

固体発酵によるラム酒の試験醸造

食品室 知 花 寛
田 村 博 三
赤 嶺 欣 哉
照 屋 比 呂 子

1. 緒 言

さとうきびは、近年の農産物輸入自由化に関連して厳しい経営環境にある。しかも、製糖副産物の高度利用の遅れもあって、副次的に産出する糖蜜の国内需要が減少し、その有効な利用例も少なく、付加価値は非常に低い現状である。

本研究は、さとうきび総合利用開発研究の分担課題であり、糖蜜高付加価値物質のコンビナート式多目的生産システムに関する研究の一環として、平成2年度から取り組んでおり、前報¹⁾では、液体発酵法によるラム酒製造における発酵原料及び発酵条件の検討及び発酵副材料の検討結果について報告した。ところで、焼酎や蒸留酒の製造に固体発酵法の応用例が報告^{2)~7)}され、従来と異なる品質のものが期待できることや蒸留廃液の処理コストの低減化あるいは蒸留粕の飼料や肥料としての有効利用の可能性について述べられている。平成3年度は、その利点をラム酒の製造に応用するためバガス利用による固体発酵法の検討、蒸留方法の違いがラム酒の品質に及ぼす影響及び発酵蒸留粕の飼料化の可能性についても検討したので報告する。

2. 実験方法

2. 1 実験材料

1) 使用原料

第一製糖株式会社の平成元/2年度産の廃糖蜜 (Bx80°、全糖50%) 及び試験規模で精製した脱塩精製蜜 (約Bx75°) を発酵原料として用いた。

2) 供試酵母

沖縄県工業試験場保存菌株7087株 (泡盛酵母)、7065株 (同)、7012株 (同) 及び5005株 (ワイン酵母) を実験に供した。

3) 発酵副材料

栗国製糖株式会社で採取した黒糖製造工程中の浮さい「さとうきびスカム」 (pH5.0、Bx24°、全糖21.4%、直糖1.7%) を用いた。

4) 固体発酵用固形分 (バガス)

バガス (さとうきび圧搾残渣) は、第一製糖株式会社の平成元/2年度産を用いた。

2. 2 バガス—糖蜜固体発酵法における発酵条件の検討

1) 液体発酵による供試酵母及び発酵温度の検討

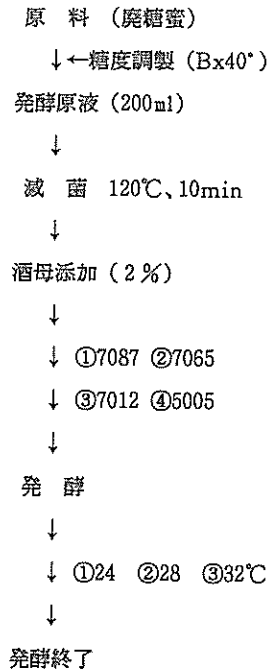
固体発酵の初期条件設定の参考とするため、液体発酵法により供試酵母及び発酵温度の検討を行った。原料として廃糖蜜を用い、糖度をBx40°に調製、滅菌処理 (120°C、10分) を施し、7087、7065、7012及び5005株の4種類の酵母を原料の2%量添加して発酵を行った。同時に、発酵温度を24、28

及び32℃の3条件に設定、発酵温度の検討も行った。なお、仕込量は200ml規模とした。(実験1)

2) バガス添加量及び初発糖濃度の検討

原料は廃糖蜜を用い、糖度をBx20°、30°、35°、40°及び50°に調製し、滅菌処理(120℃、10分)を施した後、発酵原液の2%量の酒母(5005株)を添加し、バガス-糖蜜量比(以下固液比という)が1:3、1:4、1:5、1:6、1:7及び1:8になるように設定した。発酵は28℃で行った。(実験2)

液体発酵法(実験1)



固体発酵法(実験2)

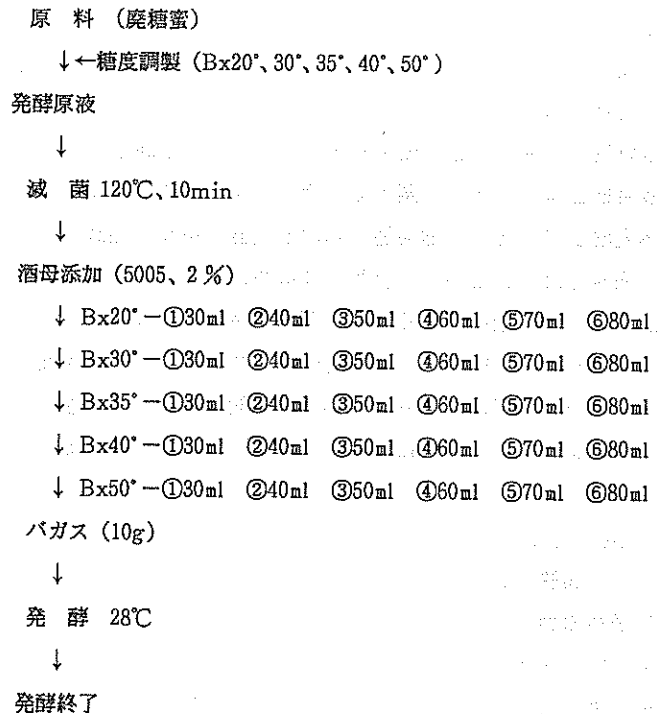


図1 液体発酵法及び固体発酵法のフローシート(一例)

3) 供試酵母及びバガス添加量の検討

原料は廃糖蜜を用いた。実験2の結果を踏まえて、糖度をBx40°に調製し、滅菌後、実験1で選択した2種類の酵母7065株及び5005株を添加、固液比を1:5、1:6、1:7の3条件で設定した。発酵は、28℃で行い、バガス量は20gとした。(実験3)

4) 供試酵母及び初発糖濃度の検討

原料は精製糖蜜を用い、糖度をBx30°、40°及び50°に調製滅菌後、2種類の酵母7065株及び5005株を添加、28℃で発酵を行った。固液比は1:6に設定、バガス量は30gとした。(実験4)

5) 発酵副材料の検討

発酵副材料としてさとうきびスクラムを用い、糖度をBx40°に調製した廃糖蜜に、原料量の5及び10%を添加後、滅菌処理(120℃、10分)を施した。酵母は5005株を用い、原料に対し2%量の酒

母を添加し、さとうきびスクラムの発酵に及ぼす影響を検討した。固液比は1:6に、発酵温度は28℃に設定した。(実験5)

