

沖縄県産種麴の利用方法について

—石川種麴の特徴—

比嘉賢一、普天間樹*、玉村隆子

泡盛業界は酒質の多様化及び沖縄ブランドの構築を目的として県産種麴の活用を求めている。しかし、県内唯一の種麴メーカーである石川種麴店の種麴はその品質特性について科学的な根拠に基づく知見が少ないため各泡盛酒造所はその活用に試行錯誤を繰り返している状況である。酒造所のヒアリングにおいても石川種麴店の種麴に関する評価は酒造所ごとに大きく異なり、相反する評価が混在している状況である。本研究では県産種麴の需要拡大を目的とし、麴菌体量、酸度及び酵素生産性を指標としてその品質特性について検討を行った。

1 はじめに

泡盛の出荷額は2004年度を境に減少傾向にあり、その対策として、酒質の多様化及び沖縄ブランドの構築が求められている。特に、沖縄ブランドの構築を目的として沖縄県産種麴の活用については泡盛業界からも強い要望がある。一方、県内唯一の種麴メーカーである石川種麴店も泡盛業界におけるシェア獲得に向け販売促進を進めているが、自社種麴について科学的な根拠に基づく種麴の品質及び特性が明らかでないため販路拡大に苦慮している状況にある。

また、県産種麴の特性については、業界からの問い合わせも多く、今後、さらに泡盛メーカーの要望に応じて高品質の種麴を供給していくには種麴に関する基礎研究が重要と考えられるため基礎データの収集を行った。

2 実験方法

2-1 製麴方法

原料米はタイ国産インディカ系粳碎米を用いた。製麴は岡崎ら¹⁾の方法に準じて、熱風乾燥法で製造した α 化米10gを製麴原料として行った。

種麴は石川種麴店の種麴及び比較として県外2社の種麴を用いた。種麴胞子数は種麴1gを0.05% Tween80溶液で浸透懸濁し、トーマ氏球数器で計測した。

計測した胞子数を元に α 化米1g当たり 1×10^5 個の胞子数となるように胞子懸濁液を希釈後、 α 化米水分含有率が30%（硬蒸）、36%（程良い蒸）及び42%（柔蒸）となるように添加した。種麴添加後、恒温恒湿器（株式会社製作所、EC-43HHP）を用い、所定の温度条件で42時間製麴を行い出麴とした。製麴の条件を表1に示した。製

麴の温度は種付以降盛前までを38℃（18時間）、盛後以降仕舞仕事までを36℃（8時間）、仕舞仕事以降出麴までを34℃（16時間）を基本条件（条件①）とし、種付以降盛前までの設定温度を変えた条件②、条件③を設定した。また盛以降出麴までの環境湿度を変えた条件④、条件⑤及び条件⑥を設定した。

表1 製麴温度及び湿度の条件

条件No	製麴時間（0～42時間）		
	0～18h	18～27h	27～42h
条件① 38℃、湿度保持	温度38℃ 湿度98%	温度36℃ 湿度98%	温度34℃ 湿度96%
条件② 40℃、湿度保持	温度40℃ 湿度98%	温度36℃ 湿度98%	温度34℃ 湿度96%
条件③ 36℃、湿度保持	温度36℃ 湿度98%	温度36℃ 湿度98%	温度34℃ 湿度96%
条件④ 38℃、やや乾燥	温度38℃ 湿度98%	温度36℃ 湿度96%	温度34℃ 湿度94%
条件⑤ 38℃、乾燥	温度38℃ 湿度98%	温度36℃ 湿度94%	温度34℃ 湿度92%
条件⑥ 36℃、やや乾燥	温度36℃ 湿度98%	温度36℃ 湿度96%	温度34℃ 湿度94%

2-2 出麴分析

2-2-1 水分、酸度及び酵素活性

水分、酸度、 α -アミラーゼ（AAase）、耐酸性 α -アミラーゼ（asAase）、グルコアミラーゼ（GAase）、酸性プロテアーゼ（APase）および酸性カルボキシペプチダーゼ（ACPase）は、国税庁所定分析法²⁾により測定した。

