

2 製造工程の改善による焼酎蒸留粕の軽減化（第1報） （通常仕込・全粒無蒸煮仕込への多糖類分解酵素の応用）

食品工業部	樋田宣英	古江国昭
大分大学工学部	森口充瞭	渡辺康治
	椎葉英一	八田幸憲
二階堂酒造(有)	本田益美	
三和酒類(株)	下田雅彦	大森俊郎
八鹿酒造(株)	大塚正	井田哲朗

要旨

焼酎蒸留粕の処理については、各方面でいろいろな処理方法が検討されているが現在のところ決定的な処理方法は確立されていない。一方、産業廃棄物の処理を巡っての状況は、ロンドン条約の批准により海洋投棄が禁止される方向にある。また地球環境の保全の立場からも焼酎蒸留粕の適正処理や有効利用は焼酎製造企業にとって取り組まなければならない緊急かつ共通した課題である。

本県においては、本格焼酎（主に麦焼酎）の課税出荷量は、83641Klで全国1位であり、その品質も県産清酒とともに全国的に高い評価を得ている。一方、蒸留粕は年間40107Kl（平成5酒造年度）発生し、飼肥料34.2%、海洋投棄・その他の処理65.8%の内訳で処理されているのが現況である。

焼酎製造において原料由来の多糖類がアルコール発酵の遅延因子であり、蒸留粕の処理における濃縮乾燥、固液分離等の物理処理に影響し、その改善には、セルラーゼ・ヘミセルラーゼ系酵素が有効であることを一般研究のなかで明らかにしてきた。このような中で熊本国税局、所轄税務署、酒造組合の支援のもとに平成4年より県内焼酎製造企業、大分大学工学部、大分県産業科学技術センター（前工業試験場）の産、学、官で大分県本格焼酎技術開発機構を発足させ全国酒造組合中央会の助成金を上記テーマで受け、麦焼酎蒸留粕の特性を把握し、製造工程の改善を行うことで製品から蒸留粕処理に至るまでの一貫した技術の構築を目的に実用化に向けての中間試験、現場規模での実証試験を大分県産業科学技術センターを核に実施し蒸留粕の適正処理方法（文末にフロー図を示す。）の確立を図ってきた。本報では、通常仕込み・全粒無蒸煮仕込みへの多糖類分解酵素の応用について報告する。

1. 緒言

麦焼酎の原料である大麦中には、細胞壁の構成々分としてヘミセルロースやセルロース、ペクチンなどの多糖類が存在する。大麦中に存在するこれらの多糖類は水中で膨潤し保水力を増す。加熱する工程が加われば更にこの傾向は顕著となる。

麦焼酎の製造において、原料由来のヘミセルロースやセルロース、ペクチンなどの多糖類は、発酵の遅延因子であり、また蒸留粕に粘稠性を付与しその結果、粘度が上昇し粕の濃縮乾燥、固液分離などの物理操作を困難にしている。

安定した発酵と、もろみ及び蒸留粕の固液分離率の向上や粘度低下による蒸留粕の質、量的な軽減化を図る目

的で多糖類分解酵素（セルラーゼ・ヘミセルラーゼ）を利用することは、以上のことから有効な手段と考えられる。

本研究では、大麦中の多糖類の存在についてSEM観察と分別定量を行い、大麦より抽出した多糖類の水中沈定体積を測定することにより多糖類の物理特性を把握した。更にAsp,nig起源のCX-ase活性の強い複合酵素剤及び酸性プロテアーゼを併用し糖化に及ぼす影響を把握し通常仕込への応用や無蒸煮仕込との相乗効果を把握するための試験を随時スケールアップして行い、もろみ及び蒸留粕の性状に及ぼす添加効果を明かにした。

2. 実験方法

(1) 多糖類の定量と組織観察

大麦（あまぎ2条）を粉碎し、国税庁所定分析法、AOAC法に準拠し一般成分、粗繊維、NDF（主にセルロース、ヘミセルロース、リグニン区分）、ADF（セルロース、リグニン区分）を測定した。組織観察は、組織を切断し蒸着処理後SEM観察した。

(2) 水中沈定体積

麦わらよりアルカリ処理法にてヘミセルロース区分を抽出精製後乾燥した試料と市販のキシランを等量混合しその1gを100mlメスシリンダーにとり100mlに定容後、真空脱気し平衡に達した沈降体積を測定した。¹⁾

同様に焼酎製造時の大麦の蒸煮条件で加熱処理した試料についても測定した。

(3) 糖化試験

無蒸煮麦25g、蒸煮麦（大麦25g、2hr吸水、105℃、1hr蒸煮）にエチルアルコール10ml、20%クエン酸4ml、グルコアミラーゼ（2U/g）を基本配合に表-1の酵素活性を有する複合酵素剤（阪急共栄物産 セルロシンAL）を0.05~2.5ml添加後、蒸留水で100gとし30℃恒温器で15日間反応させ経時的にサンプリングを行い、酵素を加熱失活、適時希釈後スルホサリチル酸で除タンパクし0.45μのメンブランフィルターで濾過しHPLC分析により生成糖を測定した。