2. 3 試験醸造

試験醸造の仕込量は、15ℓ規模で行った。まず、原料の糖濃度を廃糖蜜は、液体発酵ではBx30°に、固体発酵ではBx40°に調製した。精製糖蜜は固体発酵のみを行い、Bx40°に調製した。滅菌処理(120℃, 10分)後、液体発酵(廃糖蜜Bx30°)及び固体発酵(廃糖蜜Bx40°、廃糖蜜Bx40°+さとうきびスクラム及び精製糖蜜Bx40°)の4試験区を設定し、品温28~32℃で発酵を行った。なお、酵母は7065株を用い、原料の2%量の酒母を添加し、固液比は1:6に設定した。

得られたもろみは2回蒸留した。蒸留は、液体発酵及び固体発酵の廃糖蜜Bx40°の試験区については、1, 2回目とも常圧蒸留と1回目は減圧蒸留、2回目は常圧蒸留の2種類の方法で行った。廃糖蜜+スクラム入り試験区については、1, 2回目とも常圧蒸留による方法のみ行った。試験したラム酒の一般成分及び香氣成分(低沸点、中高沸点成分)を測定し、発酵方法及び蒸留方法の違いによる成分評価を行った。

2. 4 固体発酵蒸留粕の成分評価

固体発酵に使用したバガス、発酵後のバガス及び蒸留後のバガス(いわゆる蒸留粕)の成分⁹⁾を測定し、蒸留粕の飼料化の可能性を検討した。

2. 5 分析方法

- 1) アルコール分は、国税庁所定分析法⁹⁾によった。ただし、発酵条件の検討試験においては、グルコースアナライザーのアルコール測定用キットを用いて測定した。
- 2) 直糖(直接還元糖)はSomogyi-Nelson法で測定し、グルコース量に換算して表した。
- 3) 全糖は塩酸による酸加水分解後、直糖と同様に測定した。
- 4) pHはガラス電極pHメータで測定した。
- 5) 製成酒の酸度は1%フェノールフタレイン溶液を指示薬とし、試料10mlを中和するのに要したN/100NaOH溶液の滴定ml数で表した。
- 6) 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%に調製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。
- 7) 試験ラム酒の香氣成分の分析は、試料をアルコール分20%に調製し、ヘッドスペース法によるガスクロマトグラフィー^{10) 11)}により測定した。測定値は、40%アルコール分当りの成分量に換算して表した。なお、ガスクロマトグラフ及びカラムは、島津製作所製HSS-2B、GC14A型(FID)でキャピラリーカラムCBP20-S25-050(25m×0.33mm)を用いた。
- 8) 水分量は、常圧105℃乾燥法によった。
- 9) たんぱく質含量は、ケルダール分解法により三菱化成工業(株)製のデジタルケルダール分析装置等を用いて測定した全窒素に、「窒素-たんぱく質換算係数」⁹⁾(本報では6.25)を乗じて算出した。
- 10) 脂質含量は、エーテル抽出法によった。
- 11) 糖質含量は、たんぱく質、脂質、繊維及び灰分の合計量を差し引く方法によった。
- 12) 繊維は、ヘンネベルグストーマン改良法によった。
- 13) 灰分は、550℃で加熱して有機物及び水分を除去した残分を量った。

14) 無機質は、試料を硝酸及び過塩素酸により分解後、カルシウム及び鉄については原子吸光光度法により、ナトリウム及びカリウムは蛍光光度法により、リンについてはモリブデンブルー吸光光度法により測定した。

2. 6 官能試験

官能試験は、試醸ラム原酒について、パネラーとして研究員4名、5点法（5→1：劣→優）で行った。

3. 結果と考察

3. 1 バガス—糖蜜固体発酵条件の検討

1) 液体発酵による供試酵母及び発酵温度の検討（実験1）

液体発酵による供試酵母及び発酵温度の検討試験の仕込条件を表1に、その発酵経過を図2-1～図2-3に示した。

廃糖蜜を用いた液体発酵では炭酸ガス生成による減量が緩慢なため、発酵終了の時期を推察することは難しいが、図2-1より、今回は9日で発酵終了とした。供試酵母の中で最も発酵経過の良い菌株は、7065株であり、次いで5005株、7087株、7012株の順であった。図2-2及び図2-3より、発酵温度は、32℃が最も良く、28℃、24℃の順であった。しかし、7065株においては、6日以降は32℃と28℃に差がなかった。

表1 仕込条件（供試酵母及び発酵温度の検討）

試験区 No	原料 (設定Bx)	糖蜜量 (ml)	供試酵母	発酵温度 (℃)
1	廃糖蜜 (Bx40°)	200	7087	24
2				28
3				32
4			7065	24
5				28
6				32
7			7012	24
8				28
9				32
10			5005	24
11				28
12				32

