無 蒸 煮 米 に よ る 醸 造

秋 山 裕 一*

Sake Brewing from Raw Rice

Hiroichi AKIYAMA

*National Research Institute of Brewing
(2-6, Takinogawa, Kita-ku, Tokyo 114, Japan)*

The conventional Sake brewing requires a large amount of heat especially in the rice steaming process. We have attempted to make Sake from unsteamed white rice (75% polishing yield) for the economy of energy.

We made Sake according to the conventional Sake brewing method, except for the omission of rice steaming and the use of commercial enzymes for saccharification instead of rice koji. Activity of glucoamylase used was 5 to 10 times as high as that used for the conventional procedure.

The resulting Sake contained more than 18% of alcohol after 15 days' fermentation, and had an excellent quality and was rich in variety. Proteins in raw rice grains were easily decomposed by proteolytic enzymes and more amino acids were produced than from cooked rice grains.

The process of fermentation with raw rice grains was different from that with steamed rice in the following points:

- 1) At the early stage of moromi fermentation, reducing sugars were scarcely accumulated.
- 2) Amino acids contents in the final products (Sake) differed from each other depending on the activities of acid carboxypeptidase in the enzyme preparation used.
- 3) After cessation of the alcoholic fermentation, the amount of reducing sugars and amino acids in the moromi linearly increased.

By controlling the water content of raw rice grains or wheat bran at the adequate level, *Rhizopus* and *Aspergillus* could grow very actively and produced various enzymes at the same level as steamed rice koji and wheat bran koji.

従来、酒類やアルコールの製造において、澱粉質原料は α 化するために、必ず蒸煮して用い、それに多量のエネルギーを消費してきた。近年、世界的なエネルギー危機から、代替エネルギーや省エネルギー問題が、各産業界で大きな問題となっている。

アルコールもガソリンの代替として、ブラジル国では実用化に入っており、東南アジアでも注目されているが、イモ類などの澱粉質を原料とする場合には、上記の問題が生じてくる。生の澱粉やイモ類の糖化、アルコール発酵については、上田ら¹⁻³⁾や山本ら⁴⁾がそれぞれの立場から研究して、実用化が検討されている。米については山崎と上田⁵⁾が黒麹菌のふすま麹の酵素を用いて糖化発

酵をさせ、15.4%のアルコールを得ているが、酒としては問題があるとしている。

筆者らは、醸造における省エネ問題の一課題として、原料米の無蒸煮利用を検討しており、通常清酒醸造条件で、20%のアルコール分の酒を得た。その概要は、(1)米粒のままで、(2)市販の醸造用糖化酵素剤を用い、(3)並行複発酵形式によって、原料利用率も良好で、好成績を得た。またアミノ酸の生成については布川らの指摘⁶⁾のように酸性カルボキシペプチダーゼ力価に強く影響されること、また生米のほうが生成がよいことを明らかにした^{14,15)}。

さらに無蒸煮米による製麴を検討し、白米水分を適正にすれば、菌体の生育、酵素生産の十分な米麴が得られることを知った¹⁵⁻¹⁷⁾。この事実から、中国大陆での麴子

* 国税庁醸造試験所 (114 東京都北区滝野川 2-6-30)

は、生穀粉にリゾブスを生育させたもので、日本の蒸米の麴と異なるわけであるが、その理由について推測を行ったので、まとめて報告する。

1. 実験方法

日本晴75%精白米を米粒のままで用い、小仕込は白米200 g を、中間試醸には 30 kg, 100 kg のスケールで、清酒仕込と同じく三段仕込とした。汲水量は通常の蒸米仕込（汲水歩合 120%）と澱粉濃度として同じになるように調整し、汲水歩合 130% とした。

使用酵母は協会 7 号酵母を、200 g の小仕込には、汲水 1 ml 当り 2×10^7 を加え、30 kg と 100 kg の試醸仕込には通常の速醸酵母の形で、培養添加した。

図 1. 無蒸煮米、粉碎米、蒸米による発酵試験

- , 生米, 酵素力価 $50 \times \text{GAase} \cdot \text{U}$
- ◆—, 蒸米, "
- ◇—, 加圧蒸米, "
- ▲—, 粉碎生米, "
- , 生米, 酵素力価 $5 \times \text{GAase} \cdot \text{U}$.

