［研究報告］

酸基醴酛を用いた低アルコール清酒の醸造試験*

佐藤　稔英**

消費者ニーズや清酒の個性化に対応するため、酸基醴酛（さんきあまざけもと）を用いた低アルコール清酒の醸造試験を行った。各種条件下で試験醸造を行った結果、低温醸造によりアルコール 10 度まで発酵させた場合にオフフレーバーの発生リスクも低く、香味のバランスの取れた製成酒が製造できることが明らかとなった。

キーワード：低アルコール清酒、酸基醴酛

Brewing tests of low alcohol sake using Sankiamazake-moto

SATO Naruhide

Key words **：　low alcohol sake, Sankiamazake-moto**

1　緒　　言

近年の酒類消費傾向は消費者ニーズの多様化にともない、幅広いアルコール濃度のバリエーションが提供されている。多くの酒類がアルコール度数の選択肢を消費者に与える中､清酒の販売数量はビールや発泡酒､焼酎、リキュール等に逆転されている。これは、若者や女性を中心とした清酒離れや健康志向を背景とした低アルコール化などを反映しているものと思われる[1)]。

このような背景の元、清酒に関してもこれまでの一般的な市販清酒のアルコール度数である 15～17%よりも低いアルコール度数の清酒の開発が行われてきた。これまでの方法は大きく分けて①加水希釈法②発酵停止法③アルコール除去法の 3 種類の方法である。

加水希釈法[2)]は割水や追水でアルコールを下げる方法で、一般的な清酒製造方法で製造が可能な反面、水っぽくなりやすい欠点がある。発酵停止法は目標のアルコール度数に達した時に強制的にもろみの発酵を停止する方法で、発酵管理に関する設備導入が進んだ現代では比較的容易に製造が可能である。一方で、α-アセト乳酸等の発酵中間生成体がモロミに残存しやすく、製成後にオフフレーバーであるジアセチルの生成リスクが上昇する[3)]。アルコール除去法は逆浸透膜等を使用することでアルコール分を除去する方法で確実性が高いものの、新たな設備導入が必要で、工場の複雑化などハード面での課題が大きい[4)]。

また、そもそも一般的な清酒製造方法は製品のアルコール度数が 15～17%程度となったときに味が調和するようになっているため、アルコール自体が持つ刺激感が失われる低アルコール清酒の場合、酸味や発泡感などのあらたな刺激味を付与する必要がある。報告者はこれまで、実際の酒造現場で製造された米麹から乳酸菌を探索，分離し、それらを培養して添加する酸基醴酛に着目し試験醸造を行ってきた[5)]。その結果、製成酒に生酛らしい酸と甘のバランスを付与することが出来ることなどを確認している。そこで、低アルコール清酒製造時に欠失されやすい刺激感を補う目的で酸基醴酛に着目し､「１段仕込み」「低温醸造」による低アルコール清酒の試験醸造を行った。

2　実験方法

2-1　原材料

供試菌株として岩手県酵母 M７株を用いた。また、酸基醴用乳酸菌として LB146 株を用い、硝酸還元菌は県保有株を用いた。原材料として精米歩合 55%の吟ぎんがを米麹および掛米として使用し、麹菌として麹菌紅椿を用いた。

2-2　小仕込み試験方法

小仕込み試験は表 1 に示す仕込配合で、総米 300 ｇの 1 段仕込とした。酒母は対照として中温速醸酛と山廃酛を用いた。酸基醴酛は２段酒母とし、前段で加温糖化および乳酸菌の培養を行い、２段目添加時に酵母を添加した。酒母経過を図 1 に示す様に行い、中温速醸酛、酸基醴酛、山廃酛をそれぞれ 12 日目、15 日目、25 日目で使用した。

表１　小仕込み試験配合

	酒母①		酒母②	添	総量
総米(g)	150			150	300
掛米(g)	120	(60)	(60)	120	240
麹米(g)	30	(15)	(15)	30	60
水　(g)	160	(80)	(80)	260	420

