

糖類ゼロ低アルコール清酒の製造技術に関する研究

Study on Production Technology of Zero Saccharide Low Alcohol Refined Sake

西尾 昭

Akira Nishio

電子・有機素材研究所 発酵生産科

低カロリーでありながら旨味を残した低アルコール清酒の開発を目的に製造条件を検討した。その結果、麴の使用割合を増加させ、なおかつ乳酸菌添加による乳酸発酵を導入することにより、酸度、アミノ酸度が高くなり、味の幅を広げるのに有効であることが示唆された。

1. はじめに

近年、消費者の健康意識の高まりに後押しされ、カロリーオフやダイエットを狙った食品が数多く市販されている。アルコール飲料においても、糖質ゼロ、カロリー控えめをうたった発泡酒やリキュールなどが数多く商品化されている。清酒においては、糖質ゼロの商品は発売されている¹⁾が低アルコールではなく、アルコール分と糖分を低く抑えた低カロリー清酒の開発が望まれている。そこで糖類ゼロでありながら旨味のある低アルコール清酒の開発を目指して、酸、アミノ酸に着目しその含有量を多く残す方法について検討を加えた。

2. 実験方法

2.1 使用菌株

酵母は、清酒酵母協会7号を使用した。乳酸菌は、平成17年山廃酛から分離した株²⁾を、硝酸還元菌は、平成17年井戸水から分離した株²⁾を使用した。

2.2 使用培地

酵母および乳酸菌の培養は、麴汁培地 (pH5) を用いて行った。硝酸還元菌の培養には、PN培地 (ペプトン0.1%、硝酸カリウム0.1%) を使用した。

2.3 発酵試験

総米200gの発酵試験を以下のとおり条件を変えて実施した。

2.3.1 麴の使用割合

α 米 (AA60) と清酒用米麴 (乾燥麴 1-70A) を原料に、表1のとおり麴の使用割合を20~50%に変えた4試験区 (試験区1:20%、試験区2:30%、試験区3:40%、試験区4:50%) を設定した。

表1 麴の使用割合を変えた各試験区の仕込配合

試験区	1	2	3	4
総米(g)	200	200	200	200
α 米(g)	160	140	120	100
麴(g)	40	60	80	100
乳酸(ml)	0.3	0.3	0.3	0.3
酵母(ml)	10	10	10	10
水(ml)	350	350	350	350

仕込みは、まず水麴 (水、麴、乳酸、酵母) を立て、5℃で約2時間放置後に α 米を添加した。発酵温度は15℃均一、重量測定により炭酸ガスの減少量をモニターし発酵を管理した。重量変化が停止した時点を発酵終了とし、遠心分離 (5,000rpm、30分) により上槽後、水で2倍希釈したものを製成酒とした。

2.3.2 麴の種類

清酒用米麴の代わりに焼酎用白麴 (乾燥麴70-S) を用い、同様の方法により行った。乳酸添加は行わなかった。

2.3.3 乳酸菌の添加

乳酸の代わりに乳酸菌培養液を10ml添加し、同様の方法により行った。麴は清酒用米麴を麴歩合

表 2 乳酸菌を添加した各試験区の温度経過

試験区	温度経過
1	最初から15°C
2	3日目まで10°C、以後15°C
3	6日目まで10°C、以後15°C

50%で使用し、温度経過により表 2 のとおり 3 試験区を設定した。

2.3.4 硝酸還元菌の添加

乳酸菌添加に加え、硝酸還元菌培養液を 2 ml 添加し以下のとおり行った。仕込み水は、蒸留水を用い硝酸カリウム含量が 100ppm となるよう加工した。亜硝酸反応は亜硝酸反応試薬²⁾によりチェックし、反応が消失してから酵母を添加した。

乾燥麴 100g／蒸留水 350ml (硝酸カリ 100ppm 含) ↓ ←乳酸菌 100 μl ↓ ←硝酸還元菌 2ml ↓ 5°C、約 2 時間 ↓ ←α米 100g ↓ 7°C→12°C (亜硝酸反応チェック→消失) ↓ ←酵母 10ml ↓ 15°C 上槽 (5,000rpm、30 分)