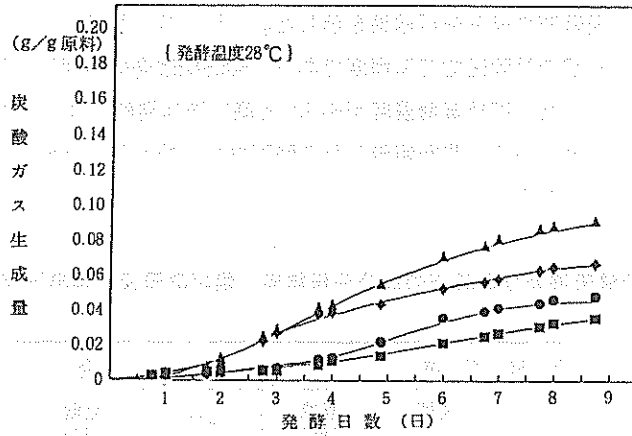


図2-1 供試酵母別発酵経過

●—● 7087、▲—▲ 7065、■—■ 7012、◆—◆ 5005

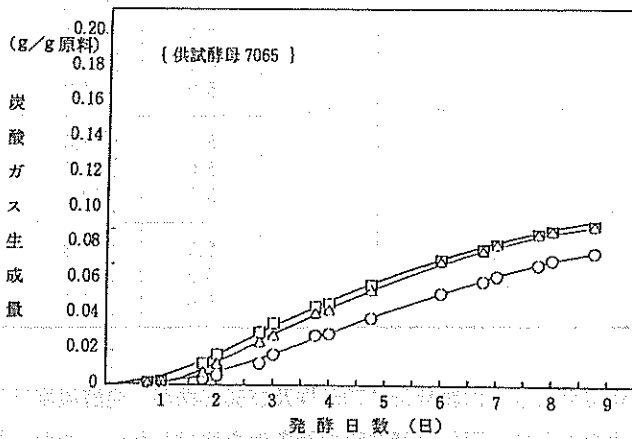


図2-2 発酵温度別発酵経過 I

発酵温度：○—○ 24、△—△ 28、□—□ 32°C

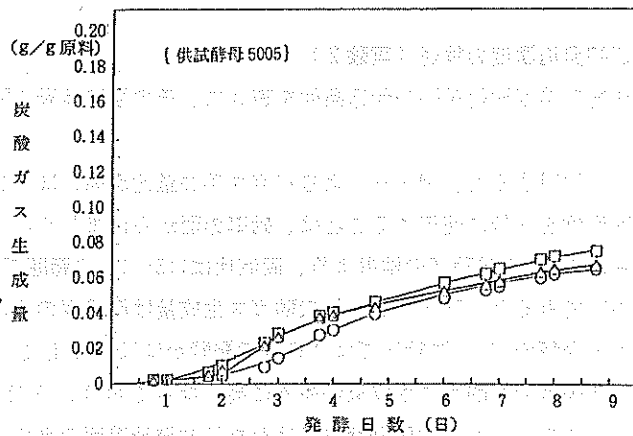


図2-3 発酵温度別発酵経過 II

発酵温度：○—○ 24、△—△ 28、□—□ 32°C

表2に発酵原液及び発酵液の成分分析結果を示した。これより、発酵歩合の最も高いのは、7065株の発酵温度28℃及び32℃の試験区で75%程度であり、5005株は発酵温度28℃及び32℃の試験区で70%程度の発酵歩合であった。廃糖蜜糖濃度がBx40°と高い液体発酵では、発酵経過の一番良好な試験区でも5%程度の残糖があり、前回報告した発酵副材料の検討等、発酵を促進させるための工夫が必要であることがうかがえる。

表2 発酵原液及び発酵液の成分分析結果（供試酵母及び発酵温度の検討）

試験区 No	発 酵 原 液				発 酵 液			
	Bx	pH	全糖 (%)	直糖 (%)	pH	全糖 (%)	アルコール (%)	発酵歩合 (%)
1	40.0	5.0	18.1	5.7	5.0	12.5	3.7	32.4
2					5.0	11.3	3.9	34.0
3					5.0	10.9	4.0	35.1
4					5.0	5.9	8.4	73.5
5					5.0	5.0	8.5	74.6
6					5.0	4.9	8.5	74.6
7					5.0	14.5	1.9	16.8
8					5.0	13.5	2.7	23.8
9					5.0	12.9	3.1	27.0
10					5.0	7.3	7.7	67.6
11					5.0	6.6	7.8	69.2
12					5.0	6.8	7.8	69.2

以上の液体発酵試験結果より、供試酵母は7065株及び5005株が、発酵温度は28~32℃が良いとの判断をした。この条件をもとに、固体発酵試験の諸条件を検討したい。なお、発酵温度については、泡盛や果実酒の発酵において、低温発酵の酒質が良いとの報告があり、ラム酒の醸造においてもできるだけ低い温度に設定した方が良いと思われるので、次回からの実験における発酵温度は28℃で設定した。

2) バガス添加量及び初発糖濃度の検討（実験2）

バガス添加量及び初発糖濃度検討試験の仕込条件を表3に、その発酵経過を図3-1及び図3-2に示した。

まず、固液比について検討すると、図3-1よりバガス添加量比が高いほど炭酸ガス生成量は大きい傾向にあるが、固形物を多量に使用することは、効率の面から好ましくない。そこで、比較的良好な発酵経過であったBx40°の試験区の結果より、固液比は1:5~1:7の範囲で設定することとした。次に、初発糖濃度についてみると、図3-2より炭酸ガス生成量は糖濃度の低い試験区ほど大きく、立ち上がりは速い。固体発酵Bx20°の試験区では2日目で発酵がほぼ終了している。しかし、3日目からは、糖度の高い試験区の炭酸ガス生成量が徐々に高くなっており、5日目ではBx40°の試験区が最も良好であった。このことから固体発酵法ではかなり初発糖濃度を高めに設定できることがわかった。

表3 仕込条件 (バガス添加量及び初発糖濃度の検討)

試験区 Na	設定 Bx	バガス量 (g)	糖蜜量 (ml)	糖蜜量 (g)	固液比 (g:ml)	備 考
1	20	10	30	32.1	1:3	原 料: 廃糖蜜 酵 母: 5005株 発酵温度: 28°C
2			40	42.4	1:4	
3			50	54.2	1:5	
4			60	65.2	1:6	
5			70	75.1	1:7	
6			80	86.7	1:8	
7	30		30	34.0	1:3	
8			40	44.2	1:4	
9			50	56.0	1:5	
10			60	67.2	1:6	
11			70	79.1	1:7	
12			80	90.5	1:8	
13	35		30	33.8	1:3	
14			40	44.7	1:4	
15			50	56.7	1:5	
16			60	68.9	1:6	
17			70	80.0	1:7	
18			80	92.2	1:8	
19	40		30	35.0	1:3	
20			40	46.0	1:4	
21			50	57.7	1:5	
22			60	69.6	1:6	
23			70	81.2	1:7	
24			80	93.8	1:8	
25	50	30	36.5	1:3		
26		40	48.2	1:4		
27		50	60.3	1:5		
28		60	72.7	1:6		
29		70	85.1	1:7		
30		80	96.2	1:8		
液-1	20	-	60	64.6	-	
液-2	30	-	60	67.1	-	
液-3	35	-	60	68.8	-	
液-4	40	-	60	69.7	-	
液-5	50	-	60	72.9	-	

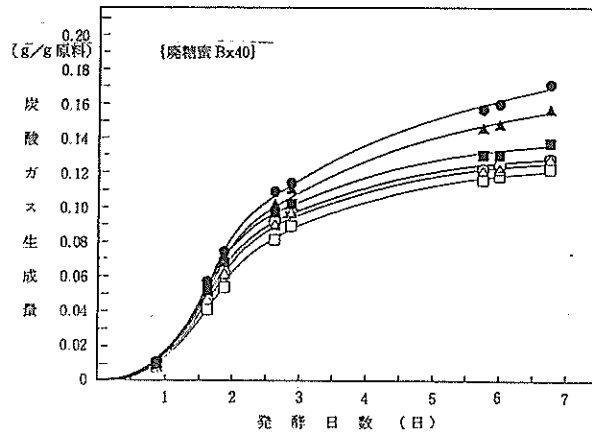


図3-1 固液比別発酵経過

固液比: ●-● 1:3、▲-▲ 1:4、■-■ 1:5
○-○ 1:6、△-△ 1:7、□-□ 1:8

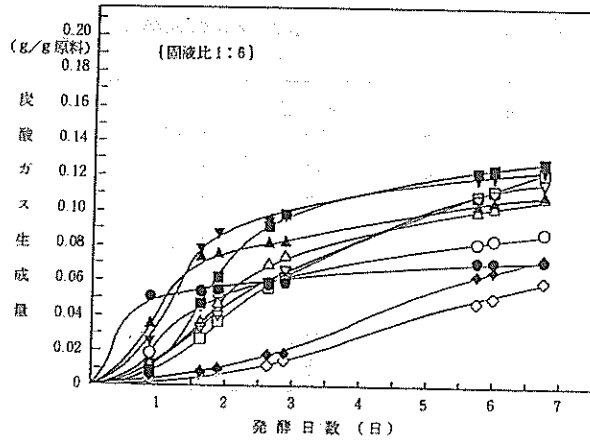


図3-2 初発糖濃度別発酵経過

固体発酵: ●-● Bx20, ▲-▲ Bx30, ▼-▼ Bx35, ■-■ Bx40, ◆-◆ Bx50
 液体発酵: ○-○ Bx20, △-△ Bx30, ▽-▽ Bx35, □-□ Bx40, ◇-◇ Bx50