※括弧内は酸基醴酛の仕込み配合

＊　令和４年度技術シーズ創生・発展研究事業（可能性調査研究）

＊＊　醸造技術部

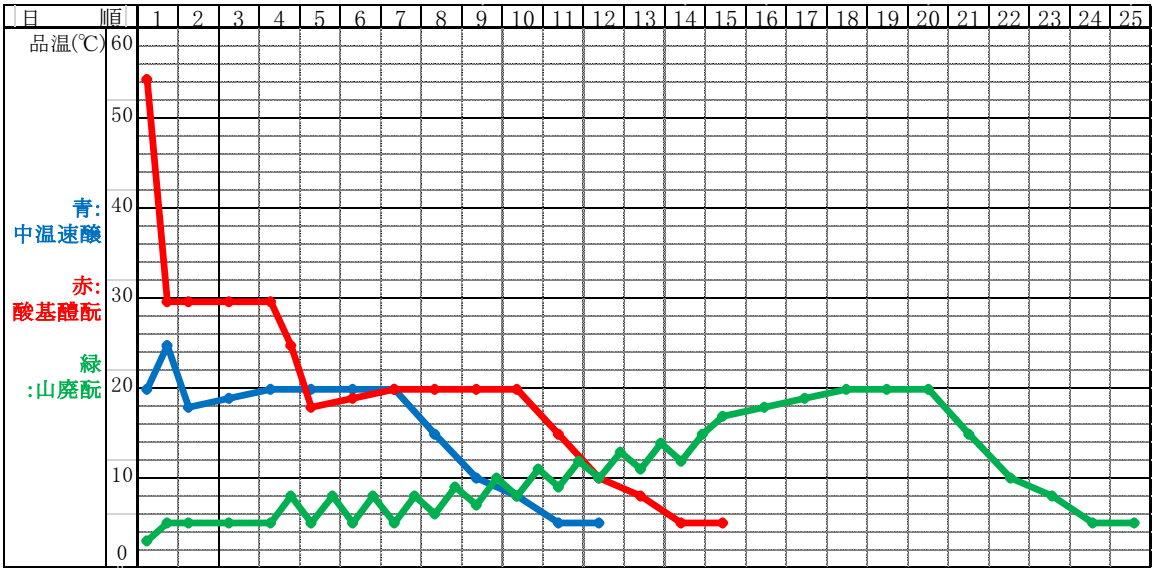


図 1　酒母品温経過

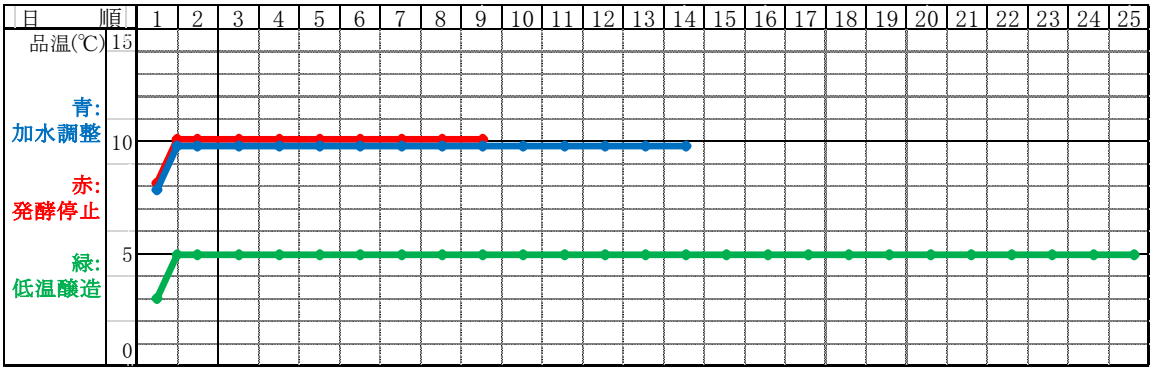


図 2　小仕込み試験モロミ品温経過

モロミの品温経過を図 2 に示す。対照として加水調整区および発酵停止区を設けた。加水調整区は発酵温度 10℃としてアルコール度数 16 度に達するまで 14 日間発酵させた後、加水調整にてアルコール度数 10 度まで加水を行い上槽した。発酵停止区は発酵温度を 10℃としてアルコール度数 10 度に達するまで 9 日間発酵させた後、上槽した。低温醸造区は発酵温度を 5℃としてアルコール度数 10 度に達するまで 25 日間発酵させて上槽した。上槽は遠心分離（4600 rpm、4℃、50 分）で行い、得られた上清を製成酒とした。

2-2　清酒の評価方法

日本酒度(Me)、アルコール濃度（Alc.）、酸度(TA)、アミノ酸度(AA)は国税庁所定分析法[6]に則って測定した。香気成分の測定はヘッドスペースガスクロマトグラフィーにより行った、ガスクロマトグラフは GC-7890A（アジレントテクノロジー㈱）を用いた。カラムは DB-WAX を用い、カラム温度は 85℃一定で、キャリヤーガスは窒素を用い、流速は 1.8 mL/min とした。検出器は水素炎イオン化検出器（FID）を使用し、検出器温度は 250℃とした。グルコース濃度(Glu)は GA05（㈱エイアンドティー）を用いた酵素法により測定した。ピルビン酸濃度(PyA)はピルビン酸簡易測定キット(新洋技研工業㈱社製)を用いた比色法により測定した。製成酒の官能評価はパネラー５名により総合評価 10 点法（10:優～１：不可）で行った。

3　結　　果