* 現 公益社団法人 浦添市シルバー人材センター

2-2-2 麹菌体量

出麹試料を750mmHgの減圧下で2時間乾燥後、粉碎器（Janke & Kunkel社、A10S）にて粉碎後測定に供した。麹菌体量は、藤井ら³⁾の方法を参考に粉碎麹を50mM、pH7.0リン酸緩衝液で3回洗浄後、Yatalase 20mgを含むリン酸緩衝液で37℃、1時間処理を行い、遠心分離し上澄みをN-アセチルグルコサミン（GluNAc）の測定試料とした。GluNAcの測定は試料にpH9.1ホウ酸緩衝液を加えて、100℃で3分間加熱し、急冷後、パラジメチルアミノベンズアルデヒド溶液を加えて、37℃で20分間加熱して発色後、585nmの吸光度を測定した。菌体量への換算⁴⁾は乾燥麹菌体1mgあたり139 μ gのGluNAcとして計算した。

3 実験結果および考察

3-1 種麹の品質について

試験に供した各種麹の孢子数及び発芽率の測定を行った。データは示さないが孢子数において石川種麹店の種麹がやや低い傾向を示したが、種麹1g当たりの孢子数及び発芽率は同程度で、利用に際して3社に違いは認められないと考えられた。また石川種麹店の種麹については、夏季と冬季について確認を行い、年間を通して一定品質の製品であることを確認した。

3-2 製麹温度の影響

3-2-1 麹菌体量

麹菌体量は、麹菌の生育状況を確認するために重要な指標であり、菌体量が多い場合、麹菌はよく生育しているが、生育には原料米のデンプンを利用しているため過度な菌体量はアルコール取得量の低下に繋がる可能性がある。通常、現場工場の麹菌体量は約4～5mg/g麹であり、その際の純アルコール取得量は約430L/tである。

図1に石川種麹店の種麹について、種付から18時間までの温度が異なる条件で製麹した場合の麹菌体量を示した。蒸米の状態と比較すると、柔蒸、程良い蒸、硬蒸の順で麹菌体量は高い値を示した。また硬蒸の製麹条件②（40℃）では破精落ちの状ぼうが確認された。製麹条件③（36℃）では、蒸米の状態によらず麹菌体量は高い値を示し、破精廻りが良い状況であったが、柔蒸の条件では老麹の状ぼうに近く過度な菌体量であると考えられた。

3-2-2 出麹酸度

泡盛では、もろみの健全な発酵を行うために出麹の酸度も重要な指標の一つであり、通常酸度は3.0以上であり、もろみ酢などの加工製品として利用する場合の出麹酸度は6.0以上が望まれる。

図2に石川種麹店の種麹について、種付から18時間ま

での温度が異なる条件で製麹した場合の酸度を示した。前述の麹菌体量と比較して、麹菌体量が高いほど酸度も高い値を示した。また、硬蒸で製麹初期の温度が高い場合酸度は1.0以下の値を示し、破精落ちの状ぼうから腐造の危険性が高い出麹であると考えられた。麹菌体量及び酸度の状況を考えると、石川種麹店の種麹の利用に関して、蒸米の調整は硬蒸の状況を避け、やや水分量の多い蒸米に調整する必要があると考えられた。

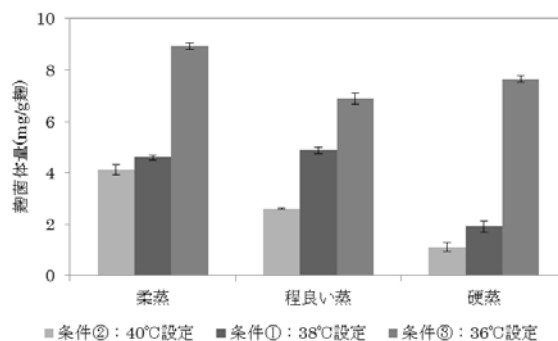


図1 麹菌体量に及ぼす製麹初期温度の影響

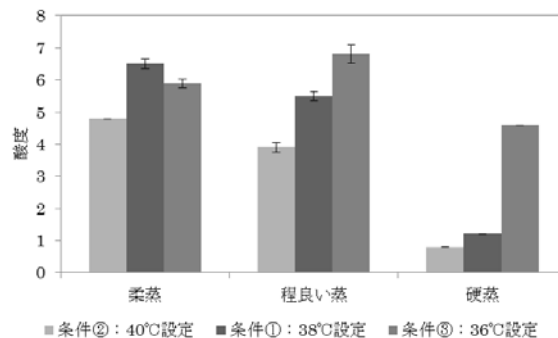


図2 出麹酸度へ及ぼす製麹初期温度の影響

3-2-3 糖化系酵素

図3～図5にAAase、asAase及びGAase活性に及ぼす製麹温度の影響を示した。蒸米の区分では、程良い蒸し、柔蒸の状況で高い酵素活性を示し、糖化系の酵素生産においても蒸米の調整は硬蒸の状況を避け、やや水分量の多い蒸米に調整する必要があると考えられた。