表-1 セルラーゼ系複合酵素の主要酵素活性

CX-ase	CL-ase	Xylanase
900	520	210 U/g

同時に0.1mlの複合酵素添加区をBLとして酸性プロテアーゼ（200~6000U/g）を添加し同様にプロテアーゼの併用効果を測定した。表-2に配合を示す。

表-2 糖化試験配合

基本配合				
大麦 25g + Ethyl-OH 10ml + 20% Citrate 4ml				
	水	グルコアミラーゼ	複合酵素	酸性プロテアーゼ (ml)
1	84.45	0.5	0.05	
2	85.4	0.5	0.1	
3	85.3	0.5	0.2	
4	84.9	0.5	0.6	
5	85.5	0.5	1.0	
6	83.0	0.5	2.5	
7	85.0	0.5	0	
8	85.3	0.5	0.2	

9	82.9	0.5	0.1	2.5
10	80.4	0.5	0.1	5.0
11	75.4	0.5	0.1	10.0
12	65.4	0.5	0.1	20.0
13	85.5	0.5		

21	85.45	0.5	0.05	
22	85.4	0.5	0.1	
23	85.3	0.5	0.2	
24	85.0	0.5	0.5	
25	84.5	0.5	1.0	
26	83.0	0.5	2.5	
27	85.5	0.5		

28	82.9	0.5	0.1	2.5
29	80.4	0.5	0.1	5.0
30	75.4	0.5	0.1	10.0
31	65.4	0.5	0.1	20.0

酸性プロテアーゼ 2000U/ml
 グルコアミラーゼ 100U/ml
 蒸煮区(1-13)は、2hr水切り 105℃ 1hr蒸煮

(4) 試醸-1

<総麦300gでの小仕込試験>

総麦300g、麴歩合36%、汲水歩合150%で表-3の仕込配合によりメイセル管(硫酸トラップ)を付けた1L三角フラスコに仕込み25℃恒温器で発酵させ経時的にCO₂減量を測定した。固液分離の判定は、100ml比色管に終もろみを取り攪拌放置24hr後の上澄部の容積率を測定した。

尚、麴は酵素活性の安定を図るため1バッチ100Kg~200Kg程度を自動製麴機にて常法により製麴し同一試験同一ロットとし-30℃冷凍保存したものを用時解凍して用いた。製麴のバラツキをみるため国税庁所定分析法によりグルコアミラーゼ活性、α-アミラーゼ活性を測定した。1次もろみは、予めYM培地で前培養した鹿児島酵母を麴96g、水96mlに添加し26℃で7日間経過させた。

酵素剤の酵素力価の表示は、グルコアミラーゼ (PH 4.5 40℃ 30min 10mg Glu=1u)、

酸性プロテアーゼ (PH3.0 30℃ 1min 1 μg Tyr=1u)、C xase (PH4.2 40℃ 1min 1 μmole Glu=1u) とする。

表-3 試醸仕込配合

	蒸 煮 BL	蒸 煮 酵 素	無蒸煮 BL	無蒸煮酵素
1次汲水	96	96	96	96 (ml)
2次汲水	354	354	375	372 (ml)
麴	96 (80)	96 (80)	96 (80)	96 (g) (80)
掛 麦	301 (220)	301 (220)	220	220 (g)
複合酵素		3		3 (ml)

() は原麦換算

(5) 試醸-2

<総麦9.6Kg~13.6Kgでのスケールアップ試験>

試醸-1の結果を参考に図-1に示すフローにより表4~6の仕込配合でスケールアップ試験を実施した。温度経過は、小型データロガにより記録し、終もろみの成分組成は国税庁所定分析法により、糖組成はHPLCにより測定した。粘度はB型粘度計により測定した。測定条件は各結果の下部に示す。攪拌抵抗は、電流値をレコーダーに記録させピーク高さとして相対評価を行った。

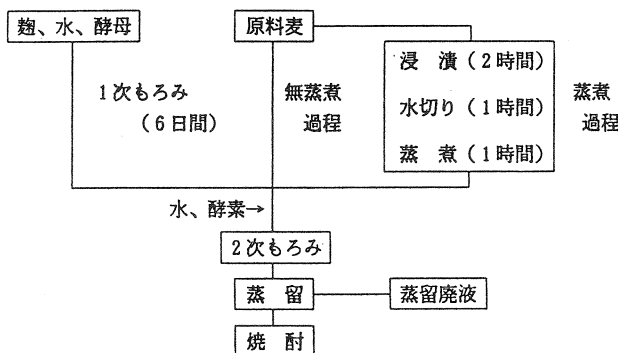


図-1 蒸煮、無蒸煮並行複発酵の焼酎製造過程

表-4 総麦 13.6kg 仕込配合

(試験-I)

