

氏名

松田 章

(論文内容の要旨)

清酒業界では、醸造方法の改良や優良な麹菌及び酵母の育種などの研究が進められているが、一方で清酒消費量の大幅な低下が問題となっている。この原因として、消費者の食生活の変化や嗜好の多様化による清酒以外のアルコール飲料の需要の拡大が考えられる。そこで、清酒でもこのような多様化する嗜好に対応できる新商品の開発が望まれている。

これらの背景のもとに、本研究では清酒の多様化を目的に、アミノ酸と並ぶ清酒の呈味性の一つである酸味に着目し、酸生成の原因となる影響因子について検討した。

(1) 新たなタイプの清酒を提供することを目的に、さわやかな酸味を有するリンゴ酸を多く生成する酵母を総数 1771 株の中から、きょうかい酵母 1401 号の自然誘発シクロヘキシミド耐性株 (A 株)、石川県内の酒蔵からの分離株 (B 株)、きょうかい酵母 9 号 (K-9) の泡なし (K-901) 株とワイン酵母 (OC-2) との細胞融合株 (C 株) の 3 株を選抜した。選抜酵母 3 株を用いて総米 500g の清酒の小仕込試験を行った結果、いずれの酵母も対照の K-9 と比較してリンゴ酸を 1.5~2 倍多く生成した。また、総米 3kg の試験醸造では、選抜酵母 A 株を用いた場合、清酒中のリンゴ酸量は汲水歩合 130%、120% で K-9 のそれぞれ約 2 倍、約 1.4 倍の高い値を示すとともに、発酵力は K-9 と同等以上で、同株で日本酒度プラスの清酒を製造できた。また、B 株、C 株を用いた場合、日本酒度マイナスで K-9 に比較して酸度が高く濃醇な味わいの清酒を製造でき、選抜酵母 3 株と汲水歩合との組み合わせで味 (特に酸味) の幅を広げられることを明らかにした。

(2) 小仕込み試験と実際の醸造試験の製成酒の成分含量、特に酸度 (有機酸含量) は現実的には一致していない場合が多く見られることに着目し、小仕込み試験と工業規模の清酒醸造における製成酒の成分の相違の原因について検討した。総米 100g で容量の異なる種々の容器を用いて小仕込み試験を行った結果、容器の空間高さ・体積、もろみ表面積の値が大きくなるほどリンゴ酸、乳酸が減少し、コハク酸が増加した。もろみ高さはそれらと逆の傾向を示した。また、同一容器を用いて総米 100g、200g、300g、400g の小仕込み試験を行った結果、空間体積・高さが大きくなるとリンゴ酸、乳酸が減少し、コハク酸が増加した。もろみ高さ・体積はそれらと逆の傾向を示した。したがって、製成酒のリンゴ酸、コハク酸、乳酸の含量は仕込み容器、容器空間の違いに影響されることから、有機酸の生成管理には嫌気性の調節が重要と考えられた。

(3) リンゴ酸高生成酵母を含む 4 種類の酵母を対象に、リンゴ酸生成に関連する酵素の活性 (ミトコンドリア画分及び細胞質画分) に及ぼす酸素供給量の異なる培養法の影響について検討した。その結果、リンゴ酸量の増大は、きょうかい酵母 701 号及び 901 号では嫌気的条件下において TCA 回路の還元的反応及び細胞質のリンゴ酸デヒドロゲナーゼ (MDH) の活性化により、また、リンゴ酸高生成酵母 MT-K1401-8 ではミトコンドリア及び細胞質両画分の高い MDH 活性、とりわけミトコンドリア画分の MDH の高活性により起こることを明らかにした。もう一つのリンゴ酸高生成酵母 FKW-A245 は、嫌気的条件下で MT-K1401-8 に次いで多量のリンゴ酸を生成したが、他 3 種の酵母と比較してミトコンドリア及び細胞質両画分の MDH は低い活性を示したことから、本酵母では TCA 回路及び細胞質の MDH の活性以外に、他のリンゴ酸生成経路が存在する可能性があると考えている。