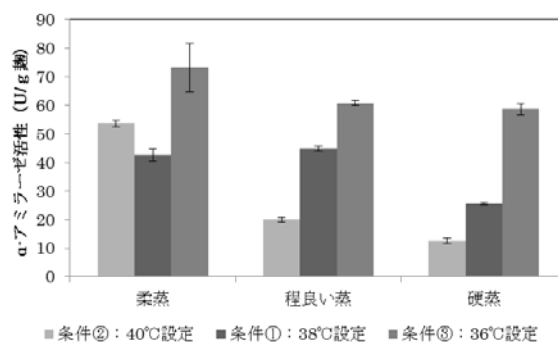


図3 α -アミラーゼ活性へ及ぼす製麹温度の影響

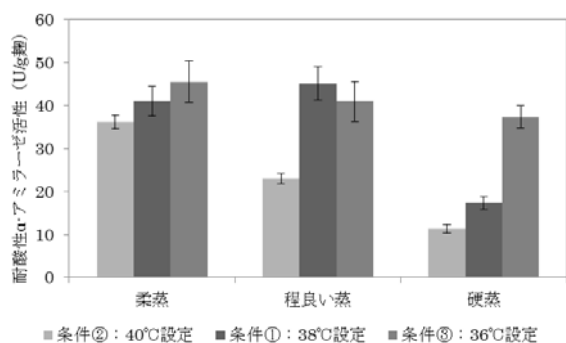


図4 耐酸性α-アミラーゼ活性へ及ぼす製麴温度の影響

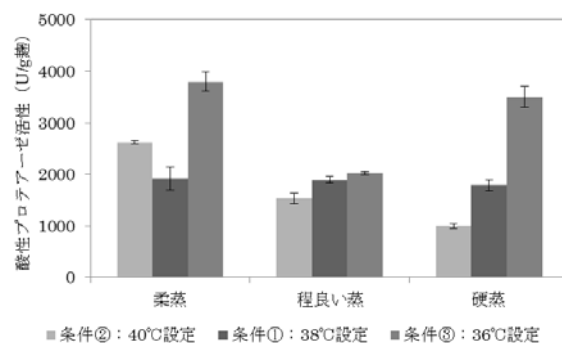


図6 酸性プロテアーゼ活性に及ぼす製麴温度の影響

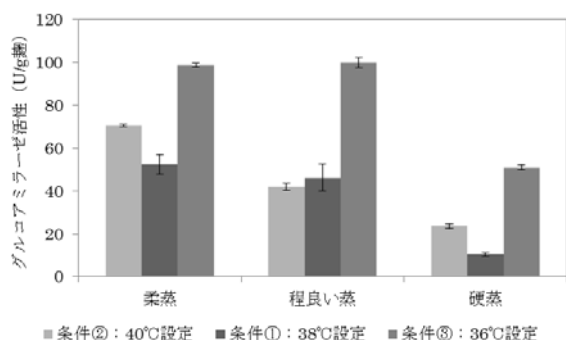


図5 グルコアミラーゼ活性へ及ぼす製麴温度の影響

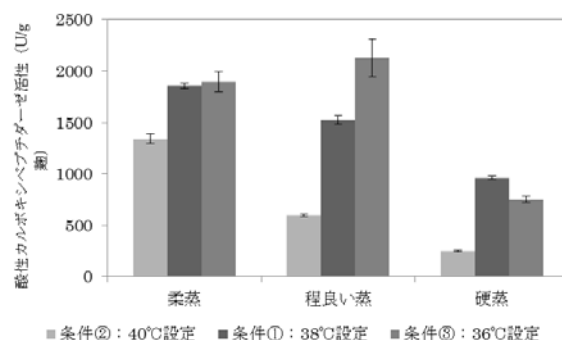


図7 酸性カルボキシペプチダーゼ活性に及ぼす製麴温度の影響

岩野ら⁵⁾は白麴の各種酵素生産に及ぼす製麴温度の影響を調べ、AAase及びGAaseの生産は製麴温度が高いほど大きいことを報告している。また瀬戸口ら⁶⁾はAAaseの生産は岩野らと同様な傾向を示すが、GAaseについては明確な結果ではないと報告している。しかし石川種麴店の種麴については、高い製麴温度よりむしろ36~38℃の製麴温度において糖化系酵素の生産が高いことが明らかとなった。