	1次もろみ		2次もろみ		
	麴(g)	水(ml)	麦(g)	水(ℓ)	セルラーゼ(ml)
無蒸煮酵素無添加	4363	4363	10	17	-
無蒸煮酵素添加	4363	4363	10	16.9	142
蒸煮酵素無添加	4363	4363	10	15.3	-
蒸煮酵素添加	4363	4363	10	15.2	142

総麦 : 13.6kg
汲水歩合 : 150

表-5 総麦 9.6kg 仕込配合

(試験-II)

	1次もろみ		2次もろみ			
	麴(g)	水(ml)	麦(g)	水(ml)	セルラーゼ(ml)	グルコアミラーゼ(g)
無蒸煮酵素無添加A	3072	3072	7040	13900	100	-
無蒸煮酵素添加B	3072	3072	7040	13900	100	12
蒸煮酵素無添加	3072	3072	7040	11000	-	-
蒸煮酵素添加	3072	3072	7040	10900	100	12

総麦 : 9.6kg
汲水歩合 : 160
2次もろみ日数 : 14日間
保管温度 : 28℃ (7日間) → 27℃ (4日間) → 25℃ (3日間)

表-6 総麦 19.2kg 仕込配合

(試験-III)

	1次もろみ		2次もろみ			
	麴(g)	水(ℓ)	麦(g)	水(ml)	セルラーゼ(ml)	グルコアミラーゼ(g)
	6144	6144	14080	24600	30	15

総麦 : 19.2kg
汲水歩合 : 160
2次もろみ日数 : 14日間
保管温度 : 28℃
掛原料あたりセルラーゼ添加率 : 0.2%
掛原料あたりグルコアミラーゼ添加率 : 0.1%

(6) 試醸-3

<工場規模での試醸>

試醸-1、2の結果を参考に表-7の仕込配合で対象区、蒸煮仕込酵素区、無蒸煮酵素区につき仕込を行った。発酵の安全性を考慮した汲水歩合、麴歩合を設定した。発酵管理は温度経過により行い終もろみの成分測定後、減圧蒸留し、製成の後官能検査を行った。蒸留粕は、濃縮試験に供した。

表-7 工場規模での仕込配合

(試験-IV)

	1次もろみ		2次もろみ			
	麴(kg)	水(ℓ)	麦(kg)	水(ℓ)	セルラーゼ(ℓ)	グルコアミラーゼ(kg)
蒸煮酵素無添加	324	325	560	930	-	-
蒸煮酵素添加	324	325	560	930	2.8	-
無蒸煮酵素添加	324	325	560	1110	2.8	1.12

総 麦 : 830kg
汲水歩合 : 170
2次もろみ日数 : 14日間
保管温度 : 24~25℃
掛原料あたりセルラーゼ添加率 : 0.5%

3. 実験結果及び考察

(1) 多糖類の定量と組織観察

多糖類の分別定量値を表-8に示す。原料麦にはND Fが6.0%程度含有されADFが0.5%程度であり主な構成成分は、ヘミセルロースであり米の7倍程度の

含有率から考察すればデンプン粒が強靱な細胞壁に包み込まれていることが推定される。

表-8 原料大麦の一般成分とADF、NDF

(品種あまぎ2条)

水分	粗蛋白	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	ADF	NDF
12.4	6.4	1.5	0.8	0.8	0.2	6.1

(単位%)

SEMによる観察像からも他の穀類に比べ明確な細胞壁が認められる。麦焼酎のアルコール取得歩合が他の原料に比べ低い傾向にあることは、細胞組織由来のこれらのことが要因の1つとして指摘できるし、デンプン価測定にあたって細胞壁を構成する多糖類分解物のアラビノースやキシロースなどの非発酵性還元糖類の含有率の多いことが見かけ上発酵歩合の低下として現れてくる。後述するようにこれらの多糖類が蒸留粕処理を困難にしている主因である。SEM観察像を写真1に示す。

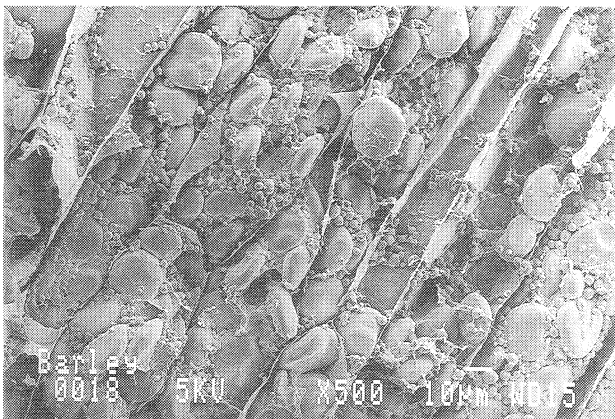


写真-1

(2) 水中沈定体積

多糖類の物理特性として保水性、膨潤性、粘濁性があげられる。麦より抽出精製したヘミセルロースと市販のキシラン混合物の水中沈定体積は、15mlで平衡に達した。また通常の大麦の蒸煮と同一条件の加熱処理では、更に膨潤拡散して全体が混濁し1週間放置しても沈降は起こらなかった。このことはヘミセルロース分子が加熱により伸張し保持する水の状態が中間水分や結合水へ移行するためと考えられ蒸留粕の物性を理解する上で重要な現象であり、無蒸煮麦での仕込や酵素による多糖類の分解は、粘度降下や固液分離率を向上させ粕の処理において相対的な軽減化に結び付くものと考えられる。

