

糖化後発酵による泡盛の製造に関する基礎研究

食品室 照屋比呂子
知花寛
赤嶺欣哉
田村博三

1. はじめに

酒類の醸造法は、その発酵方式により単発酵、単行複発酵および並行複発酵に大別される。数百年の製造の歴史があるとされる泡盛の醸造法が清酒と同様に、デンプンの糖化とアルコール発酵が同時に進行する並行複発酵方式であることは、よく知られているところである。

近年、清酒醸造法においては、従来の発酵形式を変えた研究が種々報告されている。今安ら¹⁾は粉状白米による清酒醸造、秋田ら²⁾は糖化と発酵を分離した糖化後発酵による清酒醸造、仲田ら³⁾は白糖を糖化・圧搾ろ過して得た糖化液を用いた液仕込による発酵法、また佐藤ら⁴⁾は粉状 α 米を用いた清酒醸造を報告している。これらの研究の目標は、香気に特徴のある新しいタイプの酒類、低アルコール、ライトタイプ清酒の開発および製造管理の簡便・安定化があげられており、多くの興味深い結果が得られている。

泡盛麴を用いた糖化麴汁培地で種々の酵母培養試験を行うとき、酵母の種類および条件によりかなり特徴ある香気を生成することはよく経験するところであり、泡盛の醸造においても、従来の並行複発酵に変わり、糖化と発酵を分離した発酵形式による製造を試みることは、伝統の泡盛を堅持しながら展開する酒質の多様化、発酵管理の効率化・安定化および原料利用率の向上に有効と考えられる。

このような視点から、本報では、糖化後発酵法による泡盛の醸造を試みるにあたり、基本的な泡盛麴の糖化条件の検討および糖化後発酵泡盛の試験醸造を行い、その研究要素を検討した。

2. 実験方法

2.1 使用泡盛麴

供試した泡盛麴は工場出麴を使用した。その成分分析結果は麴の全糖量 67.8%、デンプン価 61.0、糖化力 12.0、水分 26.0%、麴酸度 3.1ml、pH 3.5であった。これは、これまでの出麴分析⁵⁾からみて、おおむね平均的泡盛麴である。

2.2 糖化方法

- 1) 糖化温度の検討は、麴量 30、40、50 および 60 g に加水後の容量が 200 ml となるようにそれぞれに加水して試料を調整し、糖化温度を 50、55、60、65 および 70 °C に設定して、24 時間糖化を行った。
- 2) 糖化における加水量の影響については、麴量を 80 g と一定にし加水量を 200、300、400 および 500 ml とし、一定の加水量 200 ml に麴量を 100、120 および 140 g と変え、麴量 60、70 およ

び80gに加水後の容量が200mlとなるように試料を調整し、55℃で24時間糖化を行った。

3) 糖化における経時変化については、麴量40g、加水量100mlで、糖化温度を55℃にして検討した。

4) 糖化におけるpH条件については、20%クエン酸溶液でpHを3.0、3.5および4.0に調整した麴量40g、加水量100、150および200mlのそれぞれの試料を、55℃で糖化を行なった。供試麴は、コーヒーミルで粉碎したものをを用いた。なおpH4.0設定については、加水後そのままできわめてpH4.0の近似値(3.8~4.0)であったので無調整で行った。

2.3 試験醸造

試験醸造Iでは、麴量2kg、加水量5ℓの2本について、糖化温度は初発品51℃、後52~53℃で47時間糖化を行った。ついで遠心分離機4,500rpmで固液分離した糖化液について25℃の恒温器で12日間アルコール発酵を行った。酵母は、沖工試保存菌株7,087株を6%麦芽汁100mlに前培養して用いた。蒸留はパンステッド蒸留器を改良した小型蒸留器で2度蒸留を行い、糖化後発酵泡盛原酒を得た。

試験醸造IIでは、麴量2kg、加水量5ℓの仕込割合とし、55℃の恒温器で45時間糖化を行った。糖化品温は初発温度55℃、後53~54℃であった。アルコール発酵は酵母7,087株を試醸Iと同様にして加え、11日間発酵を行った。蒸留も試醸Iと同様に2度蒸留を行った。

