澱粉質原料を用いての無蒸煮エタノール醱酵

上 田 誠之助*

Ethanol Fermentation of Starch Materials without Cooking

Seinosuke UEDA

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture,
Kyushu University
(Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan)

1. Ethanol fermentation of rice without cooking was performed by using black-koji amylase.

From 14 to 15 vol% of ethanol was successfully produced in rice powder broth at 30°C and pH 3.5 for 5 to 10 days.

2. Semi-continuous ethanol fermentation of corn starch or cassava starch without cooking was carried out by using black *Aspergillus* glucoamylase preparation.

Raw starch was mixed with *Asp. niger* glucoamylase preparation, water and yeast at pH 3.5 and 30°C. After one day fermentation, about 10 vol% of ethanol produced in the broth was distilled out in vacuum and the residue was reused as a source of amylase and yeast for the next fermentation. Such fermentation process could be repeated for twenty days, during which one dialysis was performed.

3. Ethanol fermentation of cassava roots or sweet potato roots without cooking was performed by using *Asp. niger* glucoamylase preparation or black *Asp.* mold bran.

From 12 to 13 vol% of ethanol was produced in cassava broth at pH 3.5 and 30°C for five days. About 10 vol% ethanol was produced in sweet potato broth at pH 3.5 and 38°C for 3-4 days.

4. *Rhizopus* glucoamylase preparation could be used in ethanol fermentation of sweet potato without cooking at pH 4.5 and 38°C for 3-4 days, in which 0.02% of potassium pyrosulfite must be added to protect the contamination.

1973年の石油ショックで、石油の価格が一挙に3倍に暴騰し、世界経済を混乱におとし入れたが、そのとき以来、人々は化石エネルギーから他のエネルギーとくにrenewableなバイオマスエネルギーに目を転ずるようになった。ブラジルにおいてはサトウキビから、アメリカにおいてはトウモロコシからのエタノール生産が行われ、ガソリン代替として使用されている。澱粉からのエタノール生産の場合には砂糖からのエタノール生産の場合にはない工程、すなわち、澱粉の熱による糊化、アミラーゼによる糖化の工程が必要で、この工程にエタノール生産工程に要するエネルギーの20~30%が費されていると

いわれている。一方、われわれの研究室では、かびのグルコアミラーゼが生澱粉を比較的容易に分解し、しかもその作用が α -アミラーゼやイソアミラーゼにより促進されることを見出している¹⁾。そこでわれわれはこれらの酵素を利用して澱粉質原料の無蒸煮エタノール醱酵を試みた。

実験方法

澱粉質原料を粉碎し、蒸煮することなく、水、黒麹菌グルコアミラーゼ製剤(または麴麴、液体麴)、酵母を加え、30°CにてpH 3.5付近にて醱酵を行う。半連続醱酵に際しては、30°Cにて1日間醱酵させて、約10 vol%のエタノールが生成した醱酵もろみを35~40°Cにて減圧

* 九州大学農学部食糧化学工学科 (812 福岡市東区箱崎)

蒸留し、エタノールを取得し、残液には消費された澱粉量(醱酵炭酸ガス量から逆算)の澱粉、水を追加し、pH を 3.5 に再調節し、醱酵を再開する。

実験結果

1. 白米粉、トウモロコシ粉の黒麹アミラーゼを用いての無蒸煮エタノール醱酵

1) 麹麴を使用しての醱酵試験²⁾

麹麴としては麹 22 g、小麦粉 2 g、粳穀 2 g、水 16 ml を 500 ml 三角フラスコに取り 20 lb/in² (1.3 気圧) 30 分殺菌し、*Aspergillus awamori* 河内株胞子を 1 白金耳接種し 3 日間 30℃ に置いたものを麴として使用した。酵素液としては 10% 麹麴抽出液を 10% 塩酸にて pH 3.6 に調節したものを使用した。酒母としては *Saccharomyces sake* を麴汁に培養しえられた泥状酵母 0.7~1.0 g を 4 ml の水に懸濁して酒母として使用した。白米粉は白米をボールミルにて粉碎したものを使用した。

(i) 酵素量の影響：酵素液 70 ml または 58 ml、白米粉 30 g、水道水 10 ml または 22 ml、酒母 3 ml、さらに 1/5 N HCl 3 ml を加え、液の pH を 3.6 に調節してもろみとした。このもろみを 30℃ に置き、ときどきゆるく攪拌する。9 日間にて醱酵が終了する。表 1 か