仕込みを 2 回に分けた 2 段仕込みについては以下のとおり実施した。

乾燥麴 50g／蒸留水 175ml (硝酸カリ 100ppm 含) ↓ ←乳酸菌 100 μl、硝酸還元菌 2ml ↓ 5°C、約 2 時間 ↓ ←α米 50g ↓ 7°C→12°C (亜硝酸反応チェック→消失) ↓ ←酵母 10ml ↓ ←乾燥麴 50g、水 175ml ↓ ←α米 50g ↓ 15°C 上槽 (5,000rpm、30 分)

2.4 小仕込み試験

総米 2 kg の小仕込み試験を次の 3 試験区により実施した (試験区 1 : 乳酸菌 + 硝酸還元菌、試験区 2 : 乳酸菌、試験区 3 : 乳酸)。仕込配合は表 3 のとおりとし、麴歩合 50%、試験区 1 は 2 段仕込みとした。

表 3 小仕込み各試験区の仕込配合

試験区	1	2	3
総米(kg)	2	2	2
α米(kg)	0.5 + 0.5	1	1
麴(kg)	0.5 + 0.5	1	1
乳酸菌(ml)	2	20	—
硝酸還元菌(ml)	20	—	—
乳酸(ml)	—	—	3
酵母(ml)	100	100	100
水(L)	1.75 + 1.75	3.5	3.5

2.5 分析

アルコール分、日本酒度は振動式密度計 (京都電子工業 DA-105) を使用して測定した。酸度、アミノ酸度は国税庁所定分析法³⁾に従い、還元糖はフェーリング法により分析した。アミノ酸組成はアミノ酸分析装置 (日本電子 JLC-500/V2) により測定した。カロリー値 (kcal/100 ml) は以下の式により算出した。カロリー (kcal/100 ml) = {アルコール分 (%) × 0.789 × 7.1} + {糖分 (%) × 4} + {アミノ酸度 (ml) × 0.089 × 4}

3. 結果と考察

3.1 麴の使用割合

麴の使用割合を高めることにより、酸度、アミノ酸度が増加し、味の幅が広がることを期待して、麴歩合を 20~50% に変えて発酵試験を行った。糖類ゼロ (糖類 0.5% 未満) が目標であるので、アルコール発酵が停止するまで行い、上槽酒を水で 2 倍希釈して製成酒 (低アルコール清酒) とした。その結果、発酵は麴歩合 40% までは順調に進んだが、麴歩合 50% では後半の発酵が緩慢になる傾向が見られた (図 1)。製成酒の成分は、アルコール分は麴歩合が上がるにつれて減少したが全試験区において約 9%、還元糖はほぼ 0% となった (データ非掲載)。酸度、アミノ酸度は増加していくことが確認され (図 2)、麴歩合を上げることは味の幅を持たせるためには有効であると思われた。