(3) 糖化試験

多糖類分解酵素及び酸性プロテアーゼの醸造工程での作用を糖化レベルで把握する目的で蒸煮麦、無蒸煮麦を基質として酵素反応を行った。従来の試験2)では、原料大麦を粉碎後糖化試験を実施したが今回は、蒸留粕処理の軽減化が最も期待できる全粒無蒸煮発酵の工場規模レベルまでの製造法を確立するために全粒大麦を基質とした。

蒸煮試験区における多糖類分解系複合酵素剤の添加は、添加初期においてグルコースの生成量に顕著な差となり15日経過後BLに対し1.12~1.3倍のグルコースが生成した(試験区1-7 BL7)。また原料の塩酸加水分解後のグルコース含量68%に対して糖化率54~62%を示し酵素の添加量により生成糖も漸増した。酸性プロテアーゼの併用試験(試験区1-7 BL2)ではBLに対し1.02~1.2倍のグルコース生成量で糖化率55.2~66.8%となりプロテアーゼの添加効果が認められた。

無蒸煮麦においても複合酵素剤の添加は、BLに対しグルコース生成量が1.5~2.1倍、糖化率9.7~20.5%を示した(試験区21~27 BL27)。酸性プロテアーゼの併用試験(試験区28~31 BL22)ではBLに対し1.20~3.5倍、糖化率19.4~33.7%で蒸煮区と同様の傾向となった。蒸煮区にくらべ生成糖が低いのは、グルコアミラーゼの生デンプン分解活性が不足しているためと考えられる。15日経過後の糖組成を表-9、10にグルコース生成の経時変化を図-2~5に示す。以上の結果は、無蒸煮全粒の原料においても酵素バランスを整えば酵母の発酵源としてグルコースの供給が可能であることを示す。

糖化作用に及ぼす多糖類分解酵素の働きは、大麦細胞壁を構成するヘミセルロース(アラビノガラクトサン、アラビノキシランなど)を容易に分解し、グルコアミラーゼの基質としてのでんぷん粒を溶出させ糖化を促進させ、一方酸性プロテアーゼの働きは、多糖類分解酵素や糖化酵素の反応基質以外への吸着を解除することで糖化を促進するものと考えられる。

表-9 糖化試験最終糖組成 (蒸煮区)

	T-S	D-S	Glucose	Xylose	Arabinose
1	0.1	0.1	9.2	+	0.1
2	+	0.4	9.3	+	0.1
3	+	0.4	10.1	+	0.1
4	+	0.5	10.2	+	0.2
5	+	0.7	10.6	+	0.3
6	+	0.8	10.7	+	0.4
7	0.4	0.3	8.2	0.3	-
8	-	0.4	9.4	-	0.1
9	-	0.4	10.0	+	0.1
10	-	0.4	10.1	+	0.1
11	-	0.5	11.3	+	0.2
12	-	0.6	11.4	+	0.2
13	0.5	0.2	8.1	-	-

T-S3 糖類 D-S2 糖類 (単位%)

表-10 糖化試験最終糖組成 (無蒸煮区)

	T-S	D-S	Glucose	Xylose	Arabinose
21	0.9	-	2.7	0.1	0.1
22	1.2	-	2.8	0.1	0.1
23	1.0	-	2.9	0.1	0.2
24	1.0	-	3.0	0.2	0.2
25	0.8	0.3	3.0	0.2	0.4
26	0.8	0.4	3.5	0.2	0.8
27	1.3	0.3	1.7	0.1	0.1
28	0.3	-	3.3	0.2	0.1
29	0.3	+	4.0	0.2	0.2
30	0.7	0.3	4.6	0.2	0.1
31	0.8	0.3	5.7	0.2	0.2

(単位%)

