

インドネシア共和国バイオマスエネルギー研究 開発センター事業の支援試験報告書

キャッサバの低温蒸煮によるアルコール発酵の検討

1984年3月

国際協力事業団

108
67
MIT

鉦開技

JR

84-60

JICA LIBRARY



1055382[4]

インドネシア共和国バイオマスエネルギー研究 開発センター事業の支援試験報告書

キャッサバの低温蒸煮によるアルコール発酵の検討

1984年3月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 61.8.05	108
登録No. 15078	67
	MIT

キャッサバチップを原料とする低温蒸煮法
によるアルコール発酵の検討

目 次

1. 緒 言	1
2. 報 告 要 旨	1
3. 実 験 方 法	3
4. 実 験 結 果	5
4.1 原料粉碎方法について	5
4.2 液化条件の検討	5
4.3 糖化条件の検討	13
4.4 低温蒸煮によるアルコール発酵試験	18
5. 工業試験用作業マニュアル	20
6. 引 用 文 献	21

1. 緒 言

国際協力事業団（JICA）より委託を受けた、低温蒸煮法によるアルコール発酵試験を実施した。

業務の目的

燃料用エタノールの製造工程において最も重要なことは、エネルギー収支の改善、すなわち消費エネルギーの節減であり、この方策の一つとして低温蒸煮法の採用が望まれる。国内では既に生甘藷・コーン原料につき低温蒸煮法の検討が行われ、工業化されているが、BERDC*では技術移転の第1段階として現在は、標準的な加圧蒸煮法を実施しており、まだキャッサバ原料についての詳細な低温蒸煮法の検討は行われていない。

このため燃料の節減と、酵素剤の適正使用による製品エタノールのコストダウン及び作業時間の短縮を目的として、国内で研究を実施し、データを提示してBERDCパイロットプラントにおける工業化試験の指針とする。

業務の内容

キャッサバチップを原料に用い、酵素剤には現在BERDCで使用しているNOVO社品の他、国産品についても実施し、以下の検討により低温蒸煮法の基礎条件を確立する。

- (1) 低温蒸煮時における最適液化条件の検討
- (2) 低温蒸煮時における最適糖化条件の検討
- (3) 低温蒸煮によるアルコール発酵試験
- (4) 最適低温蒸煮法の決定及び作業マニュアルの作成

* Biomass Energy Research and Development Center の略

2. 報告要旨

BERDCの支援となるキャッサバの低温蒸煮法の検討を行った。低温蒸煮法は既に他の澱粉種で基本条件が報告されている。この中でもっとも留意すべき点は、原料の供給状態にあり、今回の試験では生芋の入手が困難な点から、乾燥チップを購入し試験に充当した。このため粉碎条件を210 μ 以下79%の細粉碎と、1,000 μ 以下79%の比較的細粉碎条件をも考慮して実施した。

この結果 pH6.0、80 $^{\circ}$ C液化、pH5.5、60 $^{\circ}$ C糖化各1時間とすることで従来の蒸煮工程の省略が可能な点を見出した。

また、粉碎の程度については、本試験で大差は見られなかった。

殺菌汚染の対策として有効な初発 pHの低下についても収率に大きくひびかぬところで有効である。

実用化上は生芋での特性を配慮し、現場での条件検討を要するものの基本的には、実用化が可能との結論に至った。

酵素種については、国産品についても供試したが、十分な条件を見い出していない。NOVO社と同等又はやや劣る傾向であった。

これらの結果をもとに、基本作業マニュアルを作成した。

3. 実験方法

3.1 原料分析

(1) 澱粉価

アルコールハンドブックの甘し₁、馬鈴し₁、とうもろこしの澱粉価分析法に準じた。

(2) 水分

105 ~ 106°C、3 ~ 5時間の乾燥減量を水分とした。

(3) 灰分

600°C、30分間加熱後の強熱残分を灰分とした。

3.2 低温蒸着試験の分析

(1) pH

ガラス電極式水素イオン濃度分析計

(2) 全糖分

アルコールハンドブックのもろみの分析法(ソモギー法)に準じた。

(3) 直糖

○直接還元糖

アルコールハンドブックのもろみの分析法(ソモギー法)に準じた。

○グルコースアナライザー

グルコースの酵素分析法(糖化率の測定に使用)

(4) 酸度

アルコールハンドブックに準じた。

(5) アルコール

○ガスクロマトグラフィー

FID検出器、PEG/400、1mカラム

○試留法

アルコールハンドブックのもろみ分析法に準じた。

(6) 粘度

B型回転粘度計を用いた。

(7) 有機酸分析

高速液体クロマトグラフィーによった。

3.3 糖化率

液化及び、糖化条件検討の際の加水分解率を糖化率で表示した。

糖化率は、初発総澱粉量を100とし、生成したグルコースの百分率である。

3.4 発酵試験

(1) 供試菌株 発研1号

(2) 培養方法

- 種母 培地 YM培地 (5% as Glucose)
培養条件 220 rpm 30℃ 16時間
- 本発酵 総澱粉量 15%
副原料 尿素 0.5% (対全糖)
リン酸第一アンモン 0.1% (対全糖)
植菌量 10%
温度 30℃
攪拌 0～14時間 120 rpm
14時間以後静置

3.5 使用酵素

- NOVO社 液化酵素 Termamyl 120 L
(N社) 糖化酵素 *AMG 300 L
- 天野製薬社 液化酵素 AD 3
(A社) 糖化酵素 グルクザイム 6,000

酵素の使用量は全糖に対する百分率で示した。

*BERDCではAMG 200 Lを使用しているが、製造中止の為入手できず、300 Lを用いた。

4. 実験結果

4.1 原料粉砕方法について

入荷チップを荒く砕いた後、ロータビータミル粉砕機（連続式衝撃型粉砕機・西独 Retsch GmbH 製）で粉砕した。

粉砕物の分析結果

○澱粉価	79.4 W/V %
○水分	10.5 %
○灰分	3.5 %
○粉砕度	荒粉砕 1,000 μ 以下が 79.2 % 以上
	840 μ 以下が 71.4 % 以上
	細粉砕 290 μ 以下が 86.9 % 以上
	210 μ 以下が 79.1 % 以上

4.2 液化条件の検討

実施方法は、総澱粉量 15 % 溶液となる様に調整した澱粉溶液を用いた。

液化時間は 2 時間（液化の測定は、粘度計を用いて測定）行ない、液化終了後、糖化条件を温度 60℃、pH 5.5 に設定し、N社の AMG 300 L を 0.06 % 添加（以下常法糖化条件と略す）して、糖化率を測定した。