氏名

松田 章

(論文審査の結果の要旨)

清酒醸造業界では、清酒消費量の大幅な低下が問題となり、この解決策として清酒の多様化が図られている。この多様化の中で注目されているのが、さわやかな酸味を有するリンゴ酸である。本論文では、清酒の多様化を目的に、アミノ酸と並ぶ清酒の呈味性の一つである酸味に着目し、酸生成の原因となる影響因子について検討している。

以下、それぞれにおける審査結果について示す。

(1) リンゴ酸高生成酵母の取得と試験醸造では、起源の異なる菌株、すなわち、きょうかい酵母 1401 号のシクロヘキシミド耐性株 (A 株)、石川県内の酒蔵からの分離菌 (B 株)、及びきょうかい酵母 9 号 (K-9) の泡なし (K-901) 株とワイン酵母 (OC-2) との細胞融合株 (C 株) の 3 株を選抜した。この選抜酵母 3 株を用いて、総米 (500 g 及び 3kg)、及び汲み水歩合 (120% 及び 130%) を変えての清酒の小仕込試験を行い、A 株を用いた場合、清酒中のリンゴ酸量は汲み水歩合 130%、120% で K-9 のそれぞれ約 2 倍、約 1.4 倍高い値を示した。A 株の発酵力はいずれの汲み水歩合でも K-9 と同等以上で、同株で日本酒度プラスの清酒を製造することができた。また、B 株、C 株を用いた場合には、日本酒度マイナスで K-9 に比較して酸度が高く濃醇な味わいの清酒ができていた。したがって、これらの菌株は清酒の多様化に対応できるものである。

(2) 小仕込み試験と実際の醸造試験との製成酒の成分含量、特に酸度 (有機酸含量) が現実的には一致していない場合が多く見られることに着目し、その要因について種々検討した結果、小仕込み試験時の使用容器における空間体積・高さが大きくなると、リンゴ酸、乳酸が減少し、コハク酸が増加した。もろみ高さ・体積はそれらと逆の傾向を示した。すなわち、有機酸生成には仕込み時の嫌気性が大きく影響していることを明らかにした。これらの成果は、今後の新規酵母や新規酒米の試験等において新しい知見を与えるもので高く評価できる。

(3) リンゴ酸生成系については、リンゴ酸高生成酵母を含む 4 種類の酵母を対象に、リンゴ酸生成に関連する酵素 (リンゴ酸デヒドロゲナーゼ (MDH)、イソクエン酸デヒドロゲナーゼ、コハク酸デヒドロゲナーゼ、イソクエン酸リアーゼ、ピルビン酸デヒドロゲナーゼ) の活性 (ミトコンドリア画分及び細胞質画分) に及ぼす酸素供給量の異なる培養法の影響について検討している。全ての酵母において嫌気的条件下で TCA 回路の還元反応、及び細胞質の MDH を介する両経路の活性化によりリンゴ酸が増大したと考えられた。リンゴ酸高生成酵母である MT-K1401-8 は、嫌気的条件下で他の酵母よりも高いリンゴ酸生成量を示し、ミトコンドリア及び細胞質の両画分の MDH は高い活性を示した。とりわけミトコンドリア画分で最も高い MDH の活性が確認されたことから、本酵母は特にミトコンドリアでリンゴ酸生成が進行していることを明らかにしている。このように酵素学的にリンゴ酸生成系に関する知見を得たことは評価できる。

以上のように、本研究では、清酒の呈味性に深く影響を与える有機酸、特にさわやかな呈味性で評価の高いリンゴ酸の生成について、清酒酵母及びそれを取り巻く影響因子について検討を行い、種々の成果を得ている。これらの成果は、今後の清酒の多様化に貢献できるものである。

よって、本論文は博士 (生物資源環境学) の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成 25 年 6 月 26 日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士 (生物資源環境学) の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。