酵素剤は、清酒醸造の際、麴代替用に通常使用されているグルク 100 (天野製菓株式会社), 四段用に使用されているユニアーゼ K (近畿ヤクルト製造株式会社) およびコクゲン (大和化成株式会社), 清酒清澄剤として使用されているプロテアーゼ剤のクラリン S (日本醸造協会) の四種の酵素剤を単独あるいは混合して、各酵素力価を調整して使用した。酵素力価の表示は、米麴の標準力価が岩野ら⁷⁾により示されているので、これを基準とした。すなわち麴歩合 20% としたときのもろみの酵素力価は、もろみ白米 1 g 当り、グルコアミラーゼ (GAase) は 40 U, α -アミラーゼ (α -Aase) は 250 U, 酸性プロテアーゼ (APase) は 750 U, 酸性カルボキシペプチダーゼ (ACPase) は 1000 U である。本報においては、使用酵素剤の力価表示は、たとえばグルコアミラーゼが 200 U/g 白米の場合は、清酒もろみの 5 倍の力価であるから、 $5 \times \text{GAase} \cdot \text{U}$ と示すことにした。

なお、酵素活性の測定法は国税庁所定分析法等^{7,8)}により、力価単位は下記によった。

α -Aase⁸⁾: Wohlgemuth 価, D_{30}^{40}/g 麴

GAase⁹⁾: グルコース生成量/hr/g 麴

APase⁸⁾ および ACPase¹⁰⁾:

μg チロシン生成量/hr/g 麴

1) 仕込経過

発酵温度は 8°C で仕込み、1 日 1°C ずつ昇温させ、15°C を最高温度として、上槽まで持続した。小仕込の場合は CO_2 ガスの発生量を経日的に測定し、60 g 減（発酵歩合 75% に達する）を目途として、もろみをろ過、分析を行った。

2) もろみおよび製成酒の分析

国税庁所定分析法に準じて一般成分を、香氣成分をヘッドスペース・ガスクロマト法で¹¹⁾、アミノ酸を 835 型日立アミノ酸分析計により分析した。

表 1. 無蒸煮米仕込による製成酒の成分

成 分	無 蒸 煮 米			蒸 米
	$50 \times \text{GAase} \cdot \text{U}$	$10 \times \text{GAase} \cdot \text{U}$	$5 \times \text{GAase} \cdot \text{U}$	$50 \times \text{GAase} \cdot \text{U}$
日本酒度	-35	-35	-23	-50
アルコール (%)	21.1	18.5	18.4	16.9
酸 度	4.3	3.2	3.2	5.0
アミノ酸度	8.0	7.2	5.6	4.4
還元糖 (%)	7.6	7.8	5.4	10.5
全窒素* (%)	5.8	4.7	4.1	4.3

もろみ日数 25 日目分析。

* Folin 法で測定、チロシン量として算出。

図 2. 無蒸煮米 100 kg 仕込のもろみ経過

—●—, アルコール%; —○—, 比重(日本酒度); —◆—, アミノ酸度;
—△—, 酸度. 使用酵素力価: 10×GAase・U, 5×ACPase・U.

表 2. 無蒸煮米仕込もろみの香气成分 (100 kg 仕込)

	CH ₃ CHO (ppm)	EtOAc (ppm)	<i>n</i> -PrOH (ppm)	<i>i</i> -BuOH (ppm)	<i>i</i> -AmOH (ppm)	<i>i</i> -AmOAc (ppm)	E/A
11日目	10.1	91	202	247	258	12.7	4.9
15日目	12.9	89	168	245	255	13.5	5.3
25日目	11.0	100	225	242	266	2.5	0.9
原 酒	20~40	150~200	100~150	100~150	100~200	0~8	

以下, 試験の諸結果について記す.

2. 無蒸煮米仕込における発酵条件の検討

1) 無蒸煮米と蒸米との比較

無蒸煮米(本文中は生米と略記), 1時間浸漬して30分間煮した蒸米, 120℃ 30分間加圧蒸したものの, 100メッシュ程度に粉碎した生米粉を小仕込により比較した. 使用酵素剤の力価はグルク 100を50×GAase・Uと多量に使用した. 結果を図1に示した.