4.2.1 液化温度

総澱粉量 15 % 溶液での糊化を温度の上昇にともなう粘度の変化で見た結果、65℃前後から急激な粘度の上昇による糊化が見られた。

この結果から、Termamyl 120 L 0.1 %、pH 6.0 の条件下で、温度 60℃、70℃、80℃で 2 時間液化を行った。

引き続き前述の常法糖化条件下で糖化を実施した。結果を図 1 及び図 2 に示す。

液化温度 60℃では糖化率が非常に低い。80℃では糖化率は高いが、粘度の上昇が見られた。70℃は、粘度の上昇も低く、糖化率も高い。

同様に AD 3 を用いて、液化温度 60℃、70℃で実験した結果を図 2 に示す。

両酵素共に粘度や糖化率に大差はないものの、若干 Termamyl 120 L が粘度も低く、糖化率も高い傾向を示した。

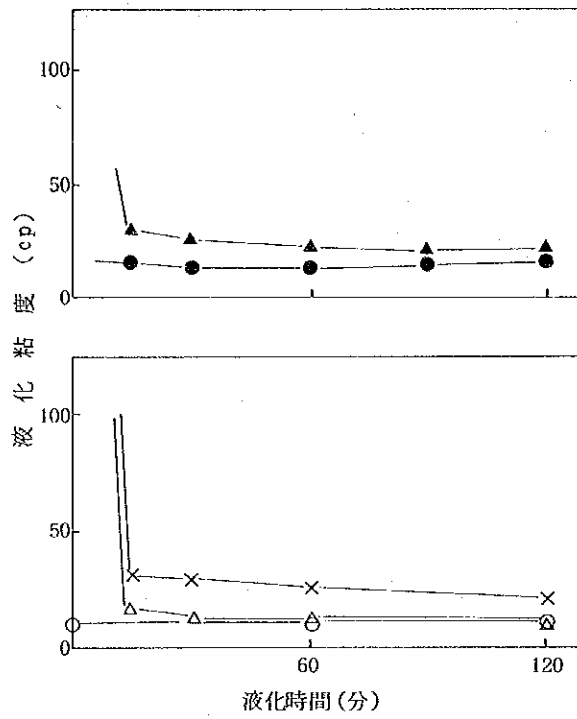


図 1. 酵素種及び液化温度と液化粘度

○Δ× : N社 Termamyl 120L
 ●▲ : A社 AD3
 ○● : 60°C 液化
 △▲ : 70°C "
 × : 80°C "

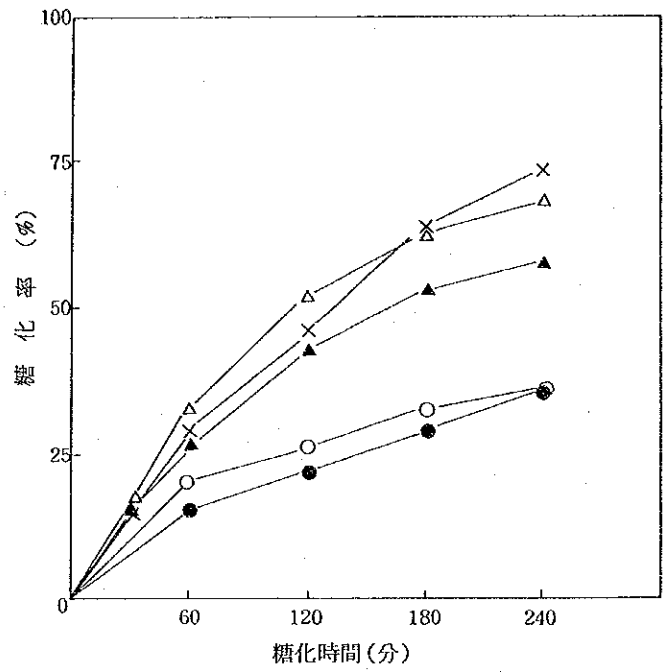


図 2. 酵素種及び液化温度と糖化率

[酵素濃度 0.1%]
 pH 6.0
 記号は図 1 に同じ

4.2.2 液化の至適 pH

液化温度 70℃、同 pH 5.0 及び 6.0 で 2 時間液化を両酵素各 0.1% にて行い、常法糖化条件下で糖化を実施した。結果を図 3 及び図 4 に示す。

糖化率は、いずれも pH 5.0 の液化が高い伸びを示したが粘度は逆相関であった。

両酵素の比較では Termamyl が粘度、糖化率ともに良好であった。

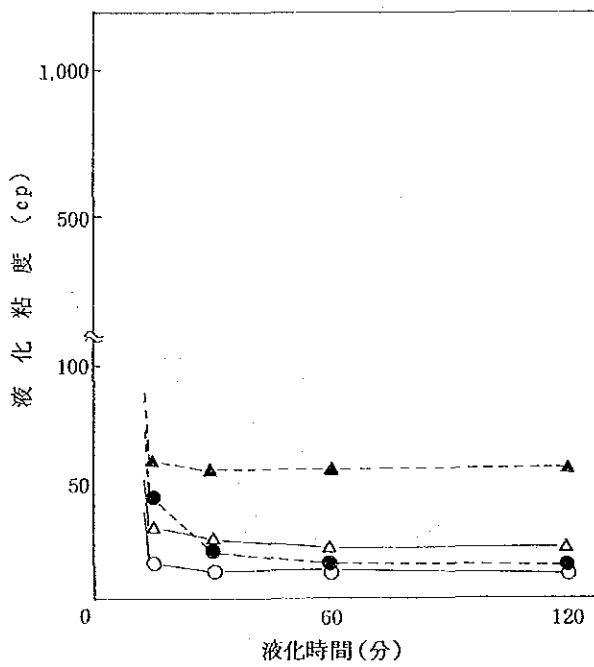


図 3. 酵素種及び液化 pH と液化粘度

—○— N社 pH 6.0
 ---●--- N社 pH 5.0
 —△— A社 pH 6.0
 ---▲--- A社 pH 5.0

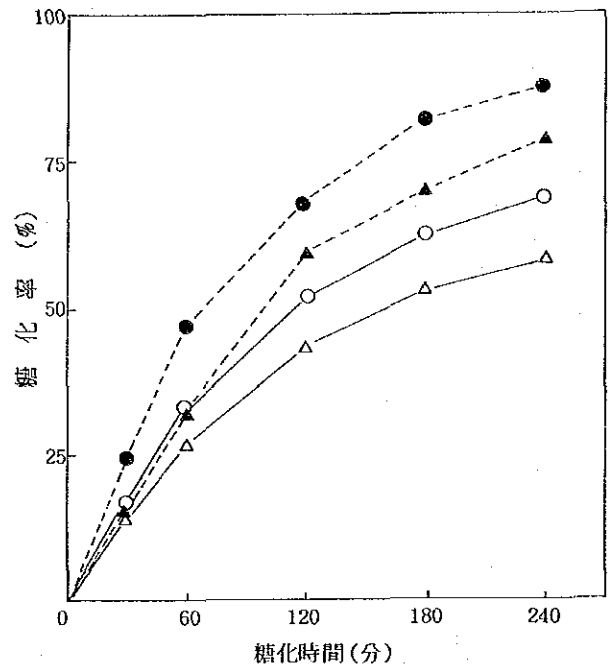


図 4. 酵素種及び液化 pH と糖化率

{ N社: Termamyl 120L 0.1%
 A社: AD3 0.1%
 液化温度 70℃ }

4.2.3 液化の最適酵素濃度

液化温度 70°C、pH 6.0 の条件下、0.05%、0.1%、0.5% の 3 点で酵素濃度の検討を Termamyl 120 L 及び AD 3 を用いて実施した。この結果を図 5 及び図 6 に示す。