対照試験として行った常法による泡盛の試験醸造については、麴量2.4kg、汲水3.4ℓ(汲水歩合170%相当)で仕込を行い、糖化液発酵と同様に11日間発酵を行った。

2.4 分析方法

1) 試供麴のデンプン価、糖化力、麴酸度は国税庁所定分析法⁶⁾により測定した。糖化液は糖化終了後4,500rpmで15分間遠心分離したものを分析に供した。

2) 糖化液およびそのアルコール発酵液の酸度は、試料10mlに対する0.1N水酸化ナトリウムによる滴定値を用いた。

3) 麴の糖化率は、糖化液中の直糖量を原料泡盛麴の酸加水分解して得られる全糖量に対する百分率で表した値である。

4) 試醸泡盛の酸度は国税庁所定分析法によった。

5) OD²⁷⁵は製成酒をメンブレンフィルター0.45μmでろ過し、アルコール分20%に調整した試料について分光光度計で10mm石英セルを用いて波長275nmにおける紫外部の吸光度を測定した。

3. 結果と考察

3.1 泡盛麴の糖化条件の検討

3.1.1 最適糖化温度の検討

泡盛麴の糖化温度について、汲水歩合580、415、316および248%の4条件と50、55、60、65および70℃の5条件について検討した結果を表1に示した。泡盛麴の糖化温度は、汲水歩合の多少にかかわらず55℃が良好な結果を示した。

岩野ら⁷⁾は、焼酎白麴、泡盛麴、清酒麴の各種酵素の諸性質を検討し、泡盛麴のα-アミラーゼ、

表1 糖化温度の検討

	麴量-加水量-汲水歩合 (g) (ml) (%)	糖化温度 (°C)	pH	糖化後 の Bx	湯煎後(1hr) の Bx
1	30 - 174 - 580	50	4.20	10.2	10.2
2		55	4.17	10.2	10.2
3		60	4.14	9.4	9.5
4		65	4.14	9.0	9.0
5		70	4.15	9.0	9.0
6	40 - 166 - 415	50	4.14	12.6	13.0
7		55	4.14	13.0	13.2
8		60	4.12	12.2	12.4
9		65	4.10	11.8	12.0
10		70	4.11	11.7	12.0
11	50 - 158 - 316	50	4.09	15.4	16.4
12		55	4.08	16.2	16.8
13		60	4.05	14.7	15.2
14		65	4.03	14.7	15.2
15		70	4.02	14.0	14.5
16	60 - 149 - 248	50	4.05	18.5	19.4
17		55	4.05	18.7	19.6
18		60	4.01	17.6	18.4
19		65	4.01	17.6	18.4
20		70	4.01	17.0	17.7

*糖化時間：24時間

グルコアミラーゼ、トランスグルコシダーゼの最適反応温度はいずれも60℃と報告しており、本実験の結果がやや低い温度となっている。これらの原因が麴菌株の違いによるものか、あるいは供試デンプンとタイ米の泡盛麴の持つデンプンの糖化作用の差であるかについては不明である。

供試泡盛麴の最適温度について上記の結果を得たので以下の実験は糖化温度55℃で行うこととした。

3.1.2 最適糖化pHの検討

泡盛麴の最適糖化pHについて、汲水歩合を250、375および500%の3条件、pHを3.0、3.5および4.0に設定し、9試験区の糖化試験を行った。各試験区の糖化結果の経時変化を図1に示した。汲水歩合の大小にかかわらずpH3.5、4.0の試験区のBxが経時的に増大した。各試験区の糖化後の直糖分析結果とそれより算出した糖化液の糖化率を表2に示した。糖化率は汲水歩合の多い375、500%の試験区が大きく、またpH3.5、4.0の試験区が大きかった。