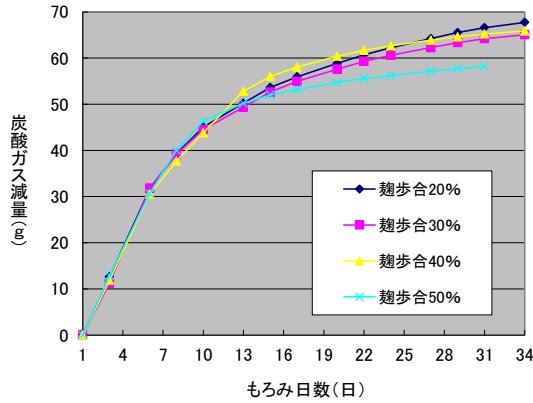


図1 麴歩合の違いによる試験もろみの発酵経過

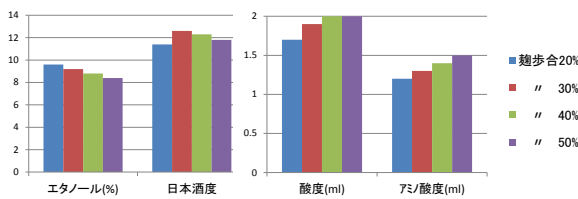


図2 麴歩合の違いによる製成酒の成分

3.2 麴の種類

清酒用麴（黄麴）に代えて焼酎用麴（白麴）を使用して発酵試験を行った。その結果、製成酒のアルコール分は黄麴と変わらず約9%であったが、白麴を使用した方がもろみの溶解性が良く、日本酒度はマイナスとなり、還元糖も多く残存していた。アミノ酸度は黄麴と同程度であったが、酸度は白麴を使用した方が多くなった。白麴の量を増やすと酸度も増加することから、白麴が持つクエン酸によるものと思われた(図3)。以上の結果、白麴の使用により、

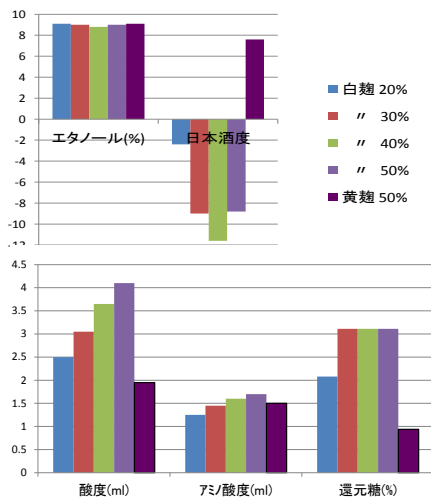


図3 麴の種類の違いによる製成酒の成分

酸、還元糖が多くなり、濃醇な酒質にはなるが、糖類ゼロには適当ではないと判断した。

3.3 乳酸菌の添加

生もと系酒母は速醸系酒母に比べ、酸度、アミノ酸度が高いことが知られている。そこで、通常の乳酸添加に代えて乳酸菌を添加した発酵試験を行った。

乳酸菌は県内酒造場の山麩配から分離したもので、*Lactobacillus sakei* と推定された株を用いた²⁾。試験区2、3は、醪初期に乳酸発酵を優先させる目的で低温にしていたため発酵が遅れたが、その後順調に発酵し(図4)、製成酒のアルコール分はすべて約9%となった。酸度、アミノ酸度は予想通り乳酸添加に比べ増加し、乳酸菌添加が味の幅を広げる方法として有効であることが確認された。また、初期の温度設定により酸度を調節できる可能性が示唆された(図5)。

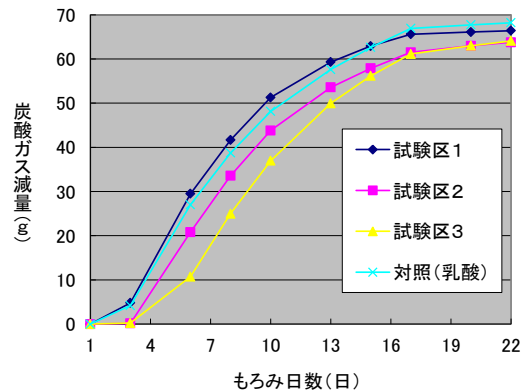


図4 乳酸菌を添加した試験もろみの発酵経過
試験区1：15℃均一、試験区2：3日目まで10℃、試験区3：6日目まで10℃

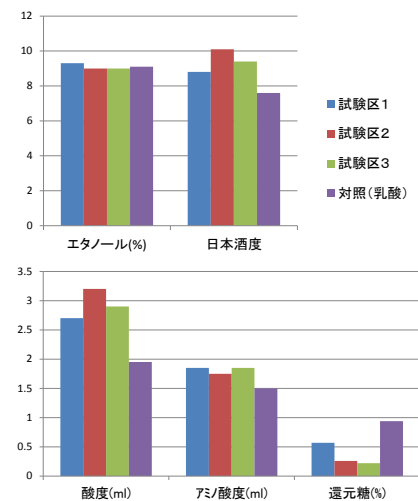


図5 乳酸菌を添加した発酵試験による製成酒の成分

3.4 硝酸還元菌の添加

乳酸菌添加に加えて、さらに硝酸還元菌を添加した発酵試験を行った。硝酸還元菌は井戸水から分離したもので *Pseudomonas sp.*と推定された株を用いた²⁾。その結果、硝酸還元菌を添加した醪はゆっくりとした経過を示し(図6)、アルコール分はやや低