生米は蒸米に比較して, 速やかに発酵を開始した. 蒸米は中期以降に旺盛となり, 生米より1~3日間くらい早目に目標に達した. 粉碎米ではもろみ初期に蒸米と同じような誘導期が認められ, 発酵も遅れた(20日目, アルコール分 16.9%). 粉碎米もろみはドロドロの状態になり, 仕込のときの混合などの点で, 作業が面倒であることから, 生米は米粒のままで使用したほうがよいと判断した.

酵素剤の使用量を 50, 10, 5×GAase・Uとしたときの製成酒の成分を表1に示した. 酵素力が強いとアルコールの生成もよかったが, 全窒素とアミノ酸量に大きな差が認められ, しかも蒸米より多い結果を得た.

2) 無蒸煮米による仕込試験

総米 100 kg に酵素剤として, グルク 100 を 10×GAase・U 用いて仕込を行った. もろみ経過は図2に示した. もろみは生米が沈んだままで発酵が行われ, 発酵が進むにつれて CO₂ ガスが米粒間にたまり, 攪拌も容易になった. 5日目から泡が立ち始め, 7日目には30 cm ほどの高泡となった. 18日目にアルコール分19%に達し, 発酵が停止した. その後も15℃でもろみを放置し, 成分変化を検討した.

もろみの成分的な特色は, 比重が蒸米もろみと異なり, 非常に低く, 直接還元糖分がほとんどない状態で発酵が進むことである. 発酵停止後からは比重は直線的に増大し, 生米の溶解が進行していることが示された. アミノ

表 3. 無蒸煮米仕込もろみのアミノ酸組成

	11日目	15日目	25日目	48日目
Asp	2.37	2.16	2.79	4.58
Thr	6.46	7.03	7.00	6.04
Ser	2.68	2.78	3.07	5.14
Glu	9.21	9.26	9.42	8.89
Gly	3.41	3.45	3.53	4.19
Ala	8.64	8.77	9.23	9.34
Cys	2.41	2.37	2.70	3.52
Val	4.46	4.53	4.85	6.18
Met	1.94	1.96	2.09	2.70
Ile	2.30	2.46	3.16	4.70
Leu	9.74	9.57	9.65	9.35
Tyr	6.56	6.58	6.25	7.03
Phe	10.14	9.84	9.18	5.22
Orn	0.36	0.35	0.69	0.57
Lys	2.91	3.05	4.01	4.49
His	1.16	1.28	1.55	1.89
Trp	--	0.69	0.09	0.67
Arg	19.67	18.10	16.04	10.99
Pro	5.59	5.75	4.73	4.80
g/100 ml	0.72	0.68	0.94	1.29

表 4. 無蒸煮米の消化ならびに発酵試験に使用の酵素区分とその力価

酵素区分	α -Aase	GAase	APase	ACPase
A	6.1	7.5	1.5	0.6
B	0.7	10.0	2.0	1.0
C	1.8	25.0	5.0	2.0
D	7.5	10.0	3.7	5.0
E	12.0	9.0	3.7	5.1
F	6.4	9.0	15.0	13.0
G	7.0	10.0	25.7	26.6

清酒もろみの標準酵素力価: α -Aase, 250U; GAase, 40U; APase, 750U; ACPase, 1000U.

表中の数字はそれぞれ標準酵素力価の倍数である.