表2 泡盛麴の糖化におけるpHの影響

	加水量 (ml)	設定 pH	pH 実測値	加水後の 容量 (ml)	汲水 歩合 (%)	1日後	最終(9日後)				
						Bx	pH	Bx	直糖 (%)	糖化液 容量 (ml)	糖化率 (%)
1	100	3.0	3.00	134	250	16.8	3.05	18.0	13.6	120	60.2
2		3.5	3.49			19.6	3.63	23.0	20.7	120	91.6
3		4.0	3.78			19.4	3.87	23.0	20.6	120	91.1
4	150	3.0	3.00	184	375	13.0	3.08	14.2	11.4	165	69.3
5		3.5	3.50			14.0	3.68	17.0	15.1	170	94.6
6		4.0	3.80			14.0	3.92	17.0	15.6	168	96.6
7	200	3.0	3.00	234	500	10.2	3.10	11.0	9.8	215	77.7
8		3.5	3.50			10.8	3.73	13.0	11.4	225	94.5
9		4.0	3.81			11.0	3.95	13.6	12.0	220	97.3

* 麹量 : 40 g

** 糖化温度 : 55°C

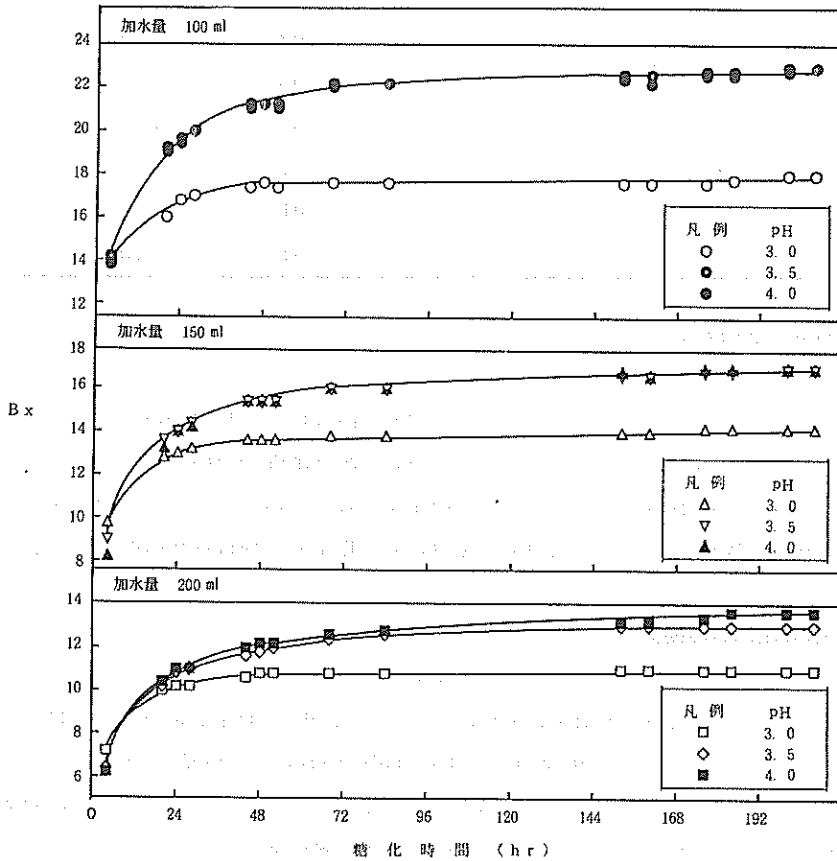


図1 泡盛麴の糖化におけるpHの影響

岩野ら⁷⁾は各種麴の種酵素最適pHについて検討し、泡盛麴の酵素の最適pHは α -アミラーゼpH 5.0前後、グルコアミラーゼpH 3~4および生デンプン分解力pH 5.0と報告している。今回の実験ではpH4以上の検討を行っていないが、このことは発酵過程における腐造防止および作業効率等も含めて検討する必要があると考えられる。

3.1.3 加水量と糖化率の検討

麴量と加水量（汲水歩合）を変えて糖化率を検討した結果を表3に示した。高濃度糖化、高糖化率は本研究の重要な課題であるが、糖化液の直糖値から算出した糖化率は汲水歩合による影響は認められなかった。