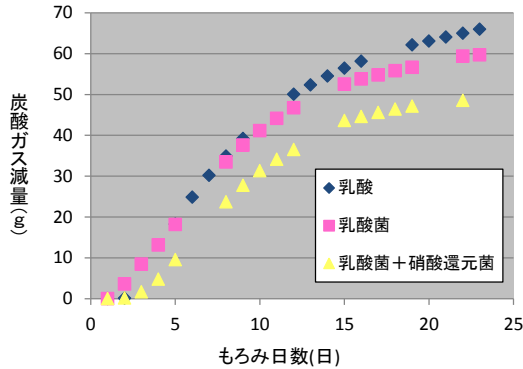


図6 硝酸還元菌を添加した試験もろみの発酵経過

く8.5%であった(乳酸菌8.6%、乳酸9.5%)。酸度、アミノ酸度は乳酸菌を添加した場合に比べさらに増加し(図7)、その理由として、仕込んでから酵母添加(亜硝酸反応が消える)まで12日間あり、乳酸発酵が十分に行われたためと思われる。官能評価の結果、味のうすさが解消され、味幅はあるが、酸味が強く感じられた。そこで、酸味を低減させる目的で、2段仕込みを行った。その結果、酸度、アミノ酸度も減少させることが可能であった(図8)。

アミノ酸組成を調べたところ、乳酸菌添加区(硝酸還元菌含)ではほとんどのアミノ酸が増加した一方、アルギニンのみ減少した。その原因として乳酸菌によるオルニチンへの変換が推定された(図9)。

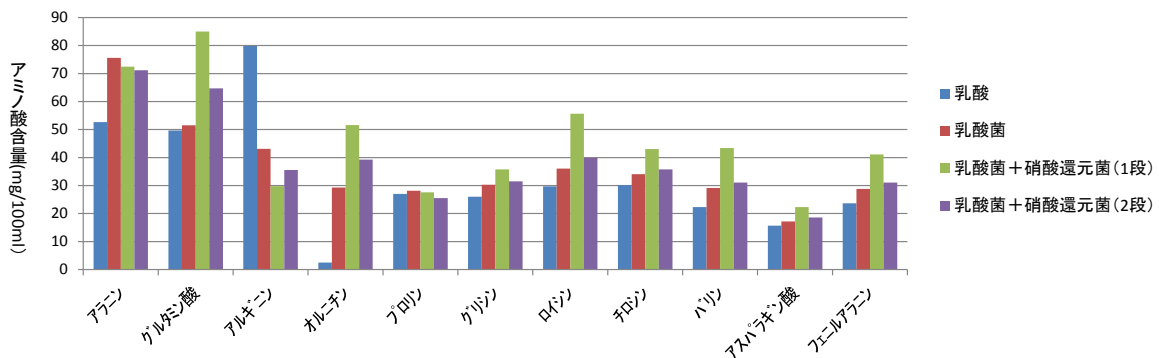


図9 アミノ酸組成 (mg/100ml)