表 1. 酵素量の影響

	A	B	C
醱 酵 日 数	9	9	9
エ タ ノ ール (vol %)	13.6	13.6	13.3
全 容 (ml)	98	98	98
pH	4.0	4.0	4.0
酸 度	5.2	5.4	5.4
残 全 糖 (%)	0.9	0.8	1.1
残 直 糖 (%)	痕跡	痕跡	痕跡
醱 酵 歩 合 (%)	83.0	83.0	81.2

A, 酵素液 70 ml, 酒母 30 ml; B, 酵素液 70 ml, 酒母 4 ml; C, 酵素液 58 ml, 酒母 3 ml.

表 2. 白米粉砕時間の影響

	A	B
粉 砕 時 間 (hr)	0.5	5.0
醱 酵 日 数	7	7
エ タ ノ ール (vol %)	13.6	12.8
全 容 (ml)	103	103
酸 度	6.4	6.4
醱 酵 歩 合 (%)	87.3	83.7

ら明らかなように酵素液を 70 ml 使用した A も、酵素液を 58 ml 使用した C も良好な醱酵歩合を示し、酵素濃度の影響はほとんどみられなかったが、以後の実験には酵素液 70 ml を使用した。酒母量を 4 ml とふやした B も醱酵成績は酒母量 3 ml の A とほとんど同じであった。

(ii) 白米の粉碎時間の影響：0.5 時間粉碎のものと 5 時間のものとを比較した。表 2 より明らかなように、粉碎時間 0.5 時間の A が 5 時間の B より良好な醱酵成績を示したが、これは長時間の粉碎に際して粉碎された微粉が再結合したり、醱酵に際し微細な粒子の沈渣が底部に固着し、アミラーゼ作用を受けにくくしたためかもしれない。

(iii) 温度の影響：無蒸煮エタノール醱酵では、糖化しつつ醱酵が進行する並行複式醱酵であるので、醱酵をより早く進行させるには高温にて糖化を促進することが望ましい。一方、もろみの香味の点からは低温醱酵が望ましい。30℃、24℃、室温(6~14℃)の 3 種の温度で醱酵試験を行った。30℃、24℃ともに醱酵日数 10 日、醱酵歩合 90%、エタノール 15.4 vol% と差はなかったが、室温のものは醱酵日数 30 日と長く、エタノールも 14.6 vol% しか生成されず、しかも香味の点も麹麴からの苦味、臭気強く、高温醱酵のものとの差は見出しえなかった。

(iv) 白米粉とトウモロコシ粉の比較：0.5 時間と同程度の粉碎度をうるため 2 時間粉碎したトウモロコシ粉について白米粉と比較しつつ醱酵試験を試みた。醱酵日数 10 日、醱酵歩合 83% とほとんど両者の間に差は認められなかったが、トウモロコシ粉は白米粉に比し全糖分が低いエタノール濃度は 12.8 vol% と白米粉の 14.6 vol% より低濃度であった。

2) 液体麴を使用しての醱酵試験³⁾

液体麴としては 500 ml 容坂口フラスコに培養液(馬

表 3. 酵素量の影響

	A	B	C
醱 酵 日 数	5	7	8
エ タ ノ ール (vol %)	14.6	14.6	14.4
残 全 糖 (%)	1.00	1.09	1.47
残 直 糖 (%)	痕跡	痕跡	痕跡
酸 度	6.0	5.8	6.0
pH	3.8	3.8	3.8
醱 酵 歩 合 (%)	90.4	90.4	89.1

A, 酵素液として菌体とも使用した(80 ml); B, 酵素液として菌体を除去した培養液を使用した(80 ml); C, 酵素液として A の 1/2 量を使用した。

鈴薯澱粉 3 g, 酢酸アンモニウム 1.1 g, K_2HPO_4 0.3 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.1 g, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 0.07 g, NaCl 0.05 g, グルコース 0.1 g, 水 100 ml) を加え, 殺菌後, *Asp. awamori* 河内株の孢子1白金耳を接種し, 30℃にて4日間振盪培養したものを使用した。この培養液を10%塩酸にて pH 3.6 に調節し, 酵素源とした。もろみとしては 300 ml 醸酵ビンに酵素液 80 ml, 白米粉 30 g を加え, これに 10° Bllg° 麴汁 5 ml に 30℃, 24 時間培養した *Sacch. sake* の菌体を遠心分離にて集めた泥状酵母を加えた。エタノール醸酵は 30℃にて行った。