表3 糖化における加水量の検討

	麴量 (g)	加水量 (ml)	加水後の 容量 (ml)	汲水 歩合 (%)	糖化*直後		湯煎**後					
					pH	Bx	pH	Bx	酸度 (ml)	直糖 (%)	糖化液 容量 (ml)	糖化率 (%)
1	80	200	268	250	4.05	19.6	4.23	20.0	7.5	18.5	266	90.7
2	80	300	368	375	4.12	14.4	4.25	14.8	5.6	13.7	359	90.6
3	80	400	468	500	4.14	11.4	4.27	11.6	5.5	10.7	455	89.7
4	40	250	284	625	4.18	9.4	4.31	9.4	3.5	8.6	279	88.4
5	100	200	284	200	4.06	22.4	4.20	22.6	9.4	21.5	277	87.8
6	120	200	302	167	4.02	25.0	4.22	25.4	10.8	24.0	295	87.0
7	140	200	320	143	4.00	27.4	4.17	28.0	12.1	26.5	314	87.6
8	60	150	200	250	4.10	19.4	4.22	19.6	7.9	18.6	194	88.7
9	70	140	200	200	4.06	22.8	4.20	23.0	9.5	21.7	195	89.1
10	80	130	200	163	4.02	26.0	4.18	26.4	10.9	24.9	191	87.6

* 糖化温度及び時間：55℃、24時間

**湯煎温度及び時間：100℃、1時間

最高濃度値は、試験区7のBx 28、直糖 26.4%であった。秋田ら²⁾は白米と米麴による糖化において水の使用量を少なくした場合、その固液分離のとき高濃度の糖化液が粕中に残留するが粕を洗浄することで糖分を回収できると報告している。高濃度糖化における原料利用率の向上についてはさらに検討を進めたい。