蒸米について岩野らは、破碎精米の蒸米吸水率と菌体量及び糖化系酵素の生産に関して影響は少ないと報告している。石川種麴店の種麴については、硬蒸の状況を除外し蒸米の影響は少ないことが確認された。

3-2-3 タンパク質分解系酵素

図6、7にAPase及びACPase活性に及ぼす製麴温度の影響を示した。APase活性については蒸米水分の影響は少なく製麴温度は36~38℃においてやや高い傾向を示した。またACPaseについては硬蒸の状況で活性値は低い値を示し、蒸米水分が高くなるに従い、温度の影響は小さくなる傾向が認められた。岩野ら⁵⁾は白麴菌においてAPase及びACPase活性は温度の影響が少ないと報告している。また岡崎ら⁷⁾は黄麴菌においてAPase及びACPase活性は35℃において高い生産性を示したと報告している。

石川種麴店の種麴についても温度の影響は大きくないが、APase及びACPase活性については、蒸米の水分を多くし、温度を36~38℃にすることで高生産が期待できる。

3-3 環境湿度の影響

3-3-1 麴菌体量

図8に製麴18時間から出麴までの環境湿度が異なる条件で製麴したときの麴菌体量を示した。ただし各環境湿度条件は種付から18時間まで98%の湿度を保持し、18時間から出麴までの環境湿度条件を94%~98%の範囲で変え、製麴温度は同一の条件とした。蒸米の状態としては、柔蒸、程良い蒸、硬蒸の順で麴菌体量は高い値を示した。また硬蒸、製麴条件④(やや乾燥条件)では破精落ちの状ぼうが確認された。環境湿度が高いほど麴菌体量は高い値を示し、乾燥傾向になると麴菌体量は抑制される傾向を示した。瀬戸口ら⁶⁾は白麴菌について種付から仕舞仕事(0~27時間)までは保湿に努めて菌の繁殖を促して総破精となるようにして、仕舞仕事以降乾燥経過をとることにより内部への破精込みを図ることが必要であると報告している。今回の結果より、硬蒸の条件、過度の乾燥傾向では、麴菌の生育が抑制されることが明らかとなった。

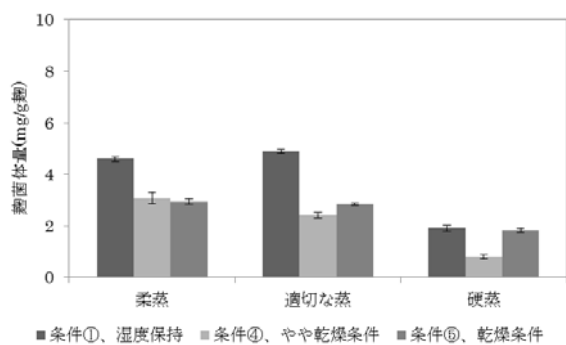


図8 麹菌体量に及ぼす製麹環境湿度の影響

3-3-2 出麹酸度

図9に製麹温度38℃における出麹酸度に及ぼす環境湿度の影響を示し、図10には麹菌の生育が最も良好であった36℃における環境湿度の影響を示した。酸度は蒸米水分が高く、環境湿度が高くなるに従い高い値を示した。この結果より出麹酸度を高めるためには製麹中は保湿に努めることと蒸米水分を高くすることが必要であり、また酸度を低くするためには製麹中の湿度を低く（乾燥傾向に）設定することにより酸度と菌体量を抑制することができることが示唆された。

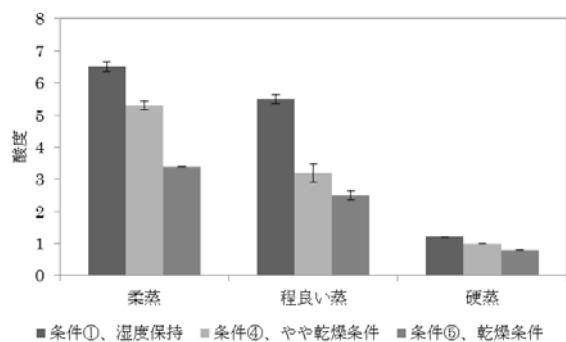


図9 酸度に及ぼす環境湿度の影響
(製麹初期温度38℃)

