

清酒もろみにおける多収穫米「アケノホシ」の 溶解に対する市販酵素剤の効果

土屋義信・末成和夫・手島義春・五反田晃

Effects of the Addition of Commercial Enzymes on the Solubility of steamed rice
(“Akenohoshi”, Which is a High Yield Strain of Rice) in the Sake *Moromi* Mashing Process.

Yoshinobu TSUCHIYA, Kazuo SUENARI, Yoshiharu TESHIMA and Akira GOTANDA

To increase the solubility of steamed rice of the “Akenohoshi” variety, (which is a high yield strain of rice and has properties similar to Indian rice), in sake *moromi* mashing process, the effects of the addition of commercial enzymes in the soaking process and/or in mixtures of the digestion test were investigated. The results were obtained by sake brewing experiments on the scale of 1kg of total raw rice. The most effective combination of enzymes was “Newlase F”, “Hemicellulase” and “Glutase S”, at a rate of 0.33 % of the total weight of raw rice in each batch of sake fermentation for each of the 3 enzymes.

一般に、清酒製造原価に対する原料米価格の割合は、6割を上回り、他の酒類との競合において大きなハンディとなっている。この問題の解決策の一つとして、安価な原料米の供給を可能とする多収穫品種の酒造専用米の開発が考えられる。

著者らは、先に、清酒製造原価の低減化を目的に多収穫品種「アケノホシ」を用いた試験醸造結果を報告した¹⁾。「アケノホシ」は、昭和46年に農林水産省中国農業試験場（広島県福山市）で多収穫因子を保有し、インディカ型の性質を保有する「IR8」の流れを持つ「KC89」を父とし、「中生新千本」と「幸風」から開発された「中国55号」を母として育種された²⁾。この品種は、形態的には、「中生新千本」に酷似し、また、縞葉枯病耐性が強く、機械化栽培に適する等の長所を持ち、そのため、近畿、中国、四国地域における今後の多用途米の有望品種として期待されている。しかし、「アケノホシ」を酒造原料米として用いた場合、その蒸米は、もろみ中において極めて低い溶解性を示し、その結果、「中生新千本」を用いた対照もろみに比べ、もろみ工程が短期間となり、

また、粕歩合は高く、純アルコール取得量は低くなる等の結果が得られた¹⁾。

本研究では、「アケノホシ」の蒸米のもろみ中での溶解性の向上を目的に、白米浸漬時における各種市販酵素剤の添加効果および蒸米の消化性試験へのそれらの添加効果を国税庁所定分析法注解³⁾による蒸米の消化性試験法を若干改変して検討し、最終的に総米1kg規模の仕込試験により確認を行った。

実 験 方 法

1. 原料米

試験米として岡山県産の「アケノホシ」を、対照米には、同年広島県産「中生新千本」を用いた。また、小仕込試験での麴米には、すべて広島県産「中生新千本」を用いた。なお、精米歩合は、いずれも70%とした。なお、消化性試験の試料には、白米米粒、または、松下電器産業(株)製コーヒーミルMK-52M型に白米10gを入れ、30秒間粉碎することにより調製した米粉を用いた。

2. 「アケノホシ」の高温浸漬および消化性試験における種々酵素剤の添加効果

「アケノホシ」のもろみ中での溶解を促進するため、種々酵素剤を用いた高温浸漬処理およびそれらを添加した蒸米の消化性試験を吉沢らの方法⁴⁾を改変して行った。

供試酵素剤として、天野製薬(株)のセルラーゼT, セルラーゼA, ペクチナーゼG, ヘミセルラーゼ, プロテアーゼM, プロテアーゼA, プロテアーゼN, プロテアーゼT, ニューラーゼF, リパーゼA, リパーゼF, リパーゼMおよびリパーゼP, 阪急バイオインダストリ(株)のセルロシンPC5, セルロシンHC, オリエンターゼ5A, オリエンターゼ5NおよびグルターゼS, (株)ヤクルト本社のマセロチームおよびパンセラゼを用いた。

酵素剤による高温浸漬処理は、白米5g(水分約13.5%)を、酵素剤5mgを含む酵素溶液10ml(pHは各酵素剤の至適値に調整)に浸漬し、45℃, 5時間の条件で行った。その後、1時間の水切り後、50分間の蒸きょうを行った。30分間の放冷後、蒸米を三共(株)製のコクラーゼSSを α -アミラーゼ活性が30単位/mlとなるよう添加した0.1Mコハク酸-コハク酸ナトリウム緩衝液(pH4.3), 50mlに加え、15℃, 24時間の条件で消化性試験を行った。

市販酵素剤を添加した消化性試験では、まず、白米5gを10℃の蒸留水、約30mlに18時間浸漬した後、1時間、水切りを行った。その後、50分間蒸きょうを行い、30分間室温で放冷した後、コクラーゼSSを添加した0.1Mコハク酸-コハク酸ナトリウム緩衝液(α -アミラーゼ活性30単位/ml)に酒税法の規制上限となる各酵素剤5mg(白米重量の1/1000)とともに加えた。なお、ここでの酵素消化は、試料ろ液中の全糖および還元糖濃度がほぼ最大値に到達すると思われる15℃, 72時間の条件で行った。