3.1.4 泡盛麴の糖化時間

泡盛麴の糖化におけるBxの経時変化を図2に示した。

糖化10時間までの増加は大きいですが以後非常に緩慢な増加を示す。高濃度、高糖化率とともに、糖化時間の短縮も重要な課題であり、今後検討したい。

3.2 糖化後発酵泡盛の試験醸造

3.2.1 発酵経過

糖化後発酵I、IIの発酵原液（糖化液）とアルコール発酵後の熟成もろみおよび対照として常法

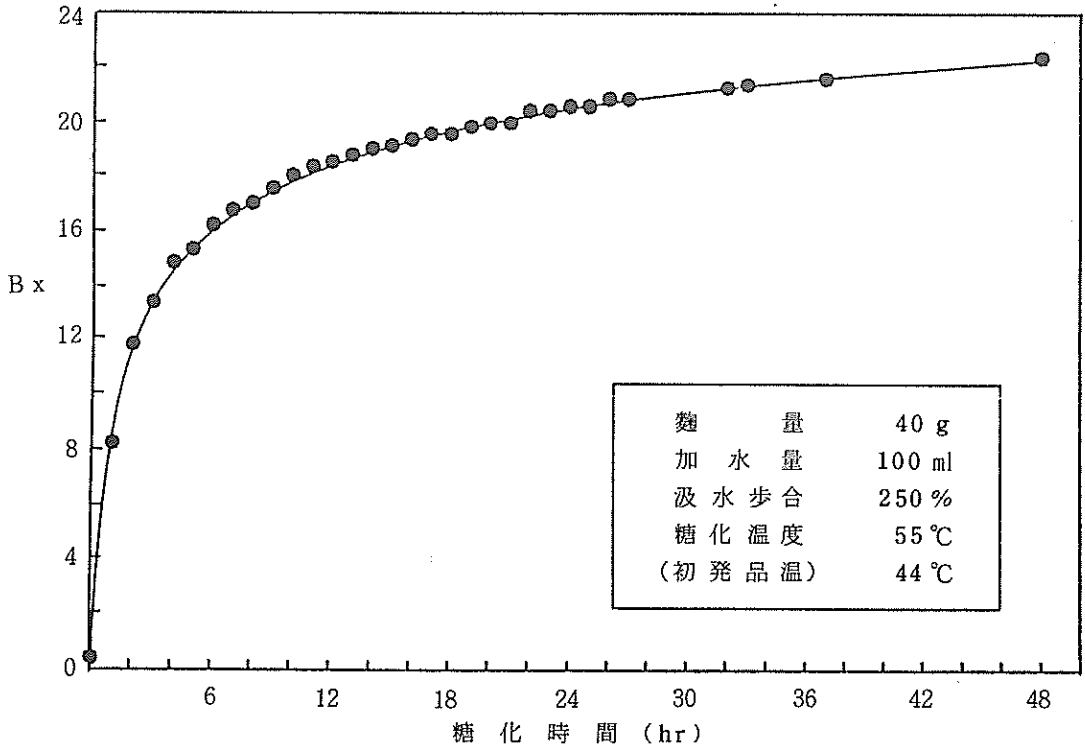


図2 泡盛麴の糖化における経時変化

により醸造した泡盛もろみの発酵過程におけるCO₂生成量を図3に、熟成もろみの分析結果を表4に示した。

発酵後のアルコール分および直糖の分析値からみて、発酵経過は良好であったことがうかがえる。糖化液の発酵後の酸度はやや大きくなっているが、白米・麴の糖化液の発酵の場合も初発糖濃度が

表4 糖化後発酵泡盛の発酵経過

	発酵原液 (糖化液)					発酵後			
	Bx	直糖 (%)	糖化率* (%)	pH	酸度 (ml)	アルコール分 (%)	直糖 (%)	pH	酸度 (ml)
糖化後発酵 I	22.0	17.9	67.6	3.99	7.3	11.5	0.18	3.79	8.9
	21.8	18.1	70.1	3.93	7.4	11.6	0.17	3.85	8.6
糖化後発酵 II	18.0	14.8	78.6	3.95	5.7	9.2	0.13	3.78	7.4
	18.0	14.4	74.2	4.00	5.7	9.2	0.12	3.78	7.3
常法泡盛 (対照)	—————					18.5	0.18	3.99	11.7

*固形分を除く

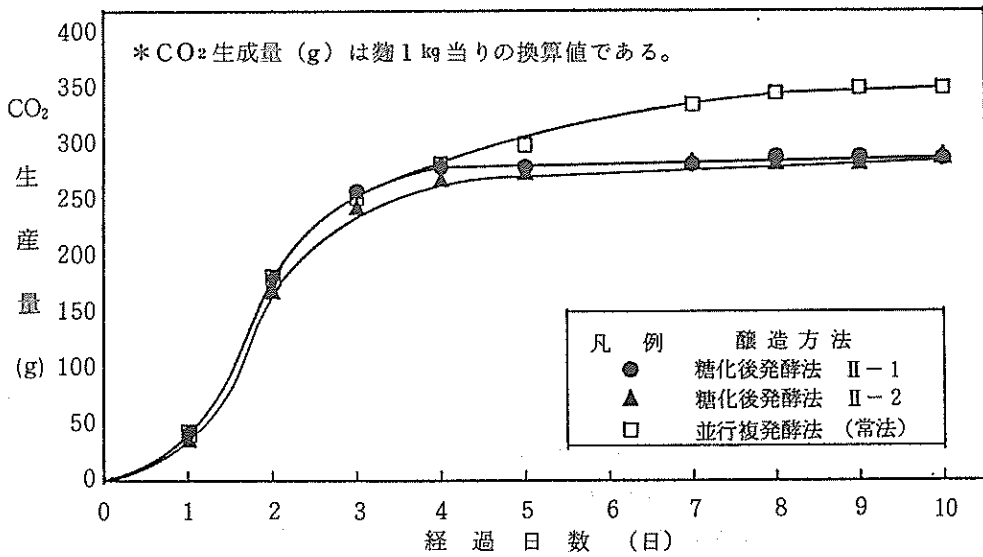


図3 糖化後発酵におけるCO₂生成の経日変化

高い場合は大きくなると報告されている⁸⁾。なお、発酵原液の糖化率は、固形分からの回収を行っていないので糖化後発酵 I で 67.6 ~ 70.1 %、糖化後発酵 II で 78.6 ~ 74.2 % で低い値となった。