酸は発酵期間中も増加がみられたが、後半でも増加しつづけ、アミノ酸度8と清酒の3~4倍に達し、貯蔵すると老酒的な香りと着色を示し、また調味料への可能性も示された。酸度については10日目以降変化はなく、通常もろみと同じである。粕歩合は7%と低く、粕はパルプ状で、生米の澱粉はほとんど溶解し、米の胚乳細胞壁と酵母細胞壁のみから成ると思われた。

このもろみの発酵途中の高級アルコール類とアミノ酸

を分析した結果を表2, 3に示した。高級アルコール類は通常の清酒もろみより高い値を示し、酢酸イソアミルも高く、良好な発酵香が感じられた。アミノ酸の分析結果については、25日目までの組成は清酒のアミノ酸組成と大きな差異は認められなかった。もろみを42日間保存後の汙液については、バリン、イソロイシン、リジンの増加と、アスパラギン酸、セリン、フェニルアラニン、アルギニンの減少が認められた。

3) 酵素組成を異にした仕込試験

上記の仕込試験から、生米によるもろみは、蒸米仕込よりもアミノ酸が多くなる特色があるように思われるので、蛋白分解酵素の組成と力価を変えて検討した。

使用した酵素剤の力価は表4に示したように、GAaseについては10×GAase・U程度とほぼ同じとし、APaseとACPaseの力価を1~25倍と変化させた。

(a) 仕込試験 A, C, D, G について仕込試験を行った。CO₂ 減量 60g に達した時点あるいは発酵が停止した時点で、もろみの半量を汙過し、さらに15℃で42日間放置したもろみの汙液を分析し、表5に示した。アルコールの生成は、糖化酵素力が十分で、かつ大差がないのに、DとGが劣った(理由については今後検討したい)。

アミノ酸量には大差がみられ、APaseとACPaseともに強いGでは16日目で、アミノ酸度8.5と多くなった。CとDについて比較すると、APaseはほぼ同力価であるが、ACPaseはDが2.5倍強く、アミノ酸量も大である。またAはACPaseが弱く、アミノ酸生成も少ない。このような点からアミノ酸生成にはACPaseの影響が大と考えられる⁶⁾。しかし蛋白質の分解、アミノ酸の生成は複雑であり、さらに検討を重ねるが、アミノ酸量の少ない酒をつくるための条件として、重要な示唆と考えた。

(b) 消化試験 生米および蒸米を、表4の力価の酵素液に浸し、糖およびアミノ酸の生成を比較した。

還元糖の生成については、蒸米では各酵素区分ともGAaseが強いのでほとんど差はみられなかった。生米でも酵素区分間に大差はなかったが、蒸米に対する糖の生成量比は、3日間で40%、10日間で60%であった。したがって、このような酵素力価であれば、生米は順次糖化され、発酵してゆくことが理解できる。

アミノ酸の生成については、図3に示すように、生米のほうが蒸米より多く、またA→GへとACPase(APase)の強い順に多い。また生米、各種温度に前処理した米、および蒸米について、消化試験を行うと、図4

表 5. 各種酵素剤による無蒸煮米もろみの成分

酵 素 剤	もろみ日数	日 本 酒 度	ア ル コ ー ル 分 (%)	酸 度	ア ミ ノ 酸 度	糖 分 (%)
A	16	+ 4	18.0	2.7	2.0	2.9
	42	-19	18.6	2.9	4.6	6.5
C	14	- 4	18.0	3.5	1.3	4.1
	42	-32	18.0	3.5	4.4	8.0
D	16	-25	14.2	2.7	5.3	5.9
	42	-64	15.0	3.0	8.5	11.8
G	16	-23	15.2	3.4	8.5	5.0
	42	-52	15.2	3.5	9.5	9.6

図 3. 各種酵素剤による無蒸煮米および蒸米の消化試験

□, 10日目分析値, ■, 8日目分析値.

のように、糖の生成は加熱により急速に増大するが、アミノ酸の生成は反対に加熱するほど少なくなった。

これらの結果から、蛋白質については生米のほうが、分解されやすいものと認められる。

4) アミノ酸の生成を制御した仕込試験

上記の諸結果から、アミノ酸生成を制御する醸造が可能と考えられるので、GAaseは強いが、ACPaseが比較的弱い清酒もろみのそれに近い酵素区分C（表4）について、1/2、1/10と順次希釈して、30 kg、3本の仕込を行い、結果を表6に示した。

GAase 力価がもろみの10倍以上では、やはり発酵が速やかで、16日目に20%に達しているが、比重（日本酒度）はもろみの初期から低い。粕歩合は10%程度と低いことから、既述した仕込例と同様に生米はよく溶解している。