3) 供試酵母及びバガス添加量の検討 (実験3)

廃糖蜜を原料として、実験1及び実験2の結果を踏まえ、供試酵母及びバガス添加量の検討試験を行った。その仕込条件を表4に、その発酵経過を図4に示した。また、発酵液の成分分析結果を表5に示した。

表4 仕込条件 (供試酵母及びバガス添加量の検討)

試験区 No.	供試酵母	バガス量 (g)	糖蜜量 (ml)	固液比 (g:ml)	備 考
1	7065	20	100	1:5	原料: 廃糖蜜 発酵温度: 28°C *試験区 No.4, No.8 は液体発酵
2			120	1:6	
3			140	1:7	
4			—	—	
5	5005	20	100	1:5	
6			120	1:6	
7			140	1:7	
8			—	—	

まず、固体発酵法と液体発酵法の発酵経過を比較すると、図4から液体発酵法では発酵終了に6日以上要しているのに比べ、固体発酵法では3~4日で終了となっており、かなり効率の良い発酵法と言える。発酵歩合についても固体発酵の試験区で80%以上の結果が得られ、液体発酵の試験区より10%以上も発酵歩合が増加した。次に、供試酵母7065株と5005株について比較すると、ほぼ同様な発酵経過を示して良好であり、発酵歩合についてもほぼ同じ結果が得られた。また、固液比について検討すると、1:5~1:7とも良好な発酵経過であるが、バガス量比が高いほど発酵歩合が良

くなる傾向がうかがえる。固液比については、仕込量の効率等の問題を考慮にいれなければならないが、今回の結果からは、1:6程度に設定して試験醸造を行うこととした。

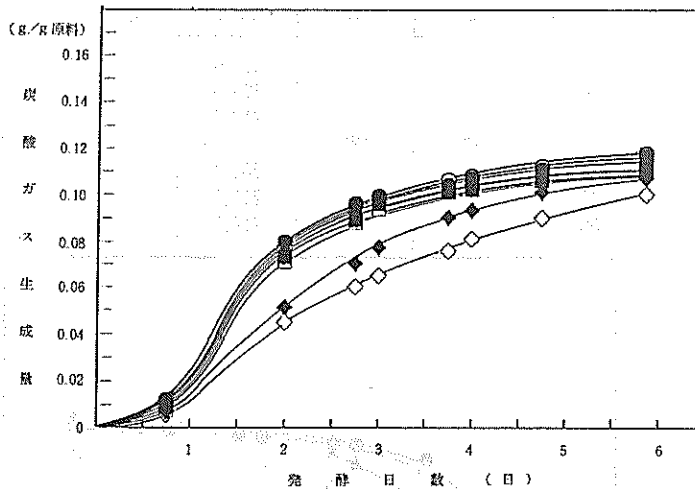


図4 供試酵母の種類別及び固液比別発酵経過

7065: ●-● 1:5、▲-▲ 1:6、■-■ 1:7、◆-◆ 液体発酵
 5005: ○-○ 1:5、△-△ 1:6、□-□ 1:7、◇-◇ 液体発酵

表5 発酵原液及び発酵液の成分分析結果（供試酵母及びバガス添加量の検討）

試験区 No	発酵原液				発酵液			
	Bx	pH	全糖 (%)	直糖 (%)	pH	全糖 (%)	アルコール (%)	発酵歩合 (%)
1	40.0	5.0	21.8	6.0	—	1.4	11.7	86.8
2					—	1.6	11.4	84.5
3					—	1.9	11.2	82.7
4					5.0	4.7	9.9	74.3
5					—	1.7	11.4	84.5
6					—	2.0	11.0	82.3
7					—	2.3	10.8	80.1
8					5.0	4.9	9.7	72.8

4) 供試酵母及び初発糖濃度の検討（実験4）

精製糖蜜を原料として、供試酵母及び初発糖濃度の検討試験を行った。その仕込条件を表6に、その発酵経過を図5に示した。また、発酵液の成分分析結果を表7に示した。

表6 仕込条件 (供試酵母及び初発糖濃度の検討)

試験区 No	供試酵母	設定 Bx	バガス量 (g)	糖蜜量 (ml)	糖蜜量 (g)	固液比 (g:ml)	備 考
1	7065	30	30	180	201.6	1:6	原料: 精製糖蜜 発酵温度: 28°C
2		40			209.6		
3		50			218.7		
4	5005	30			201.1		
5		40			210.5		
6		50			216.7		

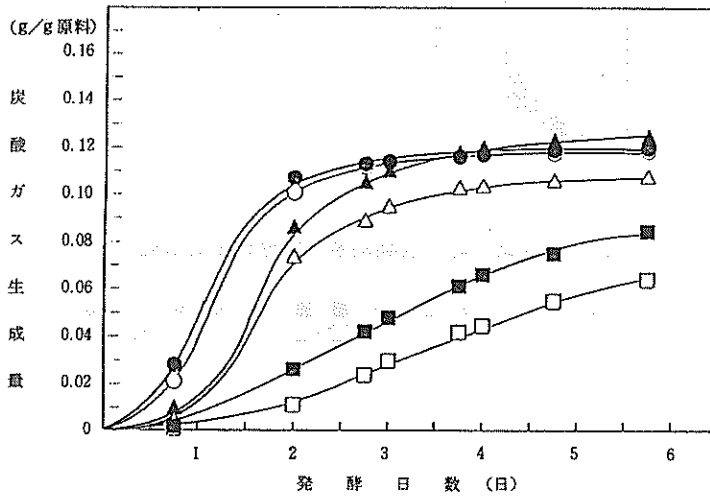


図5 酵母の種類別及び初発糖濃度別発酵経過

7065: ●-● Bx30、▲-▲ Bx40、■-■ Bx50
5005: ○-○ Bx30、△-△ Bx40、□-□ Bx50

表7 発酵原液及び発酵液の成分分析結果
(供試酵母及び初発糖濃度の検討)

試験区 No	発 酵 原 液				発 酵 液		
	Bx	pH	全糖 (%)	直糖 (%)	全糖 (%)	アルコール (%)	発酵歩合 (%)
1	30.0	7.4	22.2	3.0	0.2	13.1	93.4
2	40.0	7.3	29.6	4.0	0.8	17.3	92.9
3	49.8	7.3	36.9	4.9	4.5	16.3	70.4
4	30.0	7.4	22.2	3.0	0.2	13.1	93.4
5	40.0	7.3	29.6	4.0	1.3	16.5	88.8
6	49.8	7.3	36.9	4.9	6.2	15.4	66.3