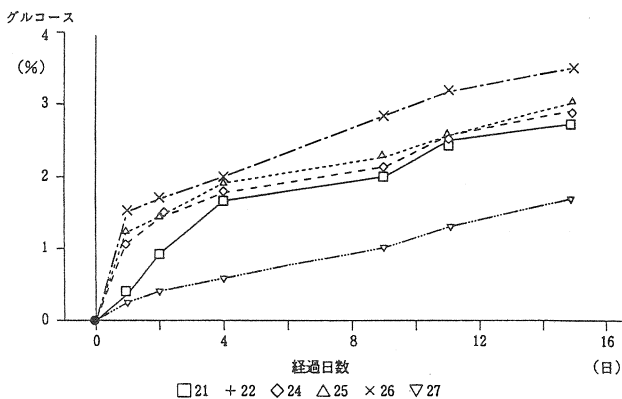


図-2 セルラーゼ、セミセルラーゼによる無蒸煮麦糖化

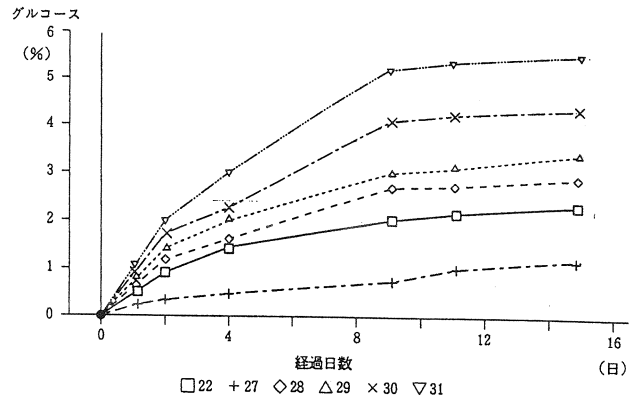


図-3 無蒸煮麦糖化における酸性プロテアーゼの影響

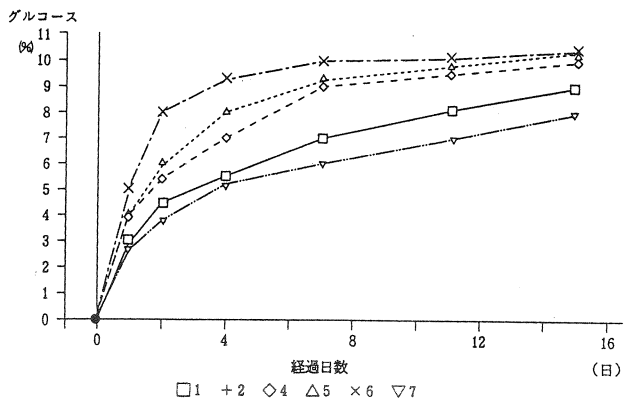


図-4 セルラーゼ、セミセルラーゼ応用による蒸煮麦糖化

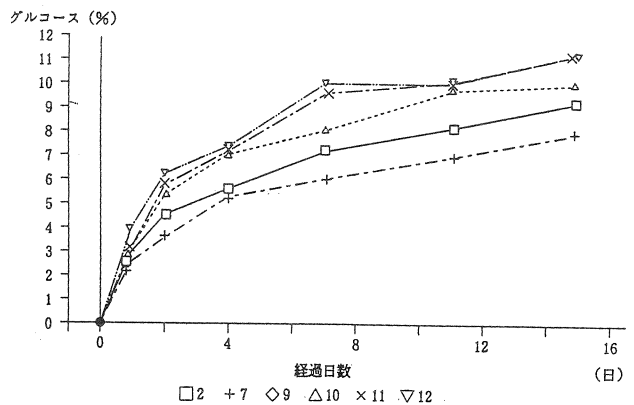


図-5 蒸煮麦糖化における酸性プロテアーゼの影響

(4) 試醸-1

<総麦300gでの小仕込試>

従来報告²⁾³⁾では、生デンプン分解力のあるRizopus起源のグルコアミラーゼによる試醸試験を実施し麴歩合の低減化や平均粒子径20メッシュの無蒸煮麦による麦焼酎製造法への応用法を確立してきたが、今回の試醸では多糖類分解酵素による蒸留粕の軽減化のための

固液分離の改善、麦焼酎用麹菌（Asp、Kawachi）の生デンプン分解酵素との相乗効果による全粒無蒸煮仕込の予備試験として実施した。

両試験区とも、酵素添加したものはBLに対し発酵曲線から判るとおり順調に発酵が進行している。このことは、糖化試験の項で述べたデンプン粒の溶出の促進と多糖類構成成分のうち若干の発酵性糖も寄与するものと考えられる。

無蒸煮区は、もろみの立ち上がりが遅延するものの14日経過後には蒸煮区にほぼ匹敵するアルコール濃度となった。以上の結果より掛原料が無蒸煮全粒でも仕込可能なことが確認された。無蒸煮BLでも順調な発酵経過を示したがこのことは麦麹には生デンプン分解活性や基質誘導された多糖類分解酵素を含有することを意味する。

固液分離率は、蒸煮区においてBL5%、酵素添加区35%、無蒸煮区BL43%、酵素添加区48%となり多糖類分解酵素の添加により構成多糖が分解し固液分離率が向上することが終もろみのアラビノース、キシロース含量からも把握できた。

無蒸煮区と蒸煮区の分離率の差は蒸煮により多糖類が膨潤し保水力が増加したためと考えられる。発酵曲線を図-6に、最終もろみの分析結果を表-11に、使用した麹の酵素力価を表-12に示す。