アミノ酸の生成は予測どおり小さく、25日目で図2の結果の約1/2で、清酒もろみのアミノ酸量と同程度であ

図 4. 加熱処理による糖とアミノ酸の生成の差異

加熱処理条件：1時間浸漬した生米を各種温度に30分間保ったのち酵素作用を、15℃、30日間行う。

—○—, 還元糖; —△—, アミノ酸度。

る。ACPaseを極度に制限した0.1C区分では、発酵速度は緩慢であるが、35日目に20%に達し、アミノ酸量については他と大差がみられなかった。

25日目もろみから得た酒については、アルコール分、酸度、アミノ酸度はともに清酒に類似しているが、日本酒度、糖分は極端に少なく（明治時代の清酒の分析値に一致している）、味は超辛口酒といったところである。香りはエステル様香が感じられ、新酒と少し異なる点が

表 6. アミノ酸生成の制御を目途とした仕込試験

酵 素 区 分 も ろ み 日 数	C		0.5C		0.1C	
	16	25	16	25	23	33
日 本 酒 度	+23.5	+20.4	+23.0	+15.5	+22.0	+24.0
ア ル コ ー ル (%)	21.0	21.6	19.2	21.2	18.0	20.0
酸 度	3.0	2.8	3.1	2.9	3.0	3.0
ア ミ ノ 酸 度	1.7	2.6	1.5	2.4	1.9	2.4
還 元 糖 (%)	0.44	0.76	0.47	1.71	0.1	±
粕 歩 合 (%)		9.6		11.8		

酵素区分CはユニアーゼKを主体とする。

酵素剤使用量は白米重量の1%で、酵素力価は 25×GAase・U, 2×ACPass・U。

表 7. 白米水分の *Asp. oryzae* の増殖および酵素生産におよぼす影響

白米吸水率 (%)	$T_{1.0}$	μ	O_{2max}	α -Amylase	Glucoamylase	Acid protease	Acid carboxy- peptidase
35	15.5	0.330	3.25	140	67	633	1,699
32.5	16.1	0.315	3.10	152	83	852	850
30	15.8	0.347	3.00	432	176	2,028	3,706
27.5	16.2	0.347	3.32	614	246	2,660	6,219
25	16.1	0.347	2.73	1,014	250	3,264	10,149
22.5	15.1	0.347	2.40	1,255	331	4,518	12,360
20	16.1	0.330	1.80	1,170	352	5,248	14,119
17.5	16.6	0.267	1.20	702	317	5,414	12,315

$T_{1.0}$, μ , O_{2max} は岡崎の方法¹²⁾による。酵素力価は布川の表示に従い、米麴 1g 当りの各酵素の力価を示す。

あった。甘味は四段などの手段で付加できるので問題ないと考えているが、その他についてはさらに試験を繰り返す要がある。

酵素力価について、清酒もろみの GAase が 2~2.5 倍あれば発酵日数は延びるが、18%以上のアルコール分が得られることが知られたが、さらに GAase と他の酵素との組合せにより、発酵期間の短縮が可能となるかどうか、今後検討したい。

3. 無蒸煮米による製麴

中国の紹興酒などの製造に用いられる酒薬や麦麴は、生の穀類の粗砕したものに、糸状菌を繁殖させたものであるが、わが国では生米による麴造りの研究はこれまでにない。そこで麴菌の増殖を定量的にとらえるため岡崎の考案した自動増殖測定装置¹²⁾により、水分の影響などの培養試験と酵素生産について検討した。

Aspergillus oryzae RIB 128 と *Rhizopus javanicus* RIB5501 を用い、培養温度 35℃、環境湿度 95%、孢子接種量 1.8×10^5 /g 白米、白米水分 17.5~35%の条件下で、糸状菌の増殖特性値¹³⁾を測定した。

図 5. 無蒸煮米と蒸米での糸状菌の増殖

○, ●, *Asp. oryzae* RIB 128;
△, ▲, *Rh. javanicus* RIB 5501;
○, △, 無蒸煮米; ●, ▲, 蒸米。