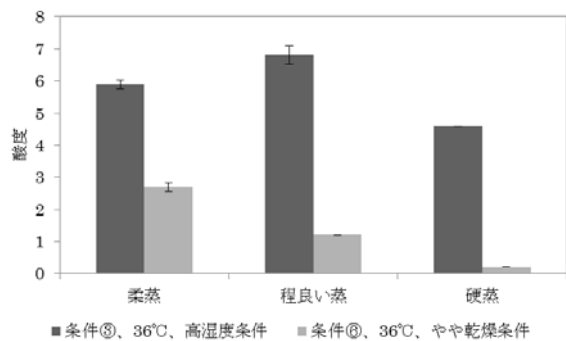


図10 酸度に及ぼす環境湿度の影響
(製麹初期温度36℃)

3-3-3 糖化系酵素

図11~13に麹菌の生育が最も良好であった36℃における糖化系酵素生産に及ぼす環境湿度の影響を示した。各糖化系酵素の生産性は蒸米の影響は少ないが、環境湿度の影響は大きいことが明らかとなった。特に酵母が資化できる単糖の生産に関わるGAase活性は乾燥傾向をとることにより大きく抑制される。従ってもろみ中における原料の液化、糖化を促すためには、保湿に努めることが重要であると考えられた。

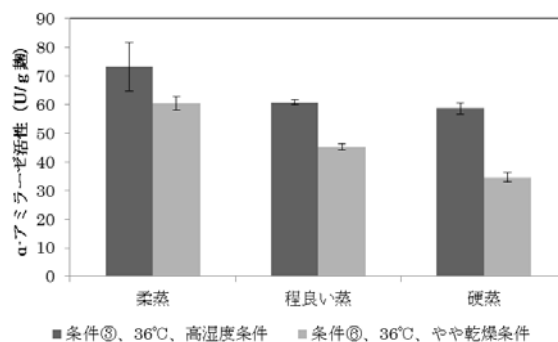


図11 α-アミラーゼ活性に及ぼす
環境湿度の影響 (製麹温度36℃)

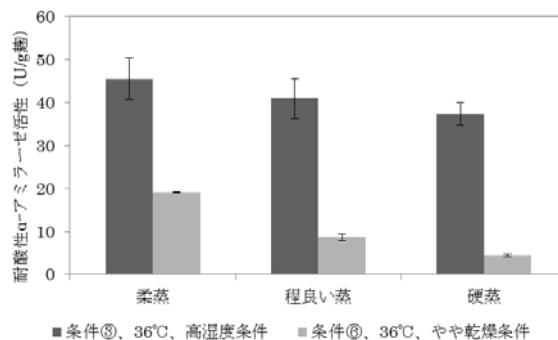


図12 耐酸性α-アミラーゼ活性に及ぼす
環境湿度の影響 (製麹温度36℃)

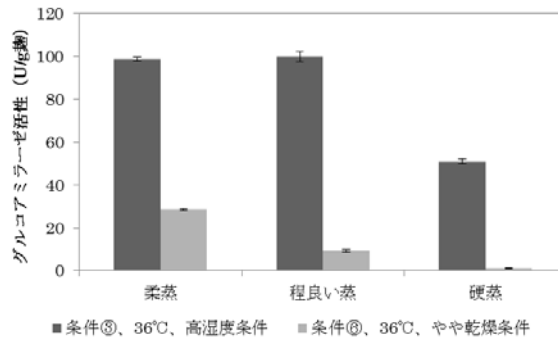


図13 グルコアミラーゼ活性に及ぼす
環境湿度の影響 (製麹温度36℃)

3-3-4 タンパク質分解系酵素

図14にAPase活性、図15にACPase活性に及ぼす環境湿度

度の影響を示した。ACPase活性については糖化系酵素と同様な傾向を示したが、図14に示すようにAPase活性は乾燥傾向をとることにより活性値が高くなる傾向を示した。酸性プロテアーゼは α -アミラーゼの無効吸着を解消し蒸米の溶解を促す⁸⁾ことが知られているが、糖化系酵素の生産性、酸性カルボキシペプチダーゼの生産性を考慮するとタンパク質分解系酵素の生産においても保湿に努めることが重要であると考えられる。