両酵素共に粘度は、0.05 < 0.1 < 0.5% の順に低下しているが、大差はない。

しかし、糖化率では、0.5% 添加は、0.1% に比べ低くなっている。したがって液化酵素の最適添加量は、0.05 ~ 0.1% である。

粘度については、Termamyl 120 L が AD 3 に比べ良好であった。

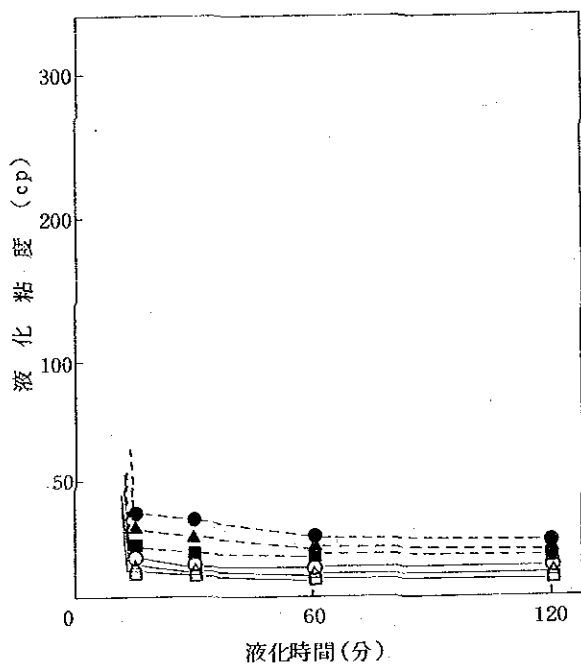


図 5. 液化の最適酵素濃度と液化粘度

—○— N社 ---●--- A社
 ○, ● : 0.05%
 △, ▲ : 0.1%
 □, ■ : 0.5%

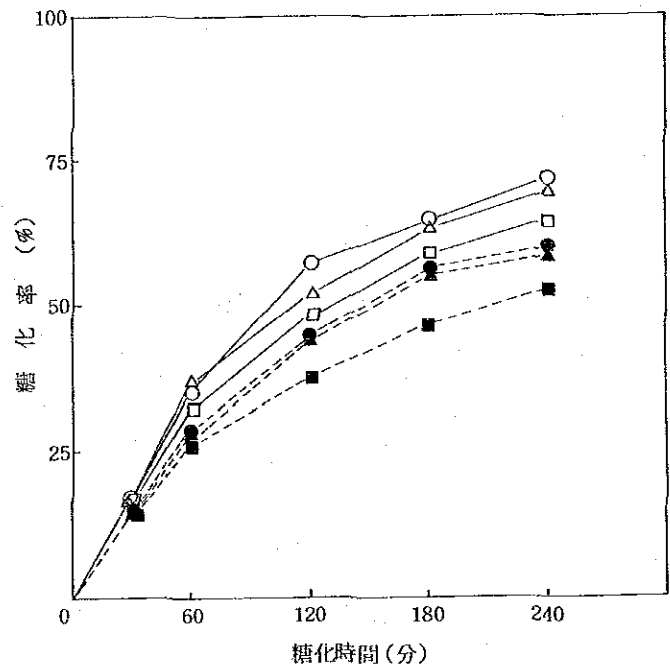


図 6. 液化の最適酵素濃度と糖化率

[N社 Termamyl 120L
 A社 AD 3
 液化温度 70°C pH 6.0]

4.2.4. 液化に於ける割砕条件

Termamyl 120 L (酵素濃度 0.1%) を用いて、液化温度 70°C、pH 6.0 の条件下にて、粉碎強度を 2 段階として 2 時間液化を行ない、常法糖化条件下で糖化を実施した。結果を図 7 及び図 8 に示す。

粉碎条件では、粉碎強度の低い方が粘度が高い傾向にあった。しかしながら糖化率では大差はなかった。

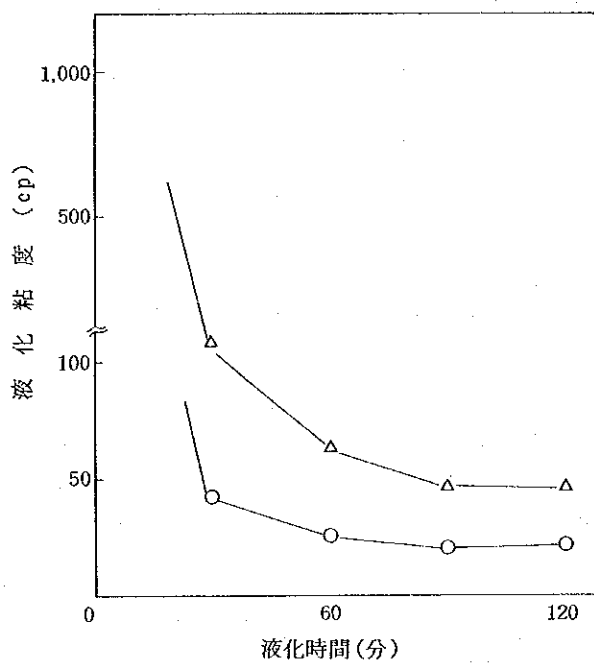


図 7. 液化における割砕条件と液化粘度

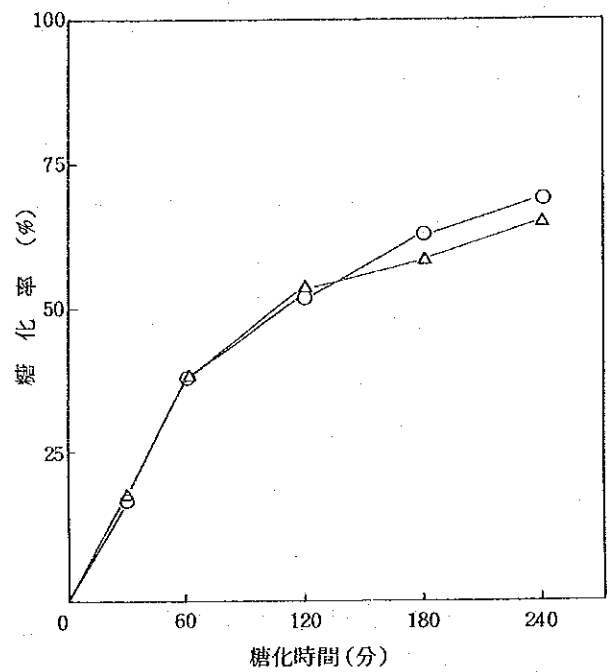


図 8. 液化に於ける割砕条件と糖化率

○: 細粉碎
△: 荒粉碎

〔 N社 Termamyl 120L 0.1% 〕
〔 液化温度 70°C pH 6.0 〕

4.2.5. 最適液化条件でのアルコール発酵試験

液化温度の検討の結果、60℃では液化が悪く、糖化率も低い。70℃では液化粘度も低く、糖化率も高い。80℃では70℃に比べ液化粘度は若干上昇するが、糖化率は高い。液化 pH に於いては、pH 5.0 に比し pH 6.0 が粘度は低い、若干糖化率は劣る。