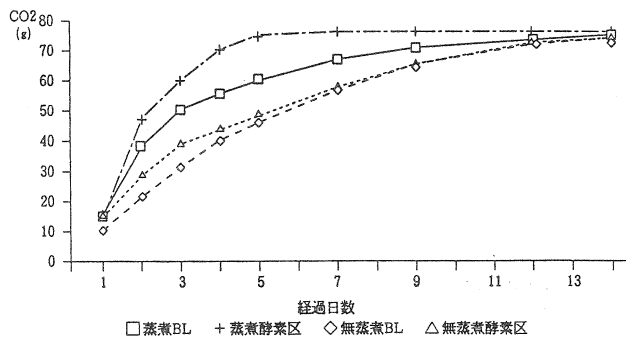


図-6 発酵曲線

表-11 最終もろみ成分組成

	蒸煮区		無蒸煮区	
	BL	酵素区	BL	酵素区
D-S (mg/100ml)	200	<50	230	200
Glucose (")	220	<50	690	1060
Xylose (")	150	190	310	250
Arabinose (")	280	780	310	450
Ethyl-OH (%)	17.7	17.9	18.0	18.2
固液分離率 (%)	5	35	43	46

表-12 麹の酵素活性

	α-アミラーゼ	グルコアミラーゼ
No.1	97	131
No.2	98	137
No.3	82	162

(5) 試験-2

〈総麦9.6Kg~13.6Kgでのスケールアップ試験〉

10日目経過もろみのグルコース、アラビノースを表-13にもろみ及び蒸留粕の分析結果並びに固液分離率をそれぞれ表-14、図-7~8に示す。発酵経過は、小仕込試験と同様な傾向が認められ多糖類分解酵素の添加により発酵の安定性と粘度の低下、固液分離の向上が明確に認められる。また無蒸煮発酵では、酵素無添加のものは、仕込即時の発酵が緩慢で20日経過もろみでも蒸煮仕込の発酵歩合に到達しないが、多糖類分解酵素の添加により構成多糖類が分解されデンプンの溶出促進や構成多糖分解物のうちガラクトースやグルコースなどの発酵性糖の寄与により蒸煮仕込並の発酵経過が得られた。

表-13 試験-Iにおける10日目もろみの糖組成

	Glc (Wt %)	Ara (Wt %)
無蒸煮酵素無添加	0.16	0.23
無蒸煮酵素添加	-	0.46
蒸煮酵素無添加	0.21	0.19
蒸煮酵素添加	-	0.42

表-14 試験-Iにおける終もろみ及び蒸留粕の分析

	終もろみ			蒸留廃液	
	Et-OH (%)	粘度 (mpa·s)	酸度	粘度 (mpa·s)	水分 (%)
無蒸煮酵素無添加	15.5	15.0	8.6	95.3	80.1
無蒸煮酵素添加	16.5	8.6	9.2	17.3	83.1
蒸煮酵素無添加	16.5	191.3	6.9	457.1	86.6
蒸煮酵素添加	17.5	19.9	6.8	68.8	87.1

粘度計攪拌ローター No.2 60rpm

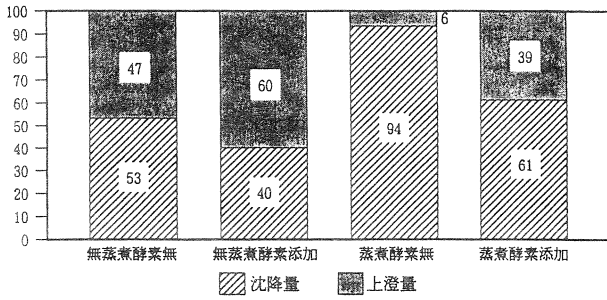


図-7 試験-Iにおける終もろみの固液分離率

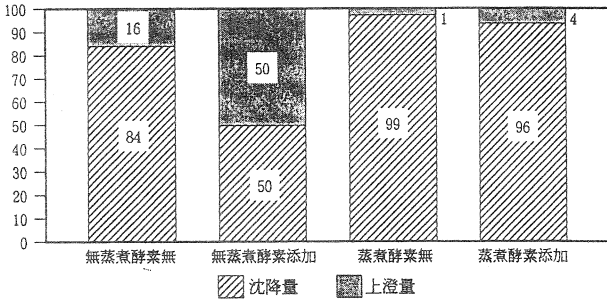


図-8 試験-Iにおける蒸留粕の固液分離率

工場規模へのスケールアップを考えた場合、発酵のより安定化や安全性を確保する必要がある。特に無蒸煮仕込の場合、糖化試験の生成糖量からも明らかなように発酵初期の糖化と発酵のバランスをとるために糖化作用を促進させる必要がある。これらのことから糖化酵素の添加試験を実施した。表-15にもろみおよび蒸留粕の分析結果を並びに図-9~11に固液分離率と攪拌抵抗値を示す。またデータログによる発酵初期の温度経過を図-12に示す。

表-15 試験-IIにおける終もろみ及び蒸留粕の分析

	終もろみ		蒸留廃液	
	Et-OH(%)	酸度	粘度(mpa*s)	水分(Wt %)
無蒸煮酵素無添加A	17.3	6.5	16.6	88.44
無蒸煮酵素添加B	18.2	6.6	13.4	87.38
蒸煮酵素無添加	16.8	6.1	703	85.11
蒸煮酵素添加	17.0	5.9	193.4	86.19