精製糖蜜を原料とした場合の供試酵母7065株と5005株について比較すると、図5から7065株の発酵経過が特に良好で、単位原料重当りの炭酸ガス生成量が4日目にはBx40°とBx30°の試験区とで

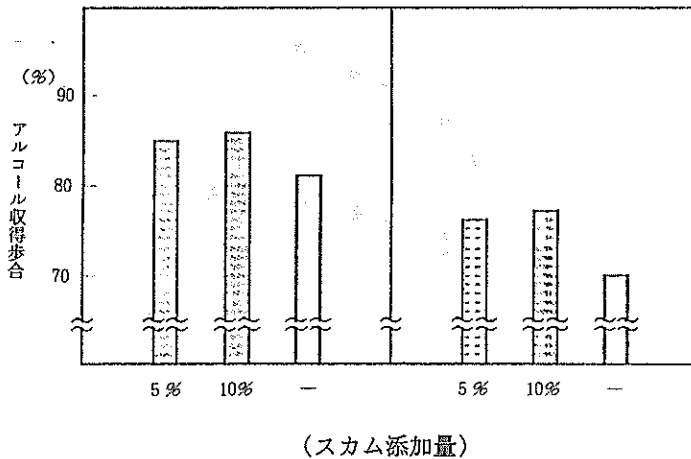
同程度になった。発酵歩合についても7065株は、Bx30°とBx40°の試験区で90%以上の良好な結果が得られた。次に、初発糖濃度についてみると、炭酸ガス生成量はBx50°の試験区では、発酵経過が悪く、発酵歩合も低いが、Bx40°の糖濃度の試験区での発酵が良好であった。これらのことより、固体発酵法では精製糖蜜を原料とした場合でも初発糖濃度をBx40°と廃糖蜜の場合と同様にかなり高めに設定できる。

5) 発酵副材料の検討 (実験5)

発酵副材料としてさとうきびスカムを用い、糖蜜の発酵に及ぼす影響を検討した。その仕込条件を表8に示し、発酵副材料添加によるアルコール取得歩合の変化を図6に示した。

表8 仕込条件 (発酵副材料の検討)

試験区 No.	設定 Bx	バガス量 (g)	糖蜜量 (ml)	スカム量 (%)	備 考
1 2 3	40	20	120	5	原料：廃糖蜜 酵母：5005株 発酵温度：28℃
10					
—					
4 5 6		—		5	
10					
—					



← 固体発酵 → ← 液体発酵 →
 図6 発酵副材料添加によるアルコール取得歩合の変化

さとうきびスカムを発酵副材料として添加することによりアルコール取得歩合は増加するが、その増加量は、廃糖蜜を原料とした液体発酵においては6~7%程度であり、固体発酵においてはわずか4~5%の増加であった。これは、固体発酵そのものが液体発酵よりアルコール取得歩合 (= 発酵歩合) が10%程度増加しているため、スカム添加による効果は小さくなっている。しかしながら、仕込効率の面から考えると、固形物 (バガス) 添加量を減らす必要があり、スカム添加併用も

ひとつの手段として期待できる。また、スカム添加量については、今回実施した発酵条件においては、5%と10%添加した試験区の収得歩合にほとんど変化がなく、5%の添加量で充分であるとの結果が得られた。

3. 2 試験醸造

実験1～実験5までの小仕込み試験結果をもとに、15ℓ規模の試験醸造を行なった。その仕込条件を表9に、その発酵経過を図7に示した。

表9 仕込条件（試験醸造）

試験区 No.	原料の種類	設定 Bx	スカム (%)	バガス量 (kg)	糖蜜量 (L)	固液比 (kg:L)	備考	
1 2	廃糖蜜	40	—	—	15	1:6	酵母: 7065株 発酵温度: 28°C	
3 4		30				—		—
5		40				5		2.5
6	精製糖蜜							

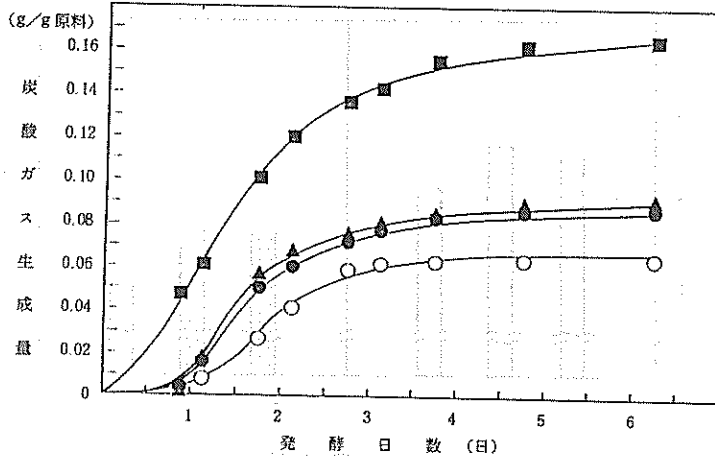


図7 発酵方法及び発酵原料別発酵経過

固体発酵: ●—● 廃糖蜜、▲—▲ 廃糖蜜+スカム、■—■ 精製糖蜜
液体発酵: ○—○ 廃糖蜜

図7をみると、精製糖蜜を原料とした固体発酵の試験区の発酵経過がかなり良好であった。廃糖蜜を用いた試験区で発酵方法の違いによる発酵経過を検討すると、固体発酵の試験区が、初発糖濃度Bx40°と高いにもかかわらず初発糖濃度をBx30°と低めに設定した液体発酵の試験区と同様に4～5日で発酵終了という良い結果が得られた。スカム添加による効果は、全般的に発酵経過が良

かったため、今回の発酵試験ではあまりみられなかった。なお、固体発酵においては、品温の上昇が激しく、温度管理のため1日2回の攪拌を要した。固体発酵法を用いた醸造の際、その品温管理をスムーズにするため発酵装置等の改良の検討が必要である。

次に、発酵方法及び蒸留方法の酒質に及ぼす影響を検討するため、試験区No.1～5のもろみについて図8に示すもろみ容量50ℓの減圧・常圧兼用型単式酒精蒸留装置を用いて、2回目は容量5ℓの小容量の蒸留装置により2回蒸留してラム酒を製成した。その蒸留方法及び蒸留条件を表10に示した。