酵素濃度については、0.05%濃度でも問題はないと思われるが、安全サイドの0.1%使用が良好であろう。Termamyl 120 Lと、AD 3の比較についてはTermamyl 120 Lが良いが、0.1%使用ではあまり差はない結果が得られた。

以上の考察をふまえ、以下の発酵試験を行った。

- ① Termamyl 120 L 0.1%使用、pH 6.0にて液化温度のアルコール発酵に及ぼす影響(但し、60℃のみTermamyl 120 L 0.5%使用)をみた。
- ② Termamyl 120 Lを用い、液化温度70℃でのpHと酵素使用量の相関。
- ③ 両液化酵素の比較。

但し糖化は、AMG 300 Lを対全糖0.06%量添加し、pH 5.5、温度60℃で1時間行ない、アルコール発酵を実施した。

結果を図9、図10及び図11に示す。

①の液化温度の影響については、80℃液化-120℃蒸煮の系が発酵が速く、発酵歩合も高い。しかし、90時間発酵で80℃高温蒸煮を100とした場合、80℃で97.2%、70℃で93.9%と低温蒸煮でも大差のない発酵が可能であった。

②のpHと酵素濃度の相関については、pH 5.0、6.0共に0.1%添加歩合が高い。pH 5.0では、発酵は初期に速いが、最終的には同率の歩合であった。

③の酵素種の比較については、温度、pH、添加量共にTermamyl 120 Lが良好な結果を示した。

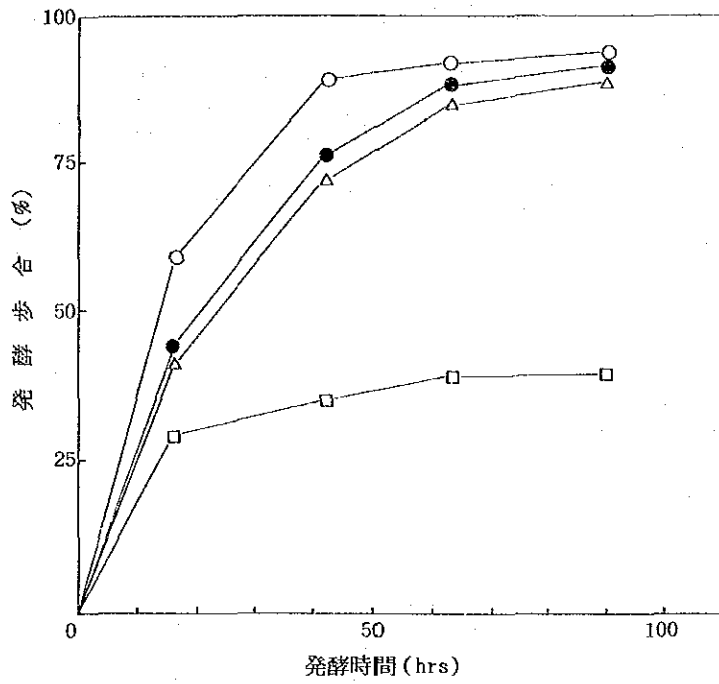


図 9. 液化温度の発酵に及ぼす影響

[Termamyl 120L 0.1%
 * 60°Cのみ0.5%
 pH 6.0]

○—○— 80-120°C (高温蒸煮)
 ●—●— 80°C
 △—△— 70°C
 □—□— 60°C

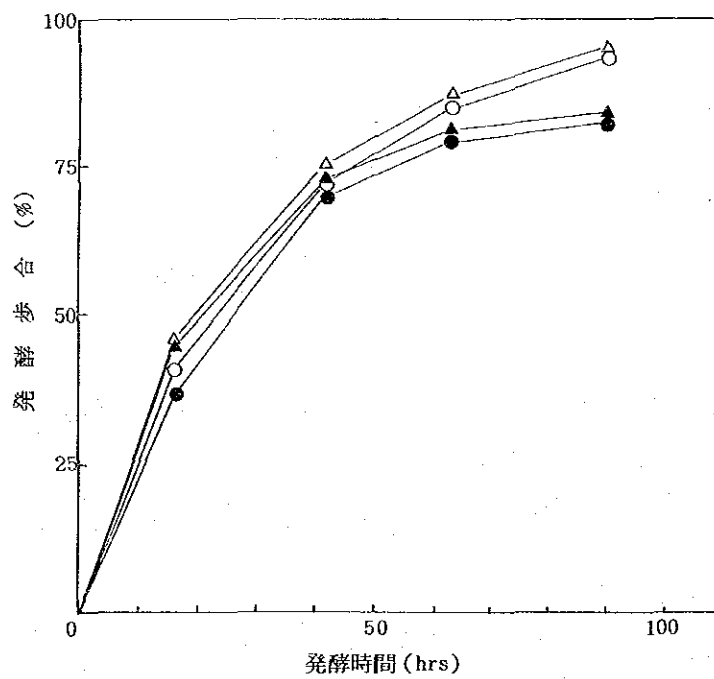


図 10. pHと酵素添加濃度の発酵に及ぼす影響

[Termamyl 120L
 液化温度 70°C]

○—○— pH 6-0.1%
 ●—●— pH 6-0.05%
 △—△— pH 5-0.1%
 ▲—▲— pH 5-0.05%

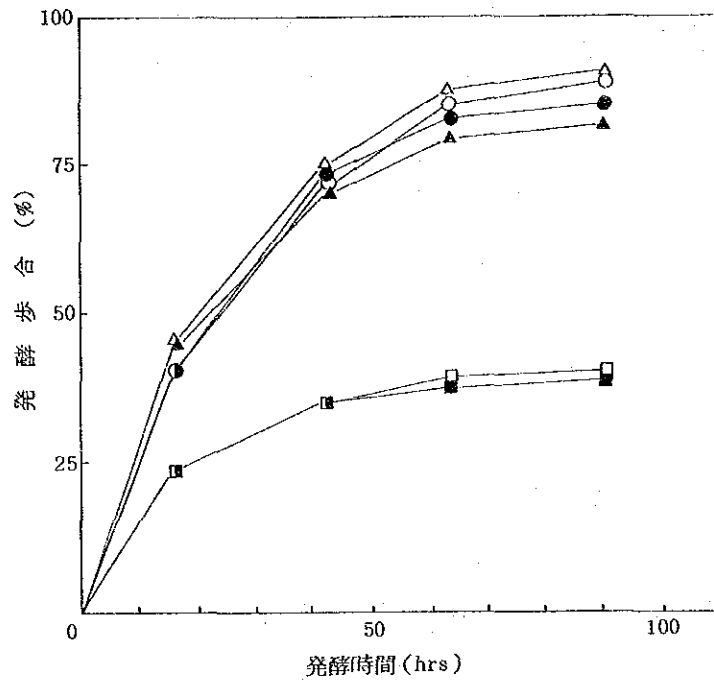


図 11. 酵素種の発酵に及ぼす比較

- 70°C pH 6 - N社 0.1%
- 70°C pH 6 - A社 0.1%
- △— 70°C pH 5 - N社 0.1%
- ▲— 70°C pH 5 - A社 0.1%
- 60°C pH 6 - N社 0.5%
- 60°C pH 6 - A社 0.5%