小仕込み試験における製成酒の一般成分分析結果を表 2 に示す。日本酒度は加水調整区で高くなったが、発酵

表 2　小仕込み試験　一般分分析結果

酒母	モロミ区分	発酵日数	Alc.(%)	Me	TA(mL)	AA(mL)
中温速醸	加水調整	26	10.4	-13	1.8	0.9
	発酵停止	21	10.4	-53	2.4	0.9
	低温発酵	37	10.7	-55	2.4	1.8
酸基醴酝	加水調整	29	10.2	-10	2.0	1.0
	発酵停止	24	10.3	-55	2.9	1.2
	低温発酵	40	10.0	-54	3.1	2.0
山廃酝	加水調整	49	10.4	-11	2.2	1.0
	発酵停止	39	10.3	-55	3.0	1.2
	低温発酵	50	10.1	-52	3.2	2.0

※加水調整区は加水調整後の成分

表3　小仕込み試験　グルコース、ピルビン酸、香気成分分析結果

酒母	モロミ区分	Glu (%)	PyA (ppm)	ｱｾﾄｱﾙﾃﾞﾋﾄﾞ (ppm)	酢酸ｴﾁﾙ (ppm)	酢酸ｲｿｱﾐﾙ (ppm)	ｲｿｱﾐﾙｱﾙｺｰﾙ (ppm)	ｶﾌﾟﾛﾝ酸ｴﾁﾙ (ppm)
中温速醸	加水調整	2.2	76.5	10.8	56.6	4.4	98.2	0.4
	発酵停止	7.2	135.8	12.8	48.7	3.2	104.5	0.1
	低温発酵	8.1	53.2	9.2	53.4	3.3	96.6	0.1
酸基醴酝	加水調整	1.0	95.2	26.2	40.9	3.8	105.0	0.3
	発酵停止	5.0	161.0	22.9	47.1	3.4	103.9	0.1
	低温発酵	6.8	41.3	31.5	38.2	2.5	95.1	0.1
山廃酝	加水調整	1.3	105.7	22.3	29.3	2.2	96.2	0.2
	発酵停止	5.9	152.7	24.7	49.4	2.5	90.1	0.1
	低温発酵	7.0	49.5	28.3	48.0	2.0	83.4	0.0