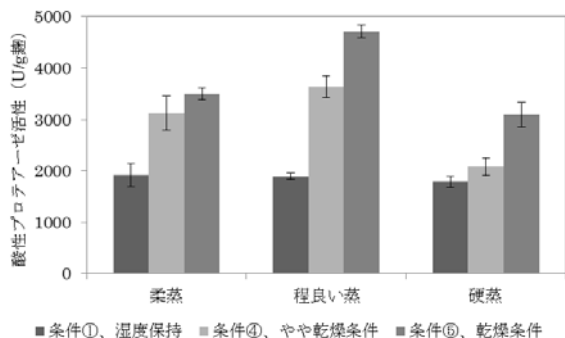


図14 酸性プロテアーゼ活性に及ぼす環境湿度の影響（製麴温度38℃）

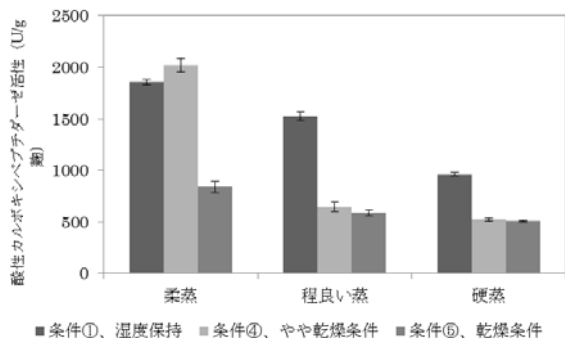


図15 酸性カルボキシペプチダーゼ活性に及ぼす環境湿度の影響（製麴温度38℃）

3-4 県産種麴の特徴

表2に麴菌体量と各酵素活性及び酸度との相関係数を示した。岩野ら⁵⁾は白麴菌において麴菌体量と各酵素生産に強い相関関係があり、酸度とは相関関係がないことを報告している。今回の測定結果では、3社の種麴は麴菌体量と酸度に強い相関関係が認められた。また、石川種麴店の種麴はasAAase活性と麴菌体量に強い相関関係が認められ、石川種麴店の特徴の一つであると考えられる。特にasAAaseは酸性下における原料米の液化に関与する酵素であり、麴菌の破精廻りを確認することによりasAAase活性を推測できることは有利な特徴であると考えられた。しかし、表3に示すように蒸米の状況により相関係数は異なり、柔蒸の場合破精廻りが良く老麴の状ぼうであっても酵素活性が低く酸が出ていない状況もあ

表2 麴菌体量と各酵素生産及び酸度との相関係数

	石川種麴店	県外A社	県外B社
AAase	0.648	0.807	0.879
asAAase	0.751	0.502	0.624
GAase	0.743	0.785	0.754
APase	0.386	0.269	0.661
ACPase	0.664	0.720	0.722
酸度	0.722	0.744	0.776

N=21

表3 石川種麴を用いた場合の蒸米状況と酵素活性および酸度の相関

	柔蒸	程良い蒸	硬蒸
AAase	0.069	0.639	0.870
asAAase	0.298	0.837	0.937
GAase	0.358	0.918	0.889
APase	0.458	-0.485	0.604
ACPase	0.187	0.954	0.489
酸度	0.091	0.883	0.972

N=7

り得ることが考えられた。特に柔蒸で高温経過、高湿度経過の製麴を行った場合に麴菌体量に対して酵素生産及び酸度が伴わない状況が多いと考えられた。

石川種麴店の種麴の特徴としてasAAase活性と麴菌体量の相関関係を示したが、図16に示すように麴菌の生育が最も良かった36℃設定では単位菌体量当たりのasAAase生産性は蒸米の影響を受けず安定した生産性を示しており、破精廻りを指標としてasAAase生産性を管理できることが示唆された。