{ N社: Termamyl 120 L
A社: AD 3 }

4.2.6 液化条件の検討結果

- ① 液化温度 80 - 120°Cの高温蒸煮の系が発酵歩合が高いが、80°C、70°Cの低温蒸煮でも、大差のない発酵が可能である。
- ② 至適pH pH 6.0が5.0に比し粘度は低い若干糖化率は劣る。しかし発酵成績は変わらない。
- ③ 最適酵素濃度 対全糖 0.05%でも可能であるが、安全を考慮し、0.1%添加が良好。
- ④ 割砕条件 粉碎強度の低い方が粘度は高いが、糖化率ではあまり差がない。
- ⑤ 酵素種 Termamyl 120 Lが良好。しかし、添加物の検討など実施しておらず検討を要す。

以上の結論より、糖化の検討は、至適液化条件として、温度 70 ~ 80°C、pH 6.0 酵素添加量対全糖 0.1%、酵素種として Termamyl 120 L 使用を基本とした。

尚、液化 pH については、生産現場における操作性等を考慮して、粘度の低い 6.0 を選んだ。

4.3 糖化条件の検討

液化条件の検討に引き続き、糖化条件の検討を実施した。実施方法は、液化条件同様15%溶液となる様調整した澱粉溶液を用いた。液化濃度70-80℃、pH 6.0、酵素量対全糖0.1%液化酵素としてTermamyl 120 Lを用い、2時間液化したものを、以下の検討に用いた。

4.3.1 糖化温度

AMG 300 Lとグルクザイム 6,000 を用いて、pH 5.5、酵素濃度 0.06%の条件で、糖化温度は50℃及び60℃の糖化速度をみた。結果を図12に示す。

液化温度は両酵素共に60℃が良いが、0.06%添加に於いてはAMG 300Lの方が糖化率が高い結果が出た。酵素濃度については後で検討結果を示す。

4.3.2 至適 pH

同様に AMG 300 L とグルクザイム 6,000 を用いて、糖化温度 60℃ 酵素量 0.06% の条件で pH 4.5 及び 5.5 での糖化速度をみた。結果を図 13 に示す。

AMG 300 L は、pH 4.5 の方が 5.5 に比べ糖化速度が速い。グルクザイム 6,000 は逆に pH 4.5 は糖化速度が遅い結果を得た。

酵素を比較すれば 0.06% 濃度では pH 4.5、5.5 共に AMG 300 L がまさっている。

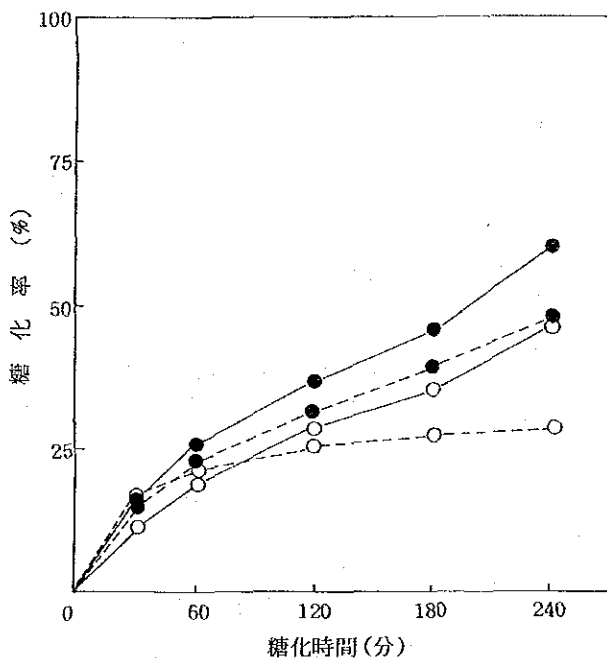


図12. 糖化温度と糖化率

○— 50℃
●— 60℃
 [N社: AMG 300L 0.06%
 A社: グルクザイム 6,000 0.06%
 pH 5.5]
 --- A
 — N

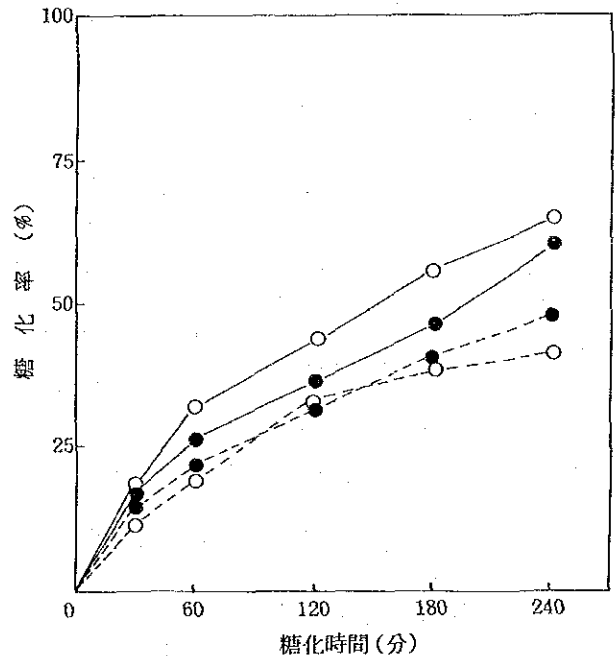


図13. 糖化 pH と糖化率

○— pH 4.5
●— pH 5.5
 [N社: AMG 300L 0.06%
 A社: グルクザイム 6,000 0.06%
 糖化温度 60℃]
 --- A
 — N

4.3.3 最適酵素濃度

AMG 300Lとグルクザイム 6,000 を使い、糖化温度 60℃、pH 5.5 の条件で酵素濃度を変えて、検討を実施した。結果を図 14 及び図 15 に示す。