粘度計攪拌ローター No.2 60rpm

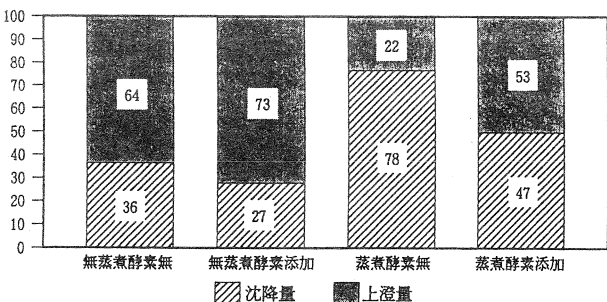


図-9 試験-IIにおける終もろみの固液分離率

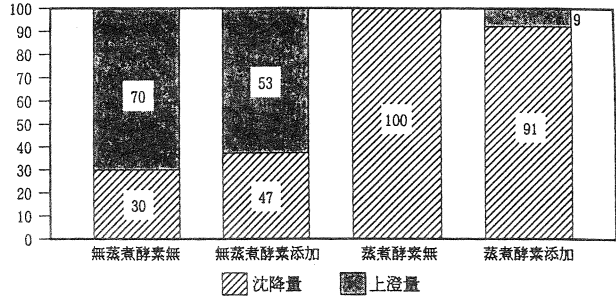


図-10 試験-IIにおける蒸留粕の固液分離率

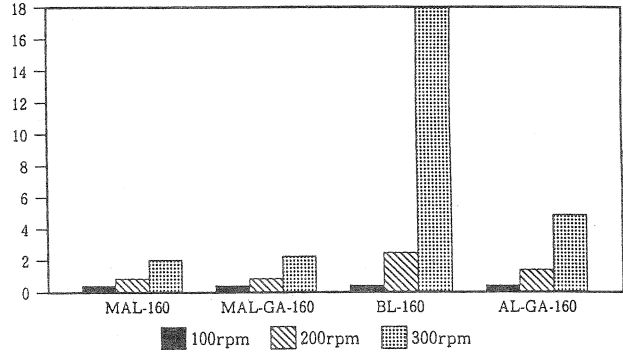


図-11 試験-IIにおける蒸留粕の攪拌抵抗

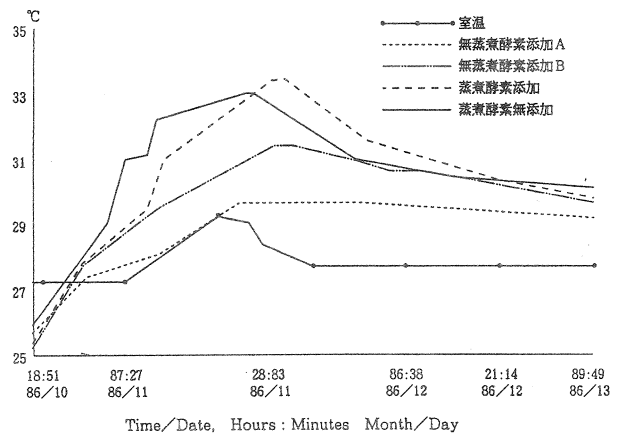


図-12 試験-IIにおける発酵初期の温度経過

生デンプン分解力を持つ糖化酵素の添加により発酵の安定性、粘度低下など前記の試験の傾向で更に明確な差が認められた。特に蒸留粕の粘度は、通常仕込に比較して酵素添加区で1/3以下に無蒸煮区では1/40以下の値を示し蒸留粕処理における操作性を著しく向上させる。

無蒸煮仕込は、多糖類分解酵素と糖化酵素の組合せにより通常の仕込に近似した温度経過が得られ実規模での仕込が可能であることが示唆された。実規模仕込への移行として温度経過と酵素添加量を設定するため前半3日を28℃の温度経過により仕込を行った。酵素量を低減

させても前半の温度管理を行えば表-16の結果のとおり安定な発酵と粘度低下が得られることが明かとなり工場規模での仕込も可能であることが推定された。

もろみの固液分離率から固液分離後に蒸留する方法の採用も検討の余地があるものと考えられた。

減圧蒸留製成後の試料は、いずれも市販品と比べても遜色のない品質であった。

表-16 試験-IIIにおける終もろみ及び蒸留粕の分析

終もろみ			蒸留廃液	
Et-OH(%)	粘度(mpa*s)	酸度	粘度(mpa*s)	水分(Wt%)
18.5	7.9	7.9	15.8	86.45

粘度計攪拌ローター No.2 60rpm

(6) 試験-3

<工場規模での試験>

試験1~2の結果を基に実規模での試験を試みた結果を表-17に示す。仕込み直後の温度管理を行うことで全粒の無蒸煮仕込みでも掛表に対し0.5% (0.2%でも可)の多糖類分解酵素とグルコアミラーゼの併用でアルコール収量(もろみレベル)426L/tで実規模でも試験-2までの傾向が再現でき工場規模での応用が可能となった。蒸煮仕込み区でも発酵の安定性など酵素添加効果が認められた。