また、その蒸留経過を表11に、試醸ラム酒の一般成分分析結果を表12に、その香気成分の分析結果及びそのガスクロマトグラムを表13及び図9に示した。

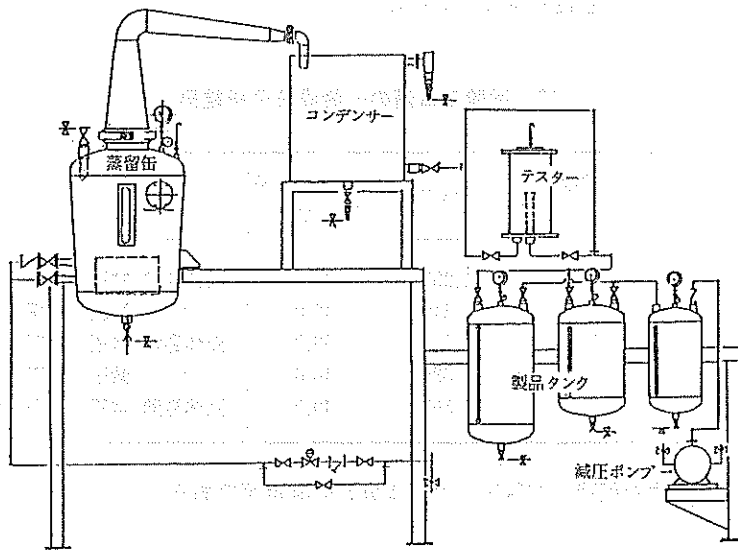


図8 減圧・常圧兼用型単式酒精蒸留装置のフロー図

表10 ラム酒の蒸留方法及び蒸留条件

試験区 No. 発酵方法及び原料	蒸留 1 回目			蒸留 2 回目	
	蒸留方法	蒸留缶内圧力	蒸留温度(℃)	蒸留方法	蒸留温度(℃)
1 固体発酵、麴糖蜜	常圧	760mmHg	87～96	常圧	87～96
	減圧	140mmHg	42～60		
3 液体発酵、麴糖蜜	常圧	760mmHg	87～96		
	減圧	140mmHg	42～60		
5 固体、麴糖蜜スカム入	常圧	760mmHg	87～96		

表11 ラム酒の蒸留経過

試験区 No	蒸留 1 回目				蒸留 2 回目				製成歩合 (%)
	蒸留 方法	アルコール (%)	量 (ml)	純アルコール換算 (ml)	蒸留 方法	アルコール (%)	量 (ml)	純アルコール換算 (ml)	
1	常圧	30.3	4,010	1,215	常圧	40.0	2,960	1,184	70.9
2	減圧	25.1	4,560	1,145	常圧	40.0	2,770	1,108	66.3
3	常圧	26.3	3,930	1,034	常圧	39.3	2,590	1,016	75.1
4	減圧	25.0	4,200	1,050	常圧	40.0	2,580	1,032	76.3
5	常圧	33.3	3,660	1,219	常圧	40.0	2,970	1,168	69.9

*蒸留 1 回目は、アルコール分15%でカットした。

表12 試験ラム酒の一般成分分析結果

試験ラム No	pH	酸度 (ml)	OD ²⁷⁵	アルコール分 (V/V%)	備 考
I	4.33	1.42	1.295	40.0	固体発酵 常圧→常圧
II	4.43	0.83	0.340	40.0	" 減圧→常圧
III	4.49	0.66	0.788	39.3	液体発酵 常圧→常圧
IV	4.21	0.95	0.334	40.0	" 減圧→常圧
V	4.45	0.71	1.567	40.0	固体発酵 常圧→常圧(スカム入)

*OD²⁷⁵ は、製成ラム酒希釈液 (20%アルコール分) の測定値である。

麴糖蜜を原料とした試験ラム酒の製成歩合は、固体発酵で約70%、液体発酵で約75%といずれも低調であった。固体発酵試験の結果が液体発酵試験の結果より悪いのは、初発糖濃度が固体発酵の方がBx40°と液体発酵のBx30°より高く、発酵条件が悪いためであろう。また、蒸留方法の違いによる製成歩合の差はみられなかった。今回の試験において、精製糖蜜を原料とした試験区の製成歩合が得られていないが、図7に示す発酵経過から推察するとかなり高めの発酵歩合及び製成歩合となったと思われる。

試験ラム酒の一般成分を蒸留方法の違いで検討すると、pH及び酸度に有意差はなく、紫外部吸光度OD²⁷⁵は常圧蒸留のみの試験ラム酒の方が著しく高い。これは、もろみの加熱により二次的に生成される成分であるフルフラール等が減圧蒸留による方法では生成されにくいとの報告¹³⁾があり、フラン環を有する化合物に起因すると考えられている波長275nm付近の吸収が減圧蒸留の試験ラム酒で小さいのはそれ等の含量が少ないためと考えられる。

香氣成分についてみると、酢酸エチル、n-プロピルアルコール、i-ブチルアルコール、i-アミルアルコールなどの低沸点成分には蒸留方法の違いによる差はあまりなかった。カプリル酸エチル、カプリン酸エチル、ラウリン酸エチル、パルミチン酸エチル、ステアリン酸エチル、オレイン酸エチル等の中高沸点成分含有量には差がみられ、常圧蒸留のみの試験ラム酒の方が高かった。

また、発酵方法の違いによる香り成分については、固体発酵の酢酸エチル含有量が液体発酵の試験ラムより、かなり高かった。

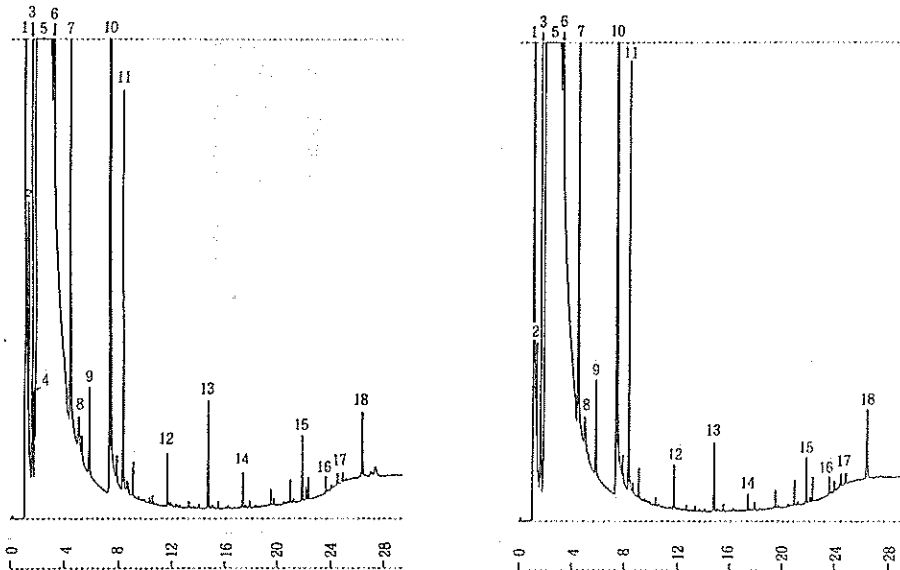
表13 試験ラム酒の香り成分分析結果

単位：mg/ℓ

項目 ラムNo.	酢酸 メチル	酢酸 エチル	プロピオン 酸メチル	n-プロピル アルコール	i-ブチル アルコール	酢酸 イソアミル	n-ブチル アルコール
ラムⅠ	41	101	6.0	710	195	3.3	44
ラムⅡ	19	93	4.6	746	220	3.0	46
ラムⅢ	31	69	0.0	616	246	2.1	24
ラムⅣ	8	71	0.0	554	240	1.8	22
ラムⅤ	54	142	14.1	800	226	4.8	42