両酵素は共に 0.01 < 0.03 < 0.15% の順に糖化は良好であるが、AMG 300L に比べグルクザイム 6,000 は糖化速度が遅い傾向にある。

併行複式発酵を考えた場合、酵素濃度の最適量は一概には言えないが、AMG 300L に比べグルクザイム 6,000 は添加量を多くする必要があるかもしれない。

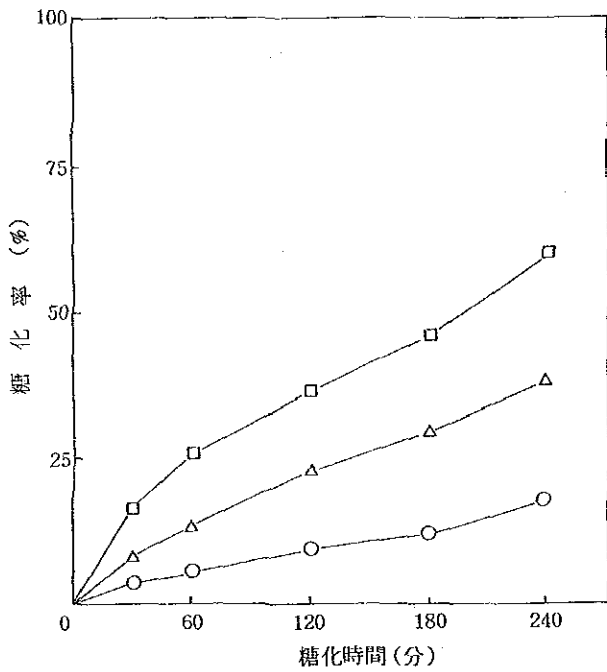


図 14. N社の糖化酵素濃度と糖化率

○	0.01%	{ AMG 300L 使用 糖化温度 60℃ pH 5.5 }
△	0.03%	
□	0.06%	

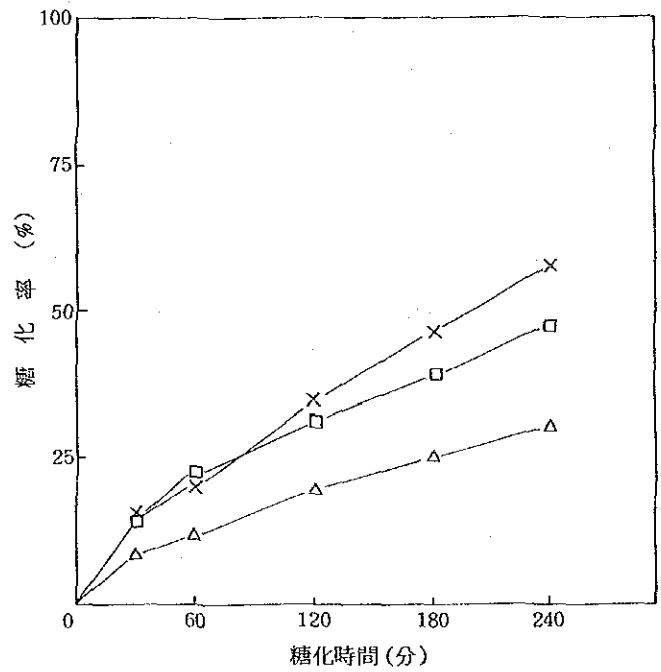


図 15. A社の糖化酵素濃度と糖化率

△	0.03%	{ グルクザイム 6,000 使用 糖化温度 60℃ pH 5.5 }
□	0.06%	
×	0.15%	

4.3.4 糖化に於ける割砕条件

AMG 300 Lを用いて、糖化温度 60℃、酵素濃度 0.06%、pH 5.5 の条件で、粉碎強度を 2 段階とり割砕条件の検討を行った。結果を図 16 に示す。

糖化に於ける粉碎強度の影響は、細・荒粉碎共に大差はみられなかった。

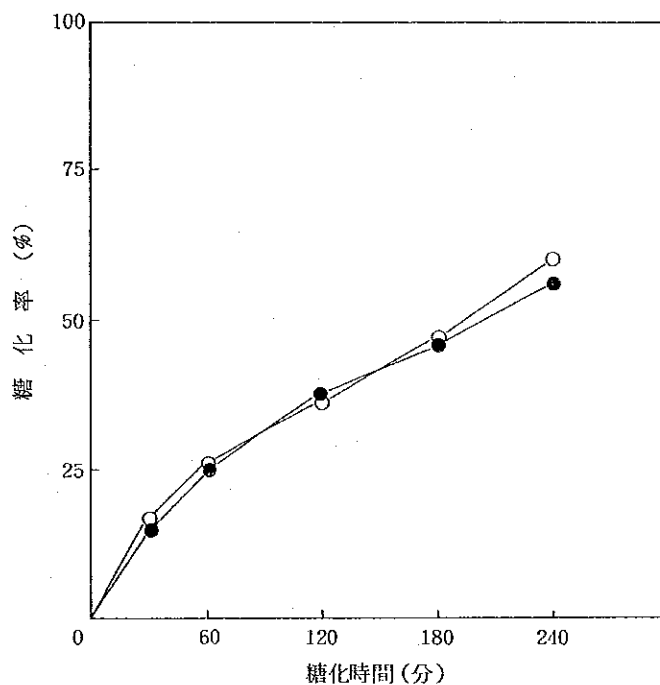


図 16. 粉碎度と糖化率

—○— 粉碎率
—●— 荒粉碎

[AMG 300L 0.06%
糖化温度 60℃ pH 5.5]

4.3.5 最適糖化条件でのアルコール発酵試験

糖化条件検討の結果、AMG 300 L 及びグルクザイム 6,000 共に 50℃ に比べ 60℃ が糖化率が高い。

AMG 300 L 酵素の pH については、pH 4.5 が高い糖化率を示したが、pH 5.5 でも大差はなかった。グルクザイム 6,000 については、pH 5.5 が高い糖化率を示した。

酵素濃度は AMG 300 L 0.06% と、グルクザイム 6,000 0.15% が同等の糖化率を示している。0.06% 固定とした場合、20% 近くグルクザイム 6,000 は活性が低い。

割砕条件については、細・荒粉碎共ほとんど差はなかった。

以上の考察をふまえて以下の発酵試験を行なった。

- ① AMG 300 L 0.06%使用、pH 5.5での糖化温度(50℃、60℃)のアルコール発酵に及ぼす影響。
- ② AMG 300 L使用、60℃糖化でのpHと酵素使用量の相関。
- ③ 両糖化酵素の比較。

いずれも液化は、Termamyl 120 Lを0.1%使用、pH 6.0、温度70℃で2時間行ない、アルコール発酵試験を実施した。結果を図17、図18及び図19に示す。

①の糖化温度の影響については、50℃に比べ60℃が発酵歩合が高い。

②のpHと酵素濃度の影響については、発酵歩合については、pHの差はほとんどない。一方、酵素濃度については0.03%に比べ、0.06%の方が5%前後発酵歩合が高い。安全面から0.06%量が必要と思われる。