減圧蒸留、イオン交換した25度のサンプルは、大分県本格焼酎技術研究会での官能検査の結果高い評価を得た。

表-17 工場規模の仕込における終もろみ及び蒸留粕の分析

	Et-OH(もろみ日数) (%)	終もろみEt-OH (%)	蒸留廃液粘度 (mpa*s)
蒸煮酵素無添加	16.6(8)	16.7	128.4
蒸煮酵素添加	16.5(7)	17.1	159.1
無蒸煮酵素添加	15.4(8)	16.2	17.4

粘度計攪拌ローター No.2 60rpm

工場規模までの試験を通じ多糖類分解酵素は、大麦の細胞壁を分解しデンプンの溶出を促進することで発酵の安定に寄与するほか粘度低下や固液分離が向上することが明かとなり、蒸留粕の処理においても固液分離、濾過、濃縮、などの物理操作を容易にする。

大麦の構成成分であるヘミセルロースを主体とした多糖類は、分子内に水を結合水や毛管水、附着水、多層水和水など中間水分として自由水より活性エネルギーの低

い状態で保持する。加熱することで分子間が伸張し保持される水が増加する。このことは蒸留粕を乾燥、濃縮、固液分離などの物理処理を行う際により多くのエネルギーが必要であり処理が困難であることの要因となる。

多糖類分解酵素の作用は、図-13に示すようにヘミセルロース分子を切断し保持された水を自由水に近いエネルギー状態へ推移させるものと考えられる。無蒸煮仕込では、多糖類分子が伸張せず、コンパクトな状態のため活性エネルギーの高い水の割合が大きくさらに酵素反応を受けた場合さらに顕著な差となり物理処理が容易になるものと考えられる。

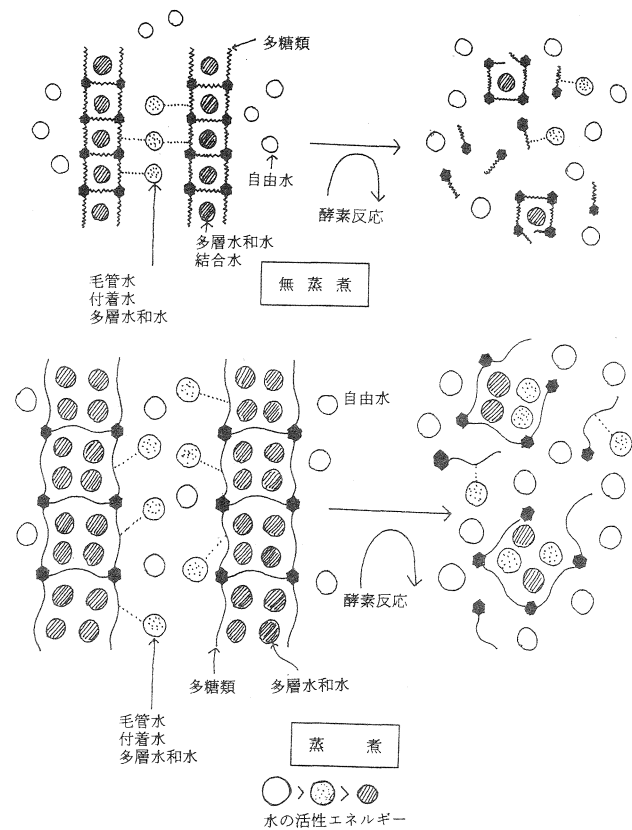


表-13 酵素反応モデル

4. まとめ

製造工程の改善による焼酎蒸留粕の軽減化を目的に、蒸留粕の特性把握を行い多糖類分解酵素の応用、全粒無蒸煮仕込法について工場規模に至るまでの手法の確立を行い次の結果を得た。

(1)原料大麦中には、蒸留粕の粘潤性や発酵の遅延因子と考えられるヘミセルロースを主成分とする多糖類が約6%含まれていた。

(2)多糖類分解酵素は、多糖類を分解しデンプンの溶出を促し安定した発酵経過ともろみの粘度低下、固液分離率の向上に有効であった。小仕込から実規模に至るまで同様の傾向が認められ蒸留粕処理においても有効であることが推定された。

(3)無蒸煮仕込は、通常仕込に比べ固液分離の向上、粘度低下が明かな差となった。

(4)全粒無蒸煮仕込においてもグルコアミラーゼの併用と発酵初期の温度管理で通常仕込に匹敵する製造が実規模でも可能となった。

終わりに本研究の実施にあたりご尽力いただきました大分県本格焼酎技術開発機構の推進委員、検討委員の各位に深謝致します。

参考文献

- 1) 栄養学会編：第1出版株式会社 P60 「食物繊維」
- 2) 大分県工業試験場研究報告 P147 (昭和60年度)
- 3) 大分県工業試験場研究報告 P97 (昭和61年度)

焼酎蒸留粕の処理方法