表 8. 麴菌とリゾープスの生穀類粉末での酵素生成

菌 株	麴 原 料	α -Aase	GAase	APase	ACPase
<i>Asp. oryzae</i> RIB 128	蒸 米	1,527	408	3,961	12,643
	蒸米+カザミノ酸	1,430	384	2,942	10,472
	玄 米 粉 末(生)	1,020	295	7,990	
	小 麦 麴(生)	1,824	330	4,728	
<i>Rh. javanicus</i> RIB 5501	蒸 米	<100	67	2,885	456
	蒸米+カザミノ酸	<100	95	7,855	105
	玄 米 粉 末(生)	6	30	5,854	
	小 麦 麴(生)	168	434	5,583	

各酵素力価は布川により、麴 1g 相当の力価。

1) 蒸煮の有無と糸状菌の増殖

蒸米と生米（水分35%）に前記の2種の糸状菌を生育させたときの結果を図5に示した。麴菌は蒸米上にも生米上にも大差なく増殖したが、生米のほうが胞子の発芽誘導期間($T_{1.0}$)が短く、比増殖速度(μ)も大きかった。リゾープスについては生米上での生育は非常に速やかで良好であるに反し、蒸米上では生育が非常に遅くかつ弱い。

2) 白米水分と麴菌の増殖

白米水分を17.5~35%となるよう麴菌胞子懸濁水を加え、自動増殖測定装置によって、増殖および酵素生産に及ぼす影響を調べた。結果は表7に示すように麴菌の増殖に対しては、水分27.5%以上ではその影響がみられないが、それ以下では水分の低いほど最大菌体増殖量は低下し、17.5%では比増殖速度も低下することが認められた。一方酵素生産においては、水分20~35%の間では、水分の低くなるほど各酵素の力価が増加し、20%付近で最も高いことが知られた。

この結果から、生米でも蒸米と同じ酵素レベルの力価が生産されることが知られた。そこで、75%精白米 15 kg を用い、水分20%に調整して、製麴を行い、酵素力からは米麴に匹敵する好結果を得たが、生米麴の所見は、香りもよく、はぜ回りはきわめてよいが、はぜ込みが浅く、甘味のほとんど感じられないものであった。

生米による醸造には、今のところ、GAase 力で通常の米麴の2倍以上を必要としているので、さらに力価の向上について、精米の影響、無機塩や窒素源の補強効果、また菌株の選択について検討している。

3) 生穀類粉末での麴菌とリゾープスの生育

蒸米にはリゾープスが生育しにくいことは図5に示したとおりであるが、リゾープスは ACPase が弱いこと

が知られているので、アミノ酸を米に補強 (5 mg/白米 g) したところ、生育は非常に良好となった。しかし酵素生産については、表8に示したように好影響は何も認められなかった。麴菌は蒸米によく生育し、アミノ酸添加によって、発芽は早められるが、生育量への影響は認められないし、酵素生成へも影響がなかった。

中国の麴子は生の穀類、おもに麦の粗砕粉を用いて、これを水で練り固め、自然放置してリゾープスを主体とする糸状菌を生育させた麴（餅麴）である。そこで玄米粉や小麦麴を用いて2菌株により製麴したところ、生育は良好で、とくに麴では GAase が非常に強力に生産されることを知った(表8)。

これらの事実から、リゾープスが蒸米に生えにくい理由の一つは、ACPase が弱く、蒸しにより変性した蛋白の分解利用が不十分のためではないかと推測した。反面、リゾープスは生穀類によく生育し、麴では糖化酵素をよく生産する結果が得られたことは、中国での醸造に麴子（麦麴）が長い間使用されてきている理由を十分に説明するものとして興味深い。

4. 考察と問題点

従来、穀類やイモ類などの澱粉を醸造に用いる場合は、すべて蒸煮することが必要とされていたが、米について山崎らの報告⁵⁾もあるが、市販の醸造用酵素剤を用い、通常の醸造方式で、比較的簡単に、20%に達するアルコール分の酒をつくることができた。

生米による酒類製造を実用化するためには、(1) 酵素剤使用上、酒税法の規定があるので、生米を効率よく溶解糖化するような強力な麴菌あるいは酵素剤の開発が必要である。(2) 生米で殺菌工程がないので、安全醸造の方策の確立の要がある。(3) 目標の酒質にかなうような