(i) 酵素量の影響: Aは酵素液 80 ml を菌体ともに使用した。Bは菌体除去液を 80 ml 使用した。CはAの1/2 量すなわち 40 ml 菌体ともに使用した。表3から明らかなように醸酵日数に5~8日と差がみられるが, 醸酵歩合, エタノール濃度にはほとんど差は認められなかった。

(ii) 脱脂大豆の検討: 培養液に酢酸アンモニウムを使用すると醸酵液は飲料にはならないので, その代りに脱脂大豆を使用した。Aは馬鈴薯澱粉 3 g と脱脂大豆 3 g, Bは馬鈴薯澱粉 3 g と脱脂大豆 2 g, Cは馬鈴薯澱粉 3 g と脱脂大豆 1 g, Dは馬鈴薯澱粉 2 g と脱脂大豆 2 g, Eは馬鈴薯澱粉 1 g と脱脂大豆 1 g にて, それぞれ液体麴を調製し, 白米粉の無蒸煮エタノール醸酵の糖化剤に使用した。Cすなわち馬鈴薯澱粉 3 g, 脱脂大豆 1 g の場合を除き, ほかは5~7日で醸酵が終了し, 14 vol% 前後のエタノールが得られ, 香味の点で若干の進歩がみられた。

(iii) 各種白糠の検討: 特級, 2級, 3級, 中品の白糠につき無蒸煮エタノール醸酵を試みた。醸酵液には馬鈴薯澱粉 1 g と脱脂大豆 1 g のものを菌体ともに使用した。醸酵日数8~10日で, エタノール 12 vol%(特級)~10%(中品)でいずれも残全糖分 0.5% またはそれ以下であった。

2. 生澱粉の黒麹アミラーゼを用いての半連続, 無蒸煮エタノール醸酵⁴⁾

1) トウモロコシ生澱粉

(i) 澱粉懸濁液の濃度ならびに攪拌の有無の検討: 澱粉 (10~20 g), 黒麹菌グルコアミラーゼ剤 (5600U), 圧搾パン酵母 0.5 g に水を加え酸にて pH を 3.5 に調節しつつ全容を 50 ml とする。30℃にてスターラーでゆるく攪拌し, または攪拌せずに1日エタノール醸酵にかける。生成されたエタノールを減圧蒸留で分取し, 残液に消費された澱粉相当量の澱粉を加え, 水にて原容に復し, pH を 3.5 に調節し, 醸酵を再開する。図1にみ

図1. エタノール生産へのトウモロコシ澱粉の濃度の影響

△と▲, 20%; ○と●, 30%; □と■, 40%.

白抜きシンボルは静置, 塗りつぶしシンボルは振盪.

図2. 半連続醸酵における醸酵もろみ透析(A)と菌体添加(B)の影響

(A) エタノール生産性が減少した4日目もろみを透析コラーゲン膜に入れ水道水に対し透析した。

(B) *Aspergillus awamori* var. *kawachi* を麴汁を用いロータリーシェーカーで培養, 約 3 g の湿潤菌体を4日目, 9日目, 13日目に加えた。

られるように澱粉 30% 懸濁液で攪拌した場合が毎日約 10 vol% のエタノールが得られることが明らかとなった。しかしながら, いずれの場合も3~4回反復すると急に醸酵力が衰えることが判明した。

(ii) 透析および菌体添加の影響: 前述のように半連続醸酵を3~4回行うと醸酵力が急激に減少する原因として, 酵母の生産する低分子生成物(アルデヒド類, 脂

図 3. キャッサバ澱粉の半連続醱酵へのイソアミラーゼの影響

■, アミラーゼ (5600U); ▲, アミラーゼ (2800U) + イソアミラーゼ (45000U); ●, アミラーゼ (5600U) + イソアミラーゼ (45000U).
↑, 透析処理.

図 4. もろみ粘度の時間経過との関係

▲, グルコアミラーゼ製剤; ○, *Asp. oryzae* 麹; ●, *Asp. niger* 麹.

