた集積培養液からの清酒酵母の分離, 醸協, **94**, 998-1005 (1999)
- 若井芳則, 宮崎紀子, 水間智哉, 中村智美, 長野智子, 福田潔, 柳内敏靖, 清酒醸造における原料米の酒造適性, 生物工学, **74**, 245-256 (1996)

引用URL

- i) <https://www.ehime-syuzou.com/sakurahime/> (2023.10.10)
- ii) <https://www.nrib.go.jp/bun/pdf/bun/nb03.pdf> (2023. 10.10)