酵素組成の検討、醸造法の検討が必要である。アミノ酸の生成については、酒質や貯蔵性との関係、味との関係、さらに生米蛋白質の分解等について興味ある研究テーマとなると考えている。なお研究とはちがうが、生米からの酒という消費者に与えるイメージも実用化には見逃すわけにはいかない。

生米による製麴と中国式の餅麴（麴子）との関係の考察から、わが国の醸造法が中国大陆から伝来したものであるのに、餅麴によらず、蒸米を用い、しかも麴菌 *Asp. oryzae* のみを生育させていることについて、(1) 何時代頃からこのような麴造りがはじめられ、(2) どういう理由から大陸式でなくなったのか、(3) 日本で麴菌のものが生育する理由などは興味深い問題である。

5. 要 約

清酒醸造における省エネルギー化をはかるため、無蒸煮米による酒類の製造を試み、市販酵素剤で、粒のままの生米でも糖化、発酵が効率よく行われ、酒類製造が可能であることを明らかにした。

仕込に用いた酵素力価は、従来の清酒もろみに比して、グルコアミラーゼ力価が5~10倍レベルのもので、15日目でアルコール18%の生成があり、多様性に富む酒類を製造することができた。

無蒸煮米のもろみの特色は、(1) 米粒が蒸米のように膨潤しないので、米粒が下に沈み、発酵が継続する。(2) もろみ初期に直糖の集積がみられない。(3) 製成酒のアミノ酸が、酸性カルボキシベンズチダーゼの力価によって変動し、通常の清酒程度の含量から4倍くらいにまで達した。(4) 無蒸煮米のほうが蒸米より蛋白分解が行われやすい。(5) 発酵が停止しても酵素作用が続行し、直糖とアミノ酸が増大する。(6) もろみの固液分離がよく、粕はパルプ状であった。

無蒸煮米による製麴条件を明らかにし、白米水分20~25%で、蒸米麴と同程度の酵素力価の麴を造ることができた。リゾプスは蒸米に生育しにくい、麴で強力な酵素の生産がみられたことから、中国大陆で麴子が利用されている理由を推測した。

本研究は醸造試験所で、田中利雄、熊谷知栄子、岡崎直人君らが中心に行っているものである。またリゾプスの麴力価については菅野信男君によった。諸氏に感謝する。

文 献

- 1) 上田誠之助：発酵と工業，**38**，1028 (1980)。
- 2) S. UEDA and Y. Koba: *J. Ferment. Technol.*, **58**, 237 (1980)。
- 3) S. UEDA, C. J. ZENIN, D. A. MONTERIO and Y. K. PARK: *Biotechnol. Bioeng.*, **23**, 291 (1981)。
- 4) O. SVENDSBY, K. KAKUTANI, Y. MATSUMURA, M. IIZUKA and T. YAMAMOTO: *J. Ferment. Technol.*, **59**, 485 (1981)。
- 5) 山崎何恵，上田誠之助，島田豊明：醸協，**21**，83 (1963)。
- 6) 布川弥太郎，岩野君夫，風間敬夫：醸協，**71**，650 (1976)。
- 7) 岩野君夫，布川弥太郎：醸協，**71**，943 (1976)；**72**，78 (1977)。
- 8) 日本醸造協会：「国税庁所定分析法注解」(1974)。
- 9) 岩野君夫，風間敬夫，布川弥太郎：醸協，**71**，383 (1976)。
- 10) 中台忠信，那須野精一，井口信義：調味科学，**18**，435 (1971)。
- 11) 吉沢 淑：醸協，**68**，59 (1973)。
- 12) N. OKAZAKI and S. SUGAMA: *J. Ferment. Technol.*, **57**, 413 (1979)。
- 13) N. OKAZAKI, S. SUGAMA and T. TANAKA: *J. Ferment. Technol.*, **58**, 471 (1980)。
- 14) 熊谷知栄子，宮入正法，黄 正財，鈴木逸郎，田中利雄，秋山裕一：発酵工学大会講演，昭和55年，p. 4；昭和56年，p. 155, 156；発酵工学投稿中。
- 15) 田中利雄，熊谷知栄子，岡崎直人，秋山裕一：醸協，**76**，665 (1981)。
- 16) 岡崎直人，富安信夫，神谷昌宏，田中利雄：発酵工学大会講演，昭和55年，p. 3；昭和56年，p. 179。
- 17) 田中利雄，岡崎直人：発酵工学，**60**，11 (1982)。