表 4. 各種キャッサバのアミラーゼ製剤を用いての無蒸煮, エタノール醱酵

キャッサバの種類		STR-59	STR-AIPIM BRAVO	STR-TAQUARI	IAC-12.829
全	容(ml)	190	190	190	190
全	糖(%)	18.00	18.76	22.60	21.50
残 全	糖(%)	0.90	0.70	0.70	0.80
エ	タノール(vol %)	10.8	9.8	11.4	12.8
醱	酵 歩 合(%)	94.7	82.4	79.5	93.6

脂肪酸など)による酵母の醱酵阻害が考えられるので, 醱酵もろみの水道水透析または黒麹菌菌体の添加による阻害物の吸着を試みた. 図2より明らかなように水道水1夜透析によっても, 菌体添加によっても, 醱酵力が維持されることが判明した. ついで, これまで使用してきた圧搾パン酵母は好氣的条件下で生成された細胞であるので, 嫌氣的条件(静置培養)で得られた酵母菌体を用いて, 半連続醱酵を試みたところ, 20回にわたる半連続醱酵の途中でわずか1回の透析のみで醱酵が順調に進行することを見出した.

2) キャッサバ生澱粉

(i) 好気培養酵母と静置培養酵母の比較: キャッサバ生澱粉の黒麹菌グルコアミラーゼ製剤を用いての半連続エタノール醱酵を試みた. この場合, 好氣的に得られた酵母細胞と同じ酵母の静置培養で嫌氣的に得られた酵母細胞とを対比させた. 毎日得られるエタノール濃度は約9 vol%前後とトウモロコシ生澱粉の場合より若干劣るが, これはキャッサバ澱粉がトウモロコシ生澱粉よりグルコアミラーゼで分解されにくいことに起因する. この場合も, 嫌氣的に得られた酵母細胞のほうが醱酵力の

低下が少なく, わずか1回の透析のみで20回の半連続エタノール醱酵を行うことができた. 図3に示すように細菌 *Pseudomonas* sp. のイソアミラーゼの添加によりグルコアミラーゼ製剤による生澱粉分解が促進され, 毎日10~11 vol%のエタノールが生成された.

3. キャッサバイモの黒麹菌アミラーゼを用いての回分エタノール醱酵⁵⁾

1) 黒麹菌グルコアミラーゼ製剤を用いてのエタノール醱酵

キャッサバイモの搗碎物 120 g, 水60 ml, 10% 硫酸液 3.5~4.0 ml (もろみの pH を 3.5 に調節する), 15% パン酵母懸濁液 6 ml, 10% グルコアミラーゼ液 (天野製薬(株)) 4 ml を加え, 醱酵栓を付し, 30°C にて醱酵させる. 醱酵は5日間にて終了した. 4種類のキャッサバイモを比較することができた. 表4より明らかなように, キャッサバイモの種類によりエタノール濃度, 醱酵歩合に若干の相違がみられるも, その原因はおもにキャッサバイモの種類の相違によるところが大で, 醱酵日数5日で10 vol%前後のエタノールがえられ, キャッサバイモを蒸煮した場合はキャッサバ澱粉の粘度が大で, セ

いざい 7 vol% 前後のエタノール濃度しかえられず、もろみのエタノール濃度を高く仕込めるのも無蒸煮エタノール醱酵の長所である。

2) 黒麹菌の麴を用いてのエタノール醱酵

2種の黒麹菌の比較：2種の黒麹菌 *Asp. awamori* NRRL 3112 と *Asp. niger* の麴を調製し、グルコアミラーゼ製剤の代りに麴 10 g を使用した。この場合も醱酵は30℃、5日間にて終了し、その醱酵成績は *Asp. awamori* の場合 94%、*Asp. niger* の場合 90% と良好で、キャッサバイモも黒麹菌アミラーゼを用いての無蒸煮エタノール醱酵に供しうることが明らかとなった。しかも、麴使用の場合はグルコアミラーゼ製剤の場合と異なり、図4にみられるように、もろみの粘度が極端に低下させられることを知った。この植物組織崩壊活性(マセレイティング活性)がイモ類の無蒸煮エタノール醱酵を促進するものと考えられる。また麴量を検討したところ、120 g のキャッサバイモに対し 5 g の麴で足