常法の泡盛醸造経過も分析結果の示すとおり良好であった。

3.2.2 蒸留結果と製成酒の酒質

表5に試験糖化後発酵泡盛と対照の常法泡盛の製成量と分析結果を示した。

糖化後発酵泡盛の酸度が1.60、1.97で常法泡盛の0.86より大きい。このことは、先にも述べたように初発糖濃度が高いことで、酢酸を主とする揮発性酸の生成が多かったものと推察される。

OD²⁷⁵は、焼酎において波長275 nm付近の紫外線を吸収する成分としてフルフラールなどがあり、これらの成分は蒸留過程において加熱により副生する成分であり、白ぬか、麦製焼酎および泡盛に多いと報告されている⁸⁾。泡盛のOD はこれまでの測定例では、0.785 (n=15)⁸⁾であり、本試験醸造の常法の泡盛は、0.270でこれよりかなり小さく、糖化後発酵泡盛は、1.510と1.090

表5 試験泡盛の製成量と分析結果

	泡盛製成量 (44%)	蒸留歩合	酸度	pH	OD ²⁷⁵
糖化後発酵 I	2,550 ml	98.1%	1.60 ml	4.82	1.510
糖化後発酵 II	1,992	94.0	1.97	4.53	1.090
常法泡盛 (対照)	1,963	98.3	0.86	4.78	0.270

で、これは白ぬか焼酎1.014 ($n=6$)⁸⁾に近い値となっている。

製成酒の酒質を評価検討する成分分析については、今回十分に実施できなかった。官能評価についても酒質安定の期間が短く検討できなかった。糖化後発酵泡盛は、蒸留直下では、特異の糖化もろみ臭があるが、独特の甘香があり、これまでの泡盛の香味とかなり異なった酒質をもっており、酒質の安定をみてこれら諸試験を実施する計画である。

4. 結果の要約

従来の並行複発酵にかわり、糖化とアルコール発酵を分離した糖化後発酵による泡盛の醸造を試みるにあたり、泡盛麴の糖化条件の検討および糖化後発酵泡盛の試験醸造を行い、次の結果を得た。

- 1) 泡盛麴の最適糖化温度は55℃であった。
- 2) 泡盛麴の糖化におけるpH条件は、pH 3.5および4.0の試験区が良好であった。
- 3) 麴量と加水量の検討で最高糖濃度Bx 28、直糖26.4%が得られたが、さらに糖化時間の短縮および原料利用率向上の検討が必要である。
- 4) 糖化後発酵泡盛の試験醸造の結果については、対照の常法の泡盛と比べ、酸度が高く、OD²⁷⁵値の高い泡盛が得られた。香味は、独特の甘香があり、常法の泡盛とかなり異なった香味を有するが、酒質の安定期間をにおいて、さらに検討が必要である。

本研究は、受託研究で、「泡盛原料米利用技術高度化研究開発事業」(沖縄県産業開発基金・地域基盤技術研究開発事業)中の平成元年度分担研究課題として実施したものである。

5. 文 献

- 1) 今安聡, 川戸章嗣, 安岡章夫, 大石薫, 杉並孝二: 日本農芸化学会大会要旨集, 439 (1982)
- 2) 秋田修, 大場俊輝, 中村欽一: 醸協, 81, 396 (1986)
- 3) 仲田富士男, 浜地正昭, 本馬健光: 醸工, 65, 179 (1985)
- 4) 佐藤和夫, 宇都宮仁, 近藤恭一, 三島秀夫, 竹村成三, 吉澤淑: 醸工, 68, 25 (1990)
- 5) 沖縄県工業試験場: 沖縄県技術情報, 8, 4 (1980)
- 6) 日本醸造協会編: 国税庁所定分析法注解, (昭和62年)
- 7) 岩野君夫, 三上重明, 福地清治, 椎木敏, 島田豊: 醸協, 81, 490 (1986)
- 8) 秋田修, 大場俊輝, 中村欽一: 醸協, 81, 402 (1986)
- 9) 西谷尚道他: 醸造試験所報告, 157, 21 (1985)

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。