※加水調整区は加水調整後の成分

表4　官能評価結果

酒母	モロミ区分	総合評価	コメント
中温速醸	加水調整	5.0	薄めも甘酸のバランスは良い、香り穏やか、酢エチ様、水っぽさがある、酸味あり
	発酵停止	4.7	酢イソ、生老香感じる、甘み強く後に残る、酢エチ、酸くどい、甘強い、酸味
	低温発酵	6.7	甘酸が調和、自然に飲める、メロン様香、少々荒い、キレ
酸基醴酝	加水調整	4.7	味薄、酸苦目立つ、香り控えめ、メロン様香、まとまりある味、酸味あり、キレ
	発酵停止	5.7	甘酸シャープでキレ良い、酢イソ、酸残る、酸はきれいかも、甘強い、酸味
	低温発酵	7.0	甘酸バランス良い、香り出ていて調和、メロン様香、少々荒い、酸味あり、キレ
山廃酝	加水調整	2.7	特に薄い、酸目立つ、香りは悪くない、エステル感じる、後引く苦み、水っぽい、
	発酵停止	3.3	やや苦残るも甘酸のバランスは悪くない、酸と苦が残る、アセトアルデヒド、甘強い
	低温発酵	5.3	甘酸良い、甘多いのにどこか薄さを感じる、香り穏やか、不調和、脂肪臭、酸味あり

停止区および低温発酵区で同様の値となった。低温発酵区では発酵の進行を抑制しているものの、アルコール度数と日本酒度の関係は一般的な発酵と変わらないことから、酵母の発酵だけでなく麹由来の酵素活性も同時に抑制されているものと考えられた。酸度は中温速醸酝＜酸基醴酝＜山廃酝の順に高い傾向が示された。これは、酒母使用時の酸度が影響を与えているものと考えられた。さらに酸度は、加水調整区＜発酵停止区＜低温発酵区の順に高い傾向があった。*Saccharmyces cerevisiae* はリンゴ酸およびクエン酸の分解が報告[7]されていることから酒母から供給された有機酸が低温発酵では分解が進まず、発酵停止区に対して低温発酵区で残存量が多くなったものと推定された。アミノ酸度は加水調整区＜発酵停止区＜低温発酵区の順に高い傾向が示された。酵母は増殖期にアミノ酸を多く取り込むことが報告[8]されている。低温発酵区では酵母の増殖は抑制されていると推定されることから、酒母由来のアミノ酸が取り込まれずに残存しているものと考えられた。

グルコース濃度、ピルビン酸濃度、香気成分の分析結果を表3に示す。グルコース濃度は加水調整区＜発酵停止区＜低温発酵区の順に高い傾向が得られた。日本酒度は発酵停止区と低温発酵区で同等であったことから、エキソ型アミラーゼが品温経過と発酵日数に影響を受けているものと推定された。ピルビン酸濃度は低温発酵区＜加水調整区＜発酵停止区の順に高い傾向が示された。通常、ピルビン酸は酵母の活性の低下と共に減少し、細胞内で合成されるジアセチルの前駆体であるα-アセト乳酸濃度も低下する。これらのことからオフフレーバーの発生リスク低減のためにはピルビン酸濃度を100 ppm以下にすることが求められる[9]が、発酵停止区ではこれを上回る数値が検出された。木香様臭として知られるアセトアルデヒド濃度は中温速醸酝で低く、酸基醴酝、山廃酝で30 ppm前後と同等の値を示したが、木香様臭としての認知閾値として報告[10]のある40 ppmを全ての試験区で下回っておりオフフレーバーとしての認知リスクは低いものと考えられた。セメダイン臭として知られる酢酸エチル濃度は試験区による一様の傾向を示さなかったが、認知閾値である80 ppm[11]をいずれの試験区も下回っており、オフフレーバーとしての認知リスクは低いものと考えられた。酢酸イソアミルおよびイソアミルアルコールは、低温発酵区＜発酵停止区＜加水調整区の順で高い傾向が示された。酢酸イソアミルはロイシン生合成経路から分岐してイソアミルアルコールを経て生合成される[12]。前述した通り、アミノ酸の取り込みは酵母増殖の活性に依存するため、モロミの品温経過が低く酵母の増殖が抑制されていると推定される低温発酵区での合成量が低く抑えられたと考えられる。カプロン酸エチルは試験区による差異は確認されなかった。