りることを知った。

4. 甘藷の黒麹菌アミラーゼを用いての無蒸煮エタノール醱酵⁶⁾

黒麹アミラーゼによる生澱粉試験において甘藷生澱粉はキャッサバ生澱粉より分解されにくいことを明らかにしている⁴⁾。

1) 黒麹菌麴を用いての試験

甘藷播砕物 50 g、水 50 ml、圧搾酵母 3.0 g に *Asp. niger* No. 20 の麴をそれぞれ 2.5, 5, 7.5, 10 g を加え、80% リン酸にて pH を 3.5 とし、30℃ にて醱酵にかけた。図5にみられるように醱酵日数7～8日を要し、キャッサバの場合の5日より若干醱酵日数が長かった。麴も 5 g (甘藷に対し 10%) は最低必要で、キャッサバの場合キャッサバに対し 4% の麴でよかったのに対し約 2.5 倍必要であることが判明した。

2) 黒麹菌グルコアミラーゼ製剤を用いての試験

黒麹菌グルコアミラーゼ製剤が麴に比しマセレイティング活性(植物組織崩壊活性)が弱いことが前述のキャッサバの場合明白にされているので、甘藷の場合もマセレイティング活性のあるセルラーゼ製剤、ペクチナーゼ剤の添加効果を醱酵温度30℃にて調べた。その結果を表5に示した。

セルラーゼ製剤やペクチナーゼ剤の添加によって、もろみの液化が促進されるとともに、醱酵日数が短縮され、エタノール収率も大きくなることが判明した。一方、麴の場合はグルコアミラーゼ活性がグルコアミラーゼ製剤の場合の1/4なのに醱酵日数はやや短く、エタノール収率は同一であった。麴のもつマセレイティング活性によって差があらわれたものと思う。ついて醱酵温度を38℃に上昇させたところ、醱酵は3～4日にて終了し、満足すべき結果がえられた。

図 5. 甘藷の無蒸煮エタノール醱酵麴量の検討
%, 甘藷に対する麴の重量%。

表 5. セルラーゼ剤またはペクチナーゼ剤の影響⁷⁾

酵 素 の 種 類	グルコアミ ラーゼ活性	エタノール (vol %)		エタノール収率 (%)
		6 日 目	8 日 目	8 日 目
グルコアミラーゼ剤* 単独	2800	7.2	7.5	88.2
グルコアミラーゼ剤+セルラーゼ剤**(0.05%)	2970	7.9	7.9	92.9
グルコアミラーゼ剤+ペクチナーゼ剤*** (0.05%)	2814	7.8	7.8	91.8
(0.10%)	2828	7.8	7.8	91.8
(0.50%)	2940	7.9	7.9	92.9
<i>Asp. niger</i> No. 20 麴	700	7.4	7.5	88.2

* 天野 Glucuzyme GNL-2000, ** 阪急 Cellulosin AF-10, *** 天野 Pectinase G.

表 6. メタ重亜硫酸カリのエタノール醱酵への影響 (醱酵結果)

メタ重亜硫酸カリ (%)	pH	容 量 (ml)	酸 度	残 直 糖 (%)	残 全 糖 (%)	エタノール (vol %)	醱酵歩合 (%)
0	4.1	99	7.8	0.31	0.98	8.5	84.4
0.02	4.4	102	5.6	0.23	0.70	8.6	85.3
0.05	4.3	101	5.8	0.37	0.88	8.8	87.3
0.10	4.3	102	5.8	0.44	0.94	8.8	87.3

図 6. リゾープス属グルコアミラーゼ製剤と黒麹菌グルコアミラーゼ製剤の生澱粉分解比較

5. リゾープス属及びグルコアミラーゼ剤を用いての甘藷の無蒸煮エタノール醱酵⁸⁾

- 1) リゾープス属及びグルコアミラーゼ剤 (RG と略す) と黒麹菌グルコアミラーゼ剤 (AG と略す) の生澱粉分解力の比較

反応液: 甘藷生澱粉 0.2 g, 0.5M クエン酸緩衝液 2 ml, 脱イオン水 6 ml, 1% グルコアミラーゼ 2 ml (7.25 U/ml), トルエン 2 滴。

反応条件: 40℃にて、ゆるく振盪し、24時間反応させる。

結果を図6に示す。糊化澱粉に対する糖化力を同一にしているにもかかわらず、RGのほうがAGよりそれぞれの作用の至適pHにおいてみると、約3倍強いことが明らかとなった。このことはすでに明らかにしている次の事実¹⁾からも推測されていた。リゾープスグルコアミラーゼIIがグルコアミラーゼIに類似していて、澱粉の α -1,6-結合も切断でき、生澱粉分解に際しても、 α -ア