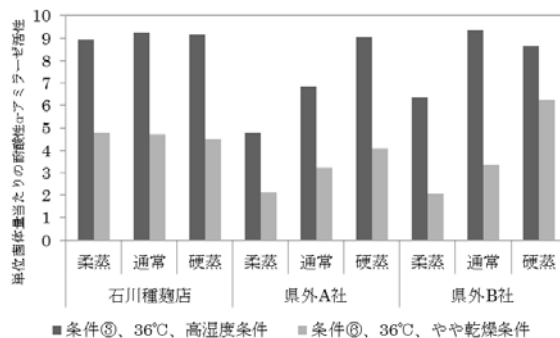


図16 単位菌体量当たりの耐酸性 α -アミラーゼ活性

4 まとめ

県産種麴の需要拡大を目的として、石川種麴店の種麴の特性について調査を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 孢子数及び発芽率は県外産種麴と比較して大きな差がないことが確認された。
- 2) 蒸米の状態は、程良い蒸または柔蒸の状態において、麴菌体量、出麴酸度及び各酵素の生産性は高い値を示しており、良好な出麴を得るためには硬蒸を避ける必要がある。
- 3) 製麴初期の温度は36～38℃において、麴菌体量、出麴酸度及び各酵素生産は高い値を示しており、良好な出麴を得るための製麴初期の温度は麴菌の生育に適した37℃付近が適している。
- 4) 製麴初期から仕舞仕事までの環境湿度は保湿に努めることにより麴菌体量、酸度及び酵素生産性が高いことが明らかとなった。
- 5) 県外産種麴と比較して麴菌体量と耐酸性 α -アミラーゼの相関が強いことが明らかとなった。

5 石川種麴利用のポイント

1) 蒸米の状ぼうについて

蒸米水分が低い状況や環境湿度が低い状況においては生育状況が思わしくないことから蒸米の状ぼうは硬蒸を避ける。特に現在、原料米は丸米が主流となっており碎米と比較して硬蒸になる傾向が強いので、石川種麴を利用する場合は蒸米の状況をチェックする。破精廻りが良い場合、蒸米の調整は良いと考えられる。

2) 県外産種麴から石川種麴に変更する場合

県外産種麴を利用しアルコール取得量を上げるために蒸米を硬蒸に調整している酒造所は特に蒸米の調整をチェックする必要がある。

3) 製麴の条件設定について

石川種麴を利用して破精廻りは良いが、「酸度が高い」、「アルコール取得量が低い」等の場合は、蒸米の調整をやや硬蒸にするか、製麴温度及び環境湿度の調整をする。

4) 本研究報告で注意してほしい点

本研究で設定した蒸米水分、各温度及び環境湿度は絶対的な値ではなく、指標値として考えることである。本研究で用いた製麴装置は温度と湿度をそれぞれ単独にコントロールできるが、現場の通風製麴では温度を下げる際、麴水分の減少を伴って品温が低下する。従って、本研究と同じ製麴温度を設定しても出麴状ぼうが異なると考えられる。現状の出麴の状ぼうを観察して製麴温度等を調整する必要がある。

5) 石川種麴店の種麴を利用して、不明な点があれば、当工業技術センターに技術相談を頂ければ幸いです。

謝辞

本研究の遂行にあたり、種麴製造技術におけるノウハウ等の情報を提供頂いた石川種麴店に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡崎直人, 弘中吉雄, 嶋崎順一, 菅間誠之助: 蒸米上における麴菌の増殖(第3報), 醸造協会, Vol.73(1978), pp.402-404.
- 2) 注解編集委員会編: 第四回改正国税庁分析注解, (財)日本醸造協会(1993).
- 3) 藤井史子, 尾関健二, 神田晃敬, 浜地正昭, 布川弥太郎: 市販酵素剤を利用した麴菌体量簡易測定法, 醸造協会, Vol.87(1992), pp.757-759.
- 4) 五味勝也, 岡崎直人, 田中利雄, 熊谷知栄子, 井上博, 飯村穰, 原昌道: 細胞壁溶解酵素を用いた米麴中の菌体量の測定, 醸造協会Vol.82(1987), pp.130-133.
- 5) 岩野君夫, 三上重明, 福田清治, 能勢晶, 椎木: 焼酎白麴の各種酵素生産に及ぼす製麴条件の影響, 醸造協会Vol.82(1987), pp.200-204.
- 6) 瀬戸口真治, 山口巖, 浜崎幸男: 焼酎麴の性質におよぼす製麴条件の影響, 鹿児島県工業技術センター研究報告No.2(1988), pp.13-18.
- 7) 岡崎直人, 竹内啓修, 菅間清之助: 製麴条件の増殖および酵素生産に及ぼす影響, 醸造協会Vol.74(1979), pp.683-686.
- 8) 岩野君夫: 清酒醸造と酵素, 醸造協会Vol.74(1979), pp.206-211.

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。