③の酵素種の比較では、前述の糖化率では、AMG 300 Lが高い率を示したが、発酵試験では両酵素の差はみられなかった。

糖化温度は糖化率の結果ほど差はないものの60℃が良好であった。

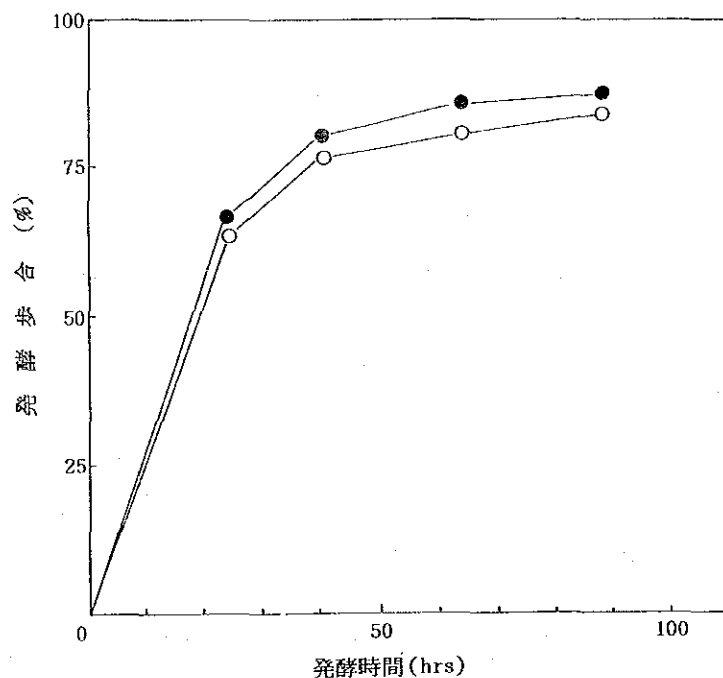


図17. 糖化温度の発酵に及ぼす影響

—○— 50℃ [AMG 300L 0.06%]
 —●— 60℃ [pH 5.5]

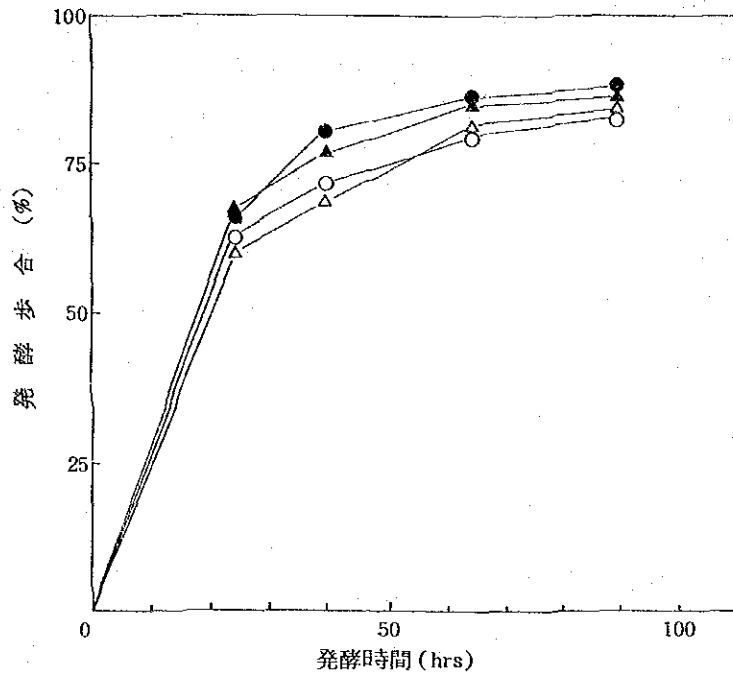


図 18. pH と酵素添加濃度の発酵に及ぼす影響

- pH 5.5 - 0.03%
 - pH 5.5 - 0.06%
 - △ pH 4.5 - 0.03%
 - ▲ pH 4.5 - 0.06%
- [AMG 300L
糖化温度 60°C]

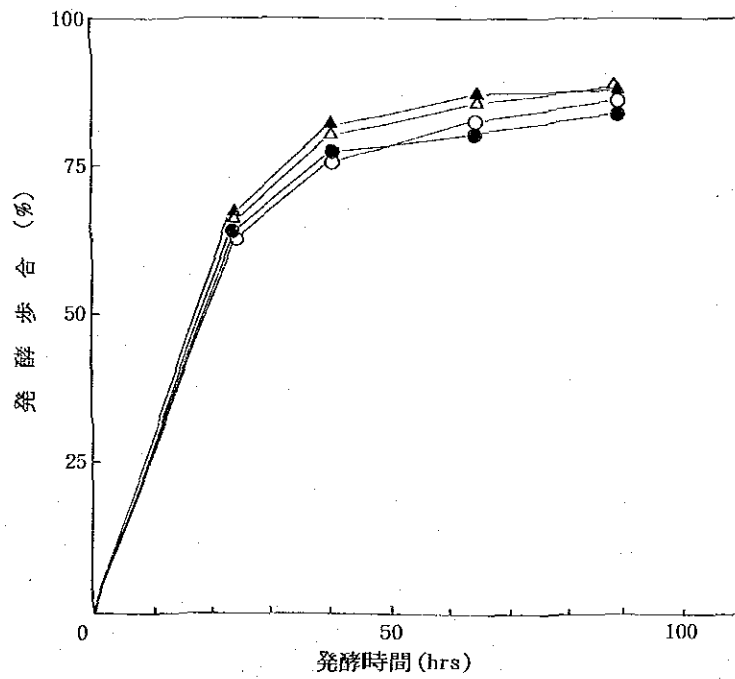


図 19. 酵素種の発酵に及ぼす影響

- 50°C pH 5.5 - N社 0.06%
 - 50°C pH 5.5 - A社 0.06%
 - △ 60°C pH 5.5 - N社 0.06%
 - ▲ 60°C pH 5.5 - A社 0.06%
- [N社: AMG 300L
A社: グルクザイム 6,000]

4.3.6 糖化条件の検討結果

- ① 糖化温度 50℃に比べ60℃が発酵歩合は高い。
- ② 至適 pH N社のAMG 300 LはpH 4.5の方が5.5に比べ糖化率は高いが、A社のグルクザイム 6,000はpH 5.5が高い。しかし発酵成績では大差はなかった。
- ③ 最適酵素濃度 酵素濃度(対全糖)0.03%に比べ0.06%の方が発酵歩合が高い。
- ④ 割砕条件 荒粉碎・細粉碎について発酵試験を行ったが、粉碎強度の差はなかった。
- ⑤ 酵素種 AMG 300 Lが糖化力は高いが、クルクザイム 6,000との発酵歩合の差は少ない。

4.4 低温蒸煮によるアルコール発酵試験

液化・糖化条件の検討の結果より、表1に示す実験配置でアルコール発酵試験を実施した。結果を表2に示す。

表1. 低温蒸煮によるアルコール発酵の実験配置

条件	槽 No	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7 ^{*-3}
液化工程 ^{*-1}								
温度(℃)		70	70	70	80	80	80	80-120
pH		5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
酵素種		N-Termamyl	N-Termamyl	A-AD3	N-Termamyl	N-Termamyl	N-Termamyl	N-Termamyl
酵素量(対全糖%)		0.1	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1	0.1
粉碎度		細	細	細	細	細	荒	細
糖化工程 ^{*-2}								
温度(℃)		60	60	60	60	60	60	60
pH		4.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
酵素種		N-AMG	N-AMG	A-グルクザイム	N-AMG	N-AMG	N-AMG	N-AMG
酵素量(対全糖%)		0.06	0.06	0.06	0.03	0.06	0.06	0.06