表4に官能評価結果を示す。総合評価は山廃酝＜中温速醸酝＜酸基醴酝の順で高く、さらに加水調整区＜発酵停止区＜低温発酵区の順で高い傾向があった。山廃酝は総じて山廃酝特有の酸味と苦味が強く、特に加水調整区

において味薄感と共に酸味が際立つ傾向が見られた。これまでの報告[13]にもアルコール濃度を下げることで甘味が低下し、酸味が強くなることが報告されており、加水調整による低アルコール製造にはかなりの熟練を要するものと推察された。中温速醸酛と酸基醴酛は甘味と酸味のバランスが良く、特に低温発酵区での香味が調和しいずれも評価が高かった。特に酸基醴酛を用いた場合は香気成分濃度が低いにも関わらず香りの調和感での評価も高く良好と判断された。

4　まとめ

消費者ニーズや清酒の個性化に対応した清酒の製造試験として酸基醴酛を利用した低アルコール清酒の醸造試験を行った。その結果、酸基醴酛を用いた低温発酵区においてオフフレーバーのリスクが低く香味バランスの良い清酒が製造できることが判明した。また、本試験結果を受けて県内酒造メーカーにより同手法を用いて清酒製造が開始された。製成酒の評価は高く増産計画が上がる一方で、酒母歩合が高いため一般的な製造規模での醸造には課題が残る。今後はスケールアップの方法について検討を進める予定である。

文　献

1)　熊坂敏彦：清酒製造業の経営革新の方向性，昭和女子大学現代ビジネス研究所 2015 年度紀要，p1-10 (2015)
2)　鈴木重一郎，有松嘉一，奥田教廣：酒質と希釈限度との関係に就いて，醸協，38(2)，p84-87（1943）
3)　日本酒造組合中央会東京支部銘酒研究委員会：ソフトタイプ清酒の開発，醸協，74(1)，p61-63（1979）
4)　佐藤信，中村欽一，大場俊輝，吉田隆一:逆浸透膜法による低アルコール清酒の製造，醸協，78(8)，p641-646（1983）
5)　佐藤稔英：酸基醴(あまざけ)酛を用いた清酒製造，醸協，116(11)，p736-747（2021）
6)　第四回改正国税庁所定分析法注解（1993）
7)　島津善美，上原三喜夫，渡辺正澄：酵母および乳酸菌によるワイン中の有機酸の分解，醸協，77(2)，p117-122（1982）
8)　北本勝ひこ，三宅優，中村欽一：胚芽添加仕込みにおける胚芽添加時期の製成酒に及ぼす影響，醸協，80(8)，p567-568（1985）
9)　伊藤和樹，佐藤時習，兜森忠道，渡辺誠衛，田口隆信：もろみ中のピルビン酸濃度を指標とした発酵管理，醸協，102(4)，p309-313（2007）
10)　宇都宮仁，磯谷敦子，岩田博：清酒に添加した匂い物質の閾値（第 1 報），醸協，99(9)，p652-658（2004）
11)　宇都宮仁，磯谷敦子，岩田博：清酒に添加した匂い物質の閾値（第 2 報），醸協，99(10)，p729-734（2004）
12)　S.Ashida，E.Ichikawa，K.Suginami，S.Imayasu：Isolation and Application of Mutants Producing Sufficient Isoamyl Acetate, a Sake Flavor Component, *Agric. Biol. Chem.*, 51(8)，p2061-2065 (1987).
13)　吉沢淑：低濃度酒とその背景，醸協，80(5)，p298-301（1985）