図 7. リゾープス属グルコアミラーゼ製剤濃度の検討

ミラーゼの促進効果をうけるのに、黒麹菌のグルコアミラーゼIIは澱粉の α -1,6-結合切断能もほとんどなく、生澱粉分解に際し、その力は微弱でしかも α -アミラーゼの促進効果もうけないという事実を証明している。

- 2) RGを用いての甘藷の無蒸煮エタノール醱酵

(i) メタ重亜硫酸カリの濃度の検討: RGの作用の至適pHが4.5で、無蒸煮醱酵では雑菌汚染の懸念があるので、ブドウ酒醸造の際に雑菌汚染防止に使用されているメタ重亜硫酸カリの添加効果を調べた。

もろみ組成: 甘藷播砕物 50 g, 水 50 ml, セルロシン AF-10 (阪急セルラーゼ剤) 0.05 g, 圧搾パン酵母 3 g, RG 3 ml (2175 U), メタ重亜硫酸カリ 0, 0.02, 0.05, 0.1 g をそれぞれ添加し、80% リン酸にてpHを4.5に調節して38℃にて醱酵に供した。4日で醱酵が終了した。醱酵もろみの分析結果を表6に示す。メタ重亜硫酸カリ無添加で若干酸度の増加がみられ、雑菌の汚染が起るも、0.02~0.1 gのメタ重亜硫酸カリの添加では酵母の醱酵は正常で、雑菌汚染もなく、円滑なエタノール醱酵が行われた。

(ii) グルコアミラーゼ濃度の検討: これまでの実験で AG も RG も甘藷 50 g に対し 3 ml (約 2000 U) を加えたが, 前述のように RG が AG より生澱粉分解力が 3 倍も強いので, 無蒸煮エタノール醱酵に際して酵素濃度を減じうる可能性があるので, 酵素量を 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 ml とかえ 38℃ にて醱酵を行った. その他の条件は前節に同じ. 図 7 から明らかなように, 1.0 ml では醱酵が若干遅れるも, 醱酵はいずれの醱酵濃度でも 4 日で終了した. RG は少なくとも AG の 1/2 の濃度で甘藷 50 g の無蒸煮エタノール醱酵に十分であることが判明した.

結 論

1. 白米粉, トウモロコシ粉は黒麹菌の麴抽出液または液体麴を糖化剤として無蒸煮エタノール醱酵ができ, 白米粉の場合 30℃ にて 13~14 vol% のエタノール濃度のもろみが 7~10 日でえられ, トウモロコシ粉では 30℃ にて 10 日で 12.8 vol% のエタノールがえられた.

2. 黒麹グルコアミラーゼ剤を使用し, コーンスターチ, キャッサバ澱粉の半連続エタノール醱酵を実施し, 静置培養酵母の使用, 減圧蒸留によるエタノールの取得により, わずか 1 回の水道水透析だけで, コーンスターチの場合, 毎日約 10 vol%, キャッサバ澱粉の場合毎日約 9 vol% のエタノールが 20 日にわたりえられた.

3. キャッサバイモの黒麹菌アミラーゼを用いての無蒸煮エタノール醱酵において, 黒麹菌グルコアミラーゼ剤の使用により 30℃ にて醱酵日数 5 日, エタノール濃度 9.8~12.8 vol%, 醱酵歩合 80~90% であった. 黒麹菌の麴の使用によっても, 同様の成績がえられたが, この場合はマセレイティング活性が大で, グルコアミラーゼ活性は少なくても足りることが判明した.

4. 甘藷の黒麹菌アミラーゼを用いての無蒸煮エタノール醱酵において, 麴の場合, 甘藷重量の 10% を必要とし, 30℃ にて醱酵日数 7~8 日, 10.6 vol% のエタノール, 約 97% の醱酵歩合をえている. 黒麹菌グルコアミラーゼ製剤の使用に際してはキャッサバの場合と同様マセレイティング活性を補充する必要があり, セルラーゼ剤やベクチナーゼ剤の反応もろみへの補充は醱酵日数の短縮のみならず醱酵歩合の上昇にも役立った. 38℃ の醱酵温度では醱酵日数は 3~4 日に短縮され, 醱酵も円滑に進行した.