*-1 液化の反応時間 1時間 *-2 糖化の反応時間 1時間 *-3 高温蒸煮法

表2. 低温蒸煮によるアルコール発酵試験結果

分析項目	槽 No	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7
pH		4.03	4.43	4.43	4.43	4.42	4.43	4.48
アルコール(V/V%)		9.53	9.82	9.55	9.24	10.12	8.87	10.15
残全糖(%)		0.52	0.40	0.84	0.84	0.64	0.60	0.64
残グルコース(%)		0.10	0.08	0.12	0.10	0.09	0.11	0.10
酸度(mL)		5.40	3.80	3.95	3.55	3.80	3.45	3.90
発酵歩合(%)		90.2	93.0	90.4	87.5	95.8	96.4	96.0
発酵時間		90	90	90	90	90	90	90

発酵試験の結果をまとめた。

- ① 液化温度 発酵歩合は高温蒸煮 = $80^{\circ}\text{C} \geq 70^{\circ}\text{C}$ の順であった。80℃低温蒸煮法でも発酵歩合95%以上が期待できる。70℃に於いても93%が得られたが、安全面も考え80℃の液化温度が良好と思われる。尚、液体クロマトグラフによる有機酸の分析結果を表3に示した。高温蒸煮法は、70℃、80℃の低温蒸煮法に比べ乳酸の生産量が少ない。
- ② 酵素種 N社の Termamyl 120L と AMG 300L の組み合わせが、A社の AD3 と グルクイム 6,000 より良好な結果を得た。しかし Ca^{++} などの添加物の影響は全く試験をやっていないため、使用至適条件については検討の余地があると思われる。
- ③ 酵素濃度 液化酵素（対全糖）0.1%、糖化酵素（対全糖）0.06%が適当で、これより添加量を低くすると発酵歩合は低下する。
- ④ 細・荒粉碎 粉碎強度について発酵性をみたが大差はなかった。
- ⑤ 至適な pH 液化 6.0、糖化 5.5 であるが、雑菌汚染の対策となる液化・糖化の pH を下げた F-1 と F-2 より、pH が低下してもアルコール生産に関しては、発酵歩合で 2～3% の低下にとどめられる。

表 3. 液体クロマトグラフによる有機酸の分析結果

槽 No	有機酸名	コハク酸	乳酸
F-2		0.86 g/l	8.39 g/l
F-5		1.12 g/l	9.39 g/l
F-7		0.93 g/l	6.12 g/l

考 察

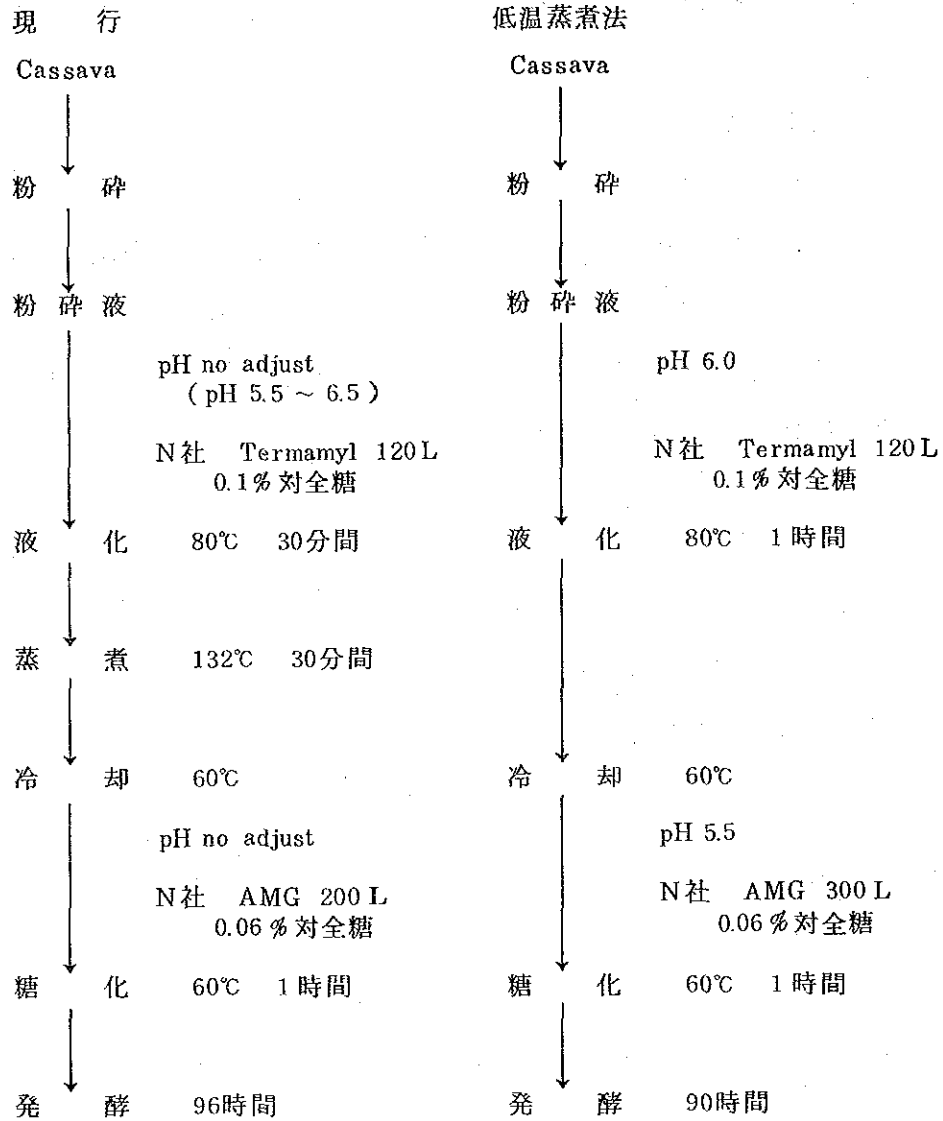
以上の結果より低温蒸煮によるアルコール発酵の基本条件を表4にまとめた。

表 4. 低温蒸煮によるアルコール発酵基本条件

液 化 工 程	基 本 条 件
温 度	$70 \leq 80^{\circ}\text{C}$
p H	6.0
酵 素 種	N社 Termamyl 120L
酵素量(対全糖)	0.1%
粉 碎 度	-
反 応 時 間	1 時間
糖 化 工 程	基 本 条 件
温 度	60℃
p H	5.5
酵 素 種	N社 AMG 300L
酵素量(対全糖)	0.06%
反 応 時 間	1 時間

5. 工業試験用作業マニュアル

低温蒸煮によるアルコール発酵試験結果をもとに、作業マニュアルを作成した。



大きな変更点は蒸煮工程を省略する点である。その他については、液化工程中の pH 低下に注意すれば、現行の作業指導書に準じる。

6. 引用文献

1. 唐木 功、発酵と工業：41 (8) 672 (1983)
2. 木場洋次郎・上田誠之助、醸造協会誌：75 (10) 858
3. 上田誠之助、農芸化学会誌：31、898 (1957)
4. 貝沼圭二、澱粉化学：28 (4) 238 (1981)

業務主任技術者

長 島 実

協和醸酵工業(株)

防府工場 技術研究所

JICA