【質問】 大阪市大生活科学 不破

もち澱粉粒のほうが、一般に、うるち澱粉粒より酵素作用をうけやすいのですが、もち米を使って無蒸煮酒造りを行われましたか。

【答】

中国では、蒸しもち米を掛米に使用していますが、生米仕込は聞いておりません。もち米については紹興酒造りの原料の1つとして生仕込を行って見たが、十分に利用できる。もち米だけでは汲水の多いほうが好成績であった。

【質問】 長瀬産業(株) 小巻

1. 粉碎するより米粒のほうがよいとのことでしたが、広島大の福井先生は凍結米を微粉化して用いられているが、それとの比較はご検討されましたか。

2. 無蒸煮米粒で仕込んだときの粕の状態はいかがですか。

3. 澱粉質がほとんど消費されて、蛋白や細胞膜のみが残ると考えてよいのでしょうか。

4. 用いられた酵素剤には、セルラーゼ、ヘミセルラーゼ等が含まれていると思いますが、これらのマセレーション酵素の影響はいかがでしょうか。

【答】

1. やっていない。とにかく米粒のままでよいので実際には一番近道と感じている。

2. よく酵素が働いた利用率のよい場合はパルプ状であるが、不溶部の多い場合は生米が残る。

3. 蛋白分解酵素が強い場合は蛋白もアミノ酸として溶解するから、米と酵母の細胞膜が主と考えている。

4. この点は、検討しておりません。当然あると考えますが、意外に簡単に高濃度のアルコールが生成しましたので検討しておりません。

【質問】

林原生化研 辻阪

1. 無蒸煮のほうがアミノ酸の生成がよい理由をどのようにお考えでしょうか。

2. 破碎米のほうが粒状のままよりも、分解されにくいとのことですが、破碎の程度はいかがでしょうか。50メッシュくらいの粉ですと、たとえば、白糠(50~100メッシュ)では非常に分解しやすく、ほとんど糊化澱粉を分解するのと同程度のグルコアミラーゼで糖化します。

【答】

1. 生米の蛋白質は、プロテインボディのような形で存在していると思うが、熱変性により細胞壁成分あるいは澱粉との結合等により状態が複雑になり、分解されに

くくなるのではないか。実際にも、みりん造りでは加圧蒸しにより蛋白質の溶解によるにごりの現象を防いでいる。

2. 100メッシュ程度です。ここでは、アルコールの生成を問題としたわけで、米粒のままでより順調に糖化発酵が進んだ。実際の場合には、粉碎のエネルギーが必要であり、仕込に際してはホコリ、ママコ、攪拌などのトラブルが多いので米粒のままでよいのは利点が多い。

【質問】

東京農大総研 中村

1. 発芽した米の α -amylase 活性は、麦芽等に比べるとずっと低ですが、ビールと同じように、発芽米種子を酵素源ならびに澱粉源として使えますか。なお、発芽米で油の代謝酵素ができて、油が減少するのでしょうか。米を精白せずに使用でき、澱粉のムダ使いも少なくなると思います。

2. 生米を使った場合、発酵によりアミノ酸や糖が、ふつうの値の倍ぐらいになるとのことですが、そうするといわゆる重い酒ということになるのでしょうか。もしこれが好ましくないならば、使用する米の量を減らせばよいではありませんか(図のアルコール生産が定常濃度になり、ボーメが上がりてくるところで発酵が終る程度に米の使用量を減らせばよい)。

【答】

1. 米芽の利用についても検討している。

2. アミノ酸が多いものは、クドイ味でありあまり感心できない。アミノ酸量は ACPase を調節すれば調整できるが、米麴はかなり強いので、本来の清酒造りに近づけると問題になると思われるが、調味料への応用の点では面白いと考えている。