5. リゾープス属かびグルコアミラーゼ剤(RA)を用いての甘藷の無蒸煮エタノール醱酵において, 黒麹菌グルコアミラーゼ剤(AG)と生澱粉分解力を比較したとこ

ろ, それぞれの作用の至適 pH で測定して RG のほうが AG より生澱粉分解力が 3 倍ほど強かった. ついで RG を糖化剤に甘藷の無蒸煮醱酵を試みたが, この場合, 防腐剤として 0.02% のメタ重亜硫酸カリの添加が必要であった. RG の添加量は AG の 1/2 またはそれ以下で十分であった. 38℃ で醱酵日数 4 日であった.

文 献

- 1) S. UEDA: Raw Starch Digestion by Mold Glucoamylases and Debranching Enzymes. in Mechanisms of Saccharide Polymerization and Depolymerization, J. J. MARSHALL ed., Academic Press, New York (1980).
- 2) 山崎何恵, 上田誠之助, 島田豊明: 醸協, **21**, 83 (1963).
- 3) 上田誠之助, 古賀偉郎: 醸協, **23**, 133 (1965).
- 4) S. UEDA and Y. Koba: *J. Ferment. Technol.*, **58**, 237 (1980).
- 5) S. UEDA, C. T. ZENIN, D. A. MONTEIRO and Y. K. PARK: *Biotech. Bioeng.*, **23**, 291 (1981).
- 6) 木場洋次郎, 上田誠之助: 醸協, **75**, 858 (1980).
- 7) 上田誠之助: 発酵と工業, **39**, 804 (1981).
- 8) 上田誠之助, 木場洋次郎, 松岡麻男: 日本醸酵工学会大会にて講演 (1981); *J. Ferment. Technol.*, 投稿中.

【質問】

東京農大総研 中村

1. 原料としてキャッサバを用いた場合とサトウキビを用いた場合とで, アルコール 1 kl 当りの費用はどのようになるでしょうか.

2. 現在キャッサバを用いて工業的にアルコールを製造することは世界的にまだ行われていないと考えてよいのでしょうか.

3. ブラジルのセラド地帯に酸性土壌で低 P, 高 Mn 土壌であると思いますが, このようなところでサトウキビが栽培できるのでしょうか.

【答】

1. 古い data ですが, ブラジルでアルコール 1 kl 当りの製造コスト糖蜜で 42,000 円, サトウキビで 69,420 円, キャッサバで 78,800 円.

2. キャッサバを用いた, 小規模工場はあるかもしれませんが, 大規模工場は聞いたことはありません.

3. セラド地帯でのサトウキビは無理で, ブラジル政府は一時キャッサバ栽培を奨励していましたが, 本年夏には小麦栽培を奨励していました.

【質問】

林原生物化学研 辻阪

酵素の精製に際し, 澱粉非吸着のアミラーゼが多量に

みとめられるが、この酵素は生澱粉分解に関係ないので
すか。

【答】

おそらく生澱粉量に対しアミラーゼ量が過剰のためか
と思います。希薄なアミラーゼ量で多量の生澱粉に吸着
させられ、それでも吸着できないアミラーゼがあります
とき、非吸着アミラーゼとし、このアミラーゼは生澱粉
に作用力が弱いようです。

【質問】

林原生物化学研 辻阪

1. *Rhizopus* のグルコアミラーゼは無蒸煮の澱粉を
よく分解するとのことですが、本来 *Rhizopus* の場合
endo-PG や hemicellulase (アラビノキシラナーゼ) の
量は *Asp. niger* よりも少ないと思います。したがって
Rhizopus の酵素剤にペクチナーゼ系の酵素を加えれば

生イモの分解がさらに促進するのではないのでしょうか。

2. 先生のご研究では *Rhizopus* のグルコアミラーゼ
は澱粉に吸着するものとししないものに分けておられる
が、私の実験では、カラムクロマトで4種に分れるが澱
粉吸着はいずれも同じ挙動をします。この点について
のお考えをお聞かせいただければと思います。

【答】

1. そのとおりです。われわれの場合もセルラーゼ製
剤を加えて実験しております。

2. グルコアミラーゼ剤の希薄溶液に pH 5.0 付近で
冷時コーンスターチを多量加えられ、全部吸着されるよ
うでしたらその酵素剤には澱粉非吸着のアミラーゼはな
いことになります。