項目 ラムNo.	i-アミル アルコール	カプリル酸 エチル	カプリン酸 エチル	ラウリン酸 エチル	パルミチン酸 エチル	ステアリン酸 エチル	オレイン酸 エチル	リノール酸 エチル
ラムⅠ	1,050	3.5	9	11	43	20	30	55
ラムⅡ	1,140	2.8	6	5	29	10	25	150
ラムⅢ	1,010	3.6	21	24	24	7	23	165
ラムⅣ	940	2.9	16	16	9	4	12	149
ラムⅤ	1,270	4.0	12	16	50	16	59	144

*アルコール分40%の試験ラム酒中の含有量

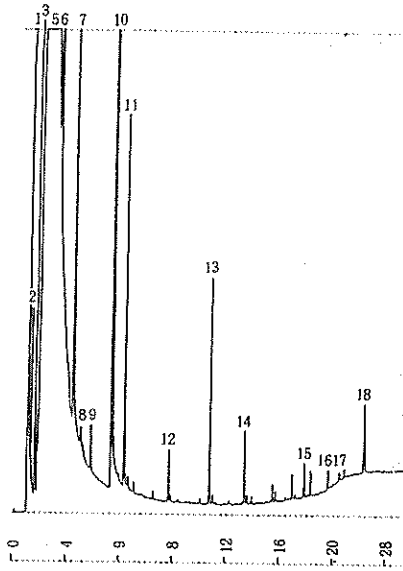


ラムⅠ（固体発酵、常圧→常圧蒸溜）

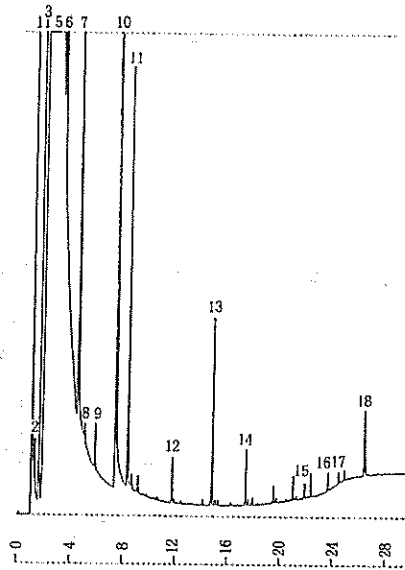
ラムⅡ（固体発酵、減圧→常圧蒸溜）

1. アセトアルデヒド 2. 酢酸メチル 3. 酢酸エチル 4. プロピオン酸メチル 5. エチルアルコール
 6. n-プロピルアルコール 7. i-ブチルアルコール 8. 酢酸イソアミル 9. n-ブチルアルコール
 10. i-アミルアルコール 11. n-アミルアルコール（内部標準） 12. カプリル酸エチル 13. カプリン酸エチル
 14. ラウリン酸エチル 15. パルミチン酸エチル 16. ステアリン酸エチル 17. オレイン酸エチル 18. リノール酸エチル

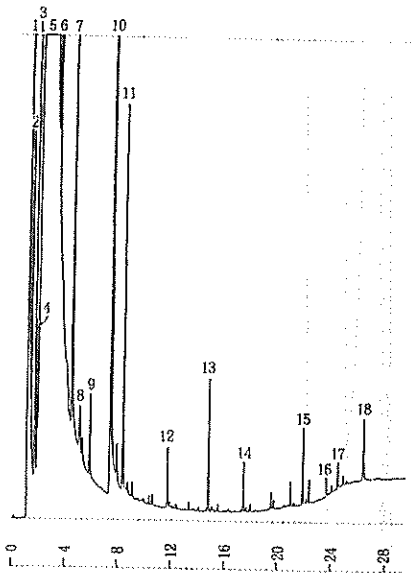
図9 ヘッドスペース分析による試験ラム酒の香り成分のガスクロマトグラム



ラムⅢ (液体発酵、常圧→常圧蒸溜)



ラムⅣ (液体発酵、減圧→常圧蒸溜)



ラムⅤ (固体発酵、常圧→常圧、スカム入)

分析条件		
バイアル温度	140	℃
保温時間	20	分
カラム初期温度	50	℃
初期時間	5	分
昇温速度	10	℃/分
最終温度	245	℃
最終時間	5	分
気化室温度	220	℃
検出器温度	290	℃
使用カラム		
品名	CBP20-S25-050	
極性	強極性	
内径	Semi-Wide Bore (0.33 mm)	
長さ	25 m	
膜厚	0.5 μm	

図9 ヘッドスペース分析による試験ラム酒の香気成分のガスクロマトグラム

3. 3 官能評価

試験ラム酒の官能試験結果を表15に示す。

表15 試験ラム酒の官能試験結果

ラムNo.	香		味		総合 評点	発酵形式及び 蒸留方法等 (1回目→2回目)
	評点	コメント	評点	コメント		
ラムⅠ	4.00	刺激臭	4.00	異味、後味悪	4.00	固体(常圧→常圧)
ラムⅡ	2.50	微かに甘香	3.00	やや良	3.00	〃(減圧→常圧)
ラムⅢ	4.00	刺激臭、異臭	3.75	異味	4.00	液体(常圧→常圧)
ラムⅣ	2.25	甘香(糖蜜香)	2.25	良	2.25	〃(減圧→常圧)
ラムⅤ	5.00	刺激臭、ゴム臭	4.75	異味、後味悪	5.00	固体(常圧→常圧)*スカム入

試験ラム酒の官能試験は、蒸留後1週目に行った。その影響で、刺激臭が強いとの評価が多かったが、甘香のある試験ラム酒もみられた。発酵方法の違いによる評価の差異は現時点ではみられなかった。製品を貯蔵熟成させ、その結果を待ちたい。また、蒸留方法の違いによる評価の差は顕著にあらわれ、減圧蒸留を行った試験ラム酒は甘香を有しており、味とともにその官能評価が良かった。本格焼酎減圧蒸留製品は、一般に油臭の原因となる高沸点の脂肪酸、またはそのエステル等の含有量は著しく小さく、その結果、油臭の強さと相関の高いTBA値も小さくなり、また、原料特有の香味を表す成分のうち、高沸点成分の留出が小さく、香味が軽くなりクセも少ないことが知られている¹⁰⁾。したがって、減圧蒸留を行った試験ラム酒の評価が、蒸留後まもない時点で常圧蒸留のみの試験ラム酒より良いのはそのためであろう。以上のことから、蒸留方法を変えることによりラム酒の成分含有量に変化し、酒質の多様化がはかれることを認めた。