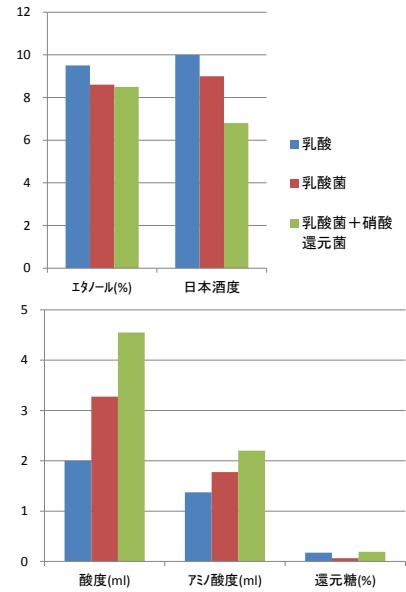


図7 硝酸還元菌を添加した発酵試験による製成酒の成分

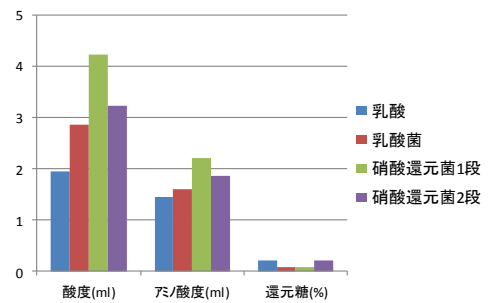


図8 2段仕込みを行った製成酒の成分

3.5 小仕込み試験

総米2kgの小仕込み試験を行った。試験区1(乳酸菌+硝酸還元菌添加区)は、12日目までは7~11℃で推移させ、亜硝酸反応が消えた12日目に酵母を添加し15℃で発酵させ、16日目に2段目の仕込みを行い、29日目に上槽した。試験区2(乳酸菌添加区)

は、仕込み後 4 日間 7 °C で乳酸発酵させ、その後 15 °C でアルコール発酵させ、19 日目に上槽した。試験区 3 (乳酸添加区) は、仕込み直後から 15 °C で発酵させ 17 日目に上槽した。上槽時の成分を表 1 に示す。それらに水を加えアルコール分 10% とした製成酒の成分を表 2 に示す。

その結果、試験区 2 (乳酸菌) は発酵試験と同様に酸度、アミノ酸度が高くなり、乳酸菌添加が味の幅を広げる方法として有効であることが確かめられた。アルコール分は酸度の高さが影響してか生成量が低かった。試験区 1 (乳酸菌+硝酸還元菌) は試験区 3 (乳酸) と成分値が余り変わらず、スケールアップする場合は 2 段仕込みの仕込配合を検討する必要があると思われた。

製成酒のカロリーは、通常の清酒が約 100kcal/100ml であるのに対し約 58kcal/100ml と 60% 程度となり、低カロリー化が可能であった。

官能評価の結果は、試験区 2 は酸味が強く感じられるとの意見が多く、実用化のためには香味の調和をさらに検討する必要があると思われた。

表 4 小仕込み試験上槽時の成分

	もろみ日数 (日)	アルコール (%)	日本酒度	酸度	アミノ酸度	還元糖
				(ml)	(ml)	(%)
試験区1	29	17.0	18.3	5.00	1.80	0.35
試験区2	19	15.6	15.1	6.15	2.10	0.18
試験区3	17	16.9	12.8	4.60	1.80	0.75

※試験区 1 : 乳酸菌+硝酸還元菌、試験区 2 : 乳酸菌、試験区 3 : 乳酸

表 5 割水後の製成酒の成分

	アルコール (%)	日本酒度	酸度 (ml)	アミノ酸度 (ml)	還元糖 (%)	カロリー (kcal/100ml)
試験区1	10.0	12.9	3.00	1.05	0.26	57.4
試験区2	10.0	11.8	3.75	1.40	0.32	57.8
試験区3	9.9	10.7	2.55	1.15	0.48	57.8

4. おわりに

糖類ゼロの低アルコール清酒の製造条件を検討した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 総米 200 g の発酵試験において、麴使用割合の増加、乳酸菌の添加により、酸度およびアミ

ノ酸度が増加した。

- (2) 乳酸菌添加区 (硝酸還元菌添加も含む) において、ほとんどのアミノ酸が増加する中、アルギニンのみ減少した。原因として乳酸菌によるオルニチンへの変換が推定された。

- (3) 総米 2 kg の小仕込み試験においても、乳酸菌添加区は酸度、アミノ酸度の増加が見られ、乳酸菌の活用は低アルコール清酒の味の幅を広げる有効な方法であることが確認された。

文献

- 1) 犬童雅栄, 堤浩子 ; 「糖質ゼロ」清酒の開発, 生化学, 87, p.448-449 (2009)
- 2) 西尾昭, 茂一孝 ; 乳酸菌と硝酸還元菌の添加による生醗系酒母製造の安定化, 鳥取県産業技術センター研究報告, 11, p.54-57 (2008)
- 3) 第 4 回改正国税庁所定分析法注解 (1993)