(5) 固体発酵蒸留粕の成分評価

固体発酵に用いたバガスの蒸留残渣(いわゆる蒸留粕)の飼料化の可能性を検討するため成分分析を行った。その結果を表14に示す。

表14 蒸留粕等の成分分析結果

項目	乾燥試料 100g 当り										
	水	たんばく質	脂質	炭水化物		灰分	無機質				
				糖質	繊維		カルシウム	リン	鉄	ナトリウム	カリウム
試料名	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)
バガス	7.7	1.2	0.01	56.8	40.7	1.4	13	2.6	7.1	11	110
蒸留前固形物	64.8	10.5	0.06	54.4	21.9	13.2	400	10.1	28.6	75	2,500
蒸留粕	79.0	5.0	0.03	56.7	32.9	5.3	150	4.3	14.3	52	920

固体発酵に用いたバガスの成分を発酵前と発酵後と比較すると繊維分含量の減少はみられるが、ほとんどの栄養成分が増加している。つまり、たんぱく質含量は乾燥試料100g当り1gが10gへと10倍増加しており、脂質も5倍、灰分10倍、ミネラル分についてもカルシウムが30倍、リン及び鉄が4倍、ナトリウム7倍でカリウムも20倍と増加している。蒸留に際し、多量の水を加え加熱したが、それでもたんぱく質含量が発酵前の5倍あり、その他の栄養分及びミネラル分含量も多い。蒸留方法を検討し、蒸留後の栄養分残存量をさらに高めることは可能であり、栄養成分の面からみると蒸留粕の飼料化の可能性は高いと思われる。

4. 要 約

ラム酒の製造においてバガス利用による固体発酵法初期条件の検討、蒸留方法の違いが製成ラム酒の品質に及ぼす影響及び発酵蒸留粕の飼料化の可能性について検討し、次の結果が得られた。

- 1) 廃糖蜜を原料とした液体発酵試験において、試験に供した酵母のうち、7065株（泡盛酵母）及び5005株（ワイン酵母）の発酵経過が良く、至適発酵温度は28～32℃であった。
- 2) 発酵方法の違いにより発酵経過を比較すると初発糖濃度がBx40°の試験区において、液体発酵では発酵終了に6日以上を要したが、バガスを用いた固体発酵では3～4日の短期間で発酵終了となった。また、固体発酵法では液体発酵法より初発糖濃度を高めに設定できることもわかった。
- 3) バガス量と糖蜜量の比率（固液比）は、バガス量が多いほど発酵歩合が良かった。また、固液比1:6で、廃糖蜜（Bx40°）を原料とした試験区の発酵歩合は80％程度であり、液体発酵では70％程度であったことから、バガス添加により発酵歩合が10％程度増加した。
- 4) 精製糖蜜（Bx40°）を原料とした固体発酵試験において、発酵歩合が90％という良好な結果が得られた。
- 5) 発酵副材料としてさとうきびスカムを添加を検討したところ、廃糖蜜を原料とした液体発酵においては6～7％のアルコール取得歩合の上昇が、固体発酵では4～5％程度の上昇がみられた。固体発酵の際、固形物量を減じる一手段として、スカム添加併用が考えられる。
- 6) 試験規模が15ℓの固体発酵試験においては、品温の上昇が激しかった。温度管理をスムーズにするため発酵装置等の改良が必要であろう。
- 7) 試醸ラム酒の一般成分を蒸留方法の違いで検討すると、pH及び酸度に有意差はなく、紫外部吸光度OD₂₇₅は常圧蒸留のみの試醸ラム酒の方が著しく高かった。また、香氣成分についてみると、酢酸エチル、n-プロピルアルコール、i-ブチルアルコール、i-アミルアルコールなどの低沸点成分には差はあまりなかったが、カプリル酸エチル、カプリン酸エチル、ラウリン酸エチル、パルミチン酸エチル、ステアリン酸エチル、オレイン酸エチル等の中高沸点成分含有量には差がみられ、常圧蒸留のみの試醸ラム酒の方が高かった。
- 8) 蒸留1週間後の試醸ラム酒の官能試験結果においては、発酵方法の違いによる評価の差異はみられなかった。また、蒸留方法の違いでは、減圧蒸留を行った試醸ラム酒の評価が香味ともに常圧蒸留のみの試醸ラム酒より良かった。
- 9) 減圧蒸留を行った試醸ラム酒は、原料特有の甘香を有し、香味の軽いクセも少ない製品ができた。従って、蒸留方法を変えることによりラム酒の成分含有量が変化し、酒質の多様化がはかれることがわかった。

10) 固体発酵に用いたバガスの成分を発酵前後で比較すると、たんぱく質含量が乾燥試料 100 g 当り1 g が10 g へと10倍増加し、脂質も5倍、灰分10倍、ミネラル分についてもカルシウムが30倍、リン及び鉄が4倍、ナトリウム7倍、カリウム20倍と増加していた。蒸留後でもたんぱく質含量が発酵前の5倍と高く、その他の栄養分及びミネラル分含量も多かった。このことより、栄養成分の面からみると蒸留粕の飼料化の可能性は高いと思われる。

5. 参考文献

- 1) 照屋比呂子、佐久川明夫、知花 寛 (平成3) : 地域基盤技術研究開発事業報告書、57、(財)地域産業技術振興協会
- 2) 菅間誠之助、西谷尚道、山口征夫 (1979) : 醸協、74、692、日本醸造学会
- 3) K.Sato, K.Nakamura and S.Sato (1985) : Biotechnology and Bioengineering, Vol.27, 1312
- 4) 佐藤和夫 (1986) : 発酵と工業、Vol.44、4、411
- 5) 佐藤和夫、宮崎伸一、吉沢 淑 (1988) : 醸協、83、559、日本醸造学会
- 6) 佐藤和夫、吉沢 淑、西谷尚道 (1990) : 醸協、85、645、日本醸造学会
- 7) 佐藤和夫、吉沢 淑、西谷尚道 (1990) : 醸協、85、745、日本醸造学会
- 8) 香川 綾監修 (1984) : 四訂食品成分表、女子栄養大学出版部
- 9) 国税庁所定分析法注解 (第三回改正) (昭和62年) : 67、(財)日本醸造協会
- 10) 西谷尚道 (1983) : 醸協、78、275、435、日本醸造学会
- 11) 高峯和則他 (1989) : 醸協、84、560、日本醸造学会
- 12) 永谷正治 (平成3) : 本格焼酎製造技術、192、(財)日本醸造協会

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。