3. 小仕込試験

清酒もろみにおける「アケノホシ」の蒸米の溶解に対する市販酵素剤の効果を検討するため、ガラス製5ml容の広口瓶を用いて小仕込試験を行った。供試酵母には、協会701号を、また、麴には、予め使用量すべてをまとめて製造した同一の乾燥麴を用いた。小仕込試験に用いた仕込配合を表1に示す。仕込みは、8仕込み(試験区6仕込み, 対照区2仕込み)すべてを同時に行い、もろみ日数は、17日とした。8本の広口瓶は、水槽として用いた同一のステンレス製の半切りに設置し、その水温

表1 試験醸造に用いた仕込み配合

	初 添	仲 添	留 添	合 計
総米 (g)	180	260	560	1000
蒸米 (g)	120	190	480	790
麴米 (g)	60	70	80	210
汲水 (ml)	270	300	730	1300
乳酸 (ml)	0.8			0.8
酵母 (ml)	10			10

は、循環型恒温水槽(東洋科学産業製, LCH-400F)を用いて制御し、初添および踊りは15℃, 仲添は10℃, 留添は8℃で行い、その後、毎日1℃ずつ品温を高め、留後8日目以後は15℃で一定とした。

4. 分析方法

蒸米の消化性試験における全糖濃度は、フェノール硫酸法⁵⁾で、また、還元糖濃度は、Somogyi-Nelson法⁵⁾で測定した。小仕込試験における日本酒度, アルコール濃度, 酸度およびアミノ酸度は、国税庁所定分析法注解により測定した³⁾。なお、緩衝酸度は、pH7.0から8.0までの0.1N水酸化ナトリウムの滴定ml数で、また、粕量は、(株)コクサン製遠心分離機を用いてもろみを固液分離(1700×g, 15分間)し、その固形分の重量として求めた。

結果と考察

1. 「アケノホシ」と「中生新千本」の米粒と米粉に対する消化性試験

図1に試験米「アケノホシ」と対照米「中生新千本」の米粒と米粉に対する消化性試験における反応溶液中の全糖および還元糖濃度の経日変化を示す。米粒に対する試験結果(図1, a)では、「アケノホシ」は、全糖および還元糖濃度とも「中生新千本」に較べ、明らかに低く推移し、それらの差は、5日間の反応中ほぼ同間隔であった。一方、米粉に対する結果(図1, b)では、両品種の全糖および還元糖ともほぼ同等の値で推移した。

これらの米粒および米粉に対する試験結果は、吉沢らの「五百萬石」, 「フジミノリ」および「日本晴」の米粒と米粉を用いた試験結果と酷似していると思われる⁴⁾。このような結果に対し、吉沢らは、米粒での品種による消化性試験における蒸米の溶解の違いは各品種での米デ

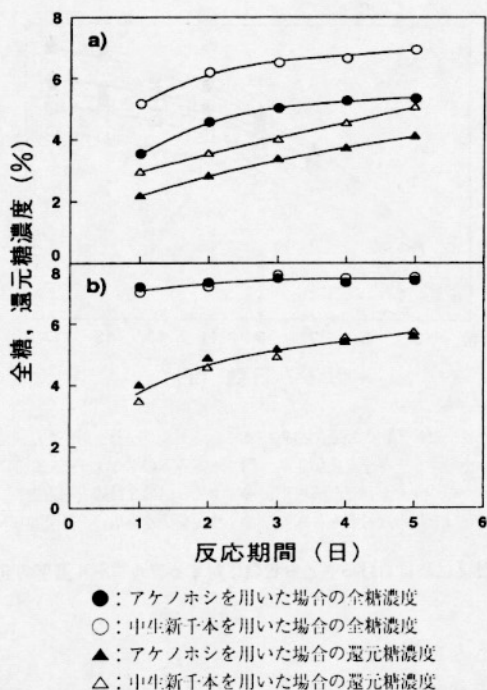


図1 アケノホシと中生新千本の米粒(a)と米粉(b)に対する消化性試験における反応液中の全糖および還元糖濃度の経日変化

ンプンの組成および構造の違いより米粒中の胚乳細胞およびその配列の状態に大きく影響されると報告している⁴⁾。従って、本研究における「アケノホシ」と「中生新千本」の米粒と米粉に対する消化性試験の結果の相違も同様の理由によると予想される。

図1の結果を踏まえ、「アケノホシ」の蒸米の消化性を簡便な手段を用いて向上させるために、一つの手法として、米粒中の胚乳細胞壁の崩壊を促すことにより、その細胞内や細胞間への水および水に溶解した α -アミラーゼ等の酵素の移動を容易にする市販酵素剤を選定し、できるだけ至適温度およびpHに近い条件で白米浸漬処理を行うことが考えられる。また、消化性試験で用いるコクラーゼSSのほかに「アケノホシ」の蒸米の溶解に大きな効果の認められる市販酵素剤を選定し、これをもろみに添加することも考えられる。そこでこの二つの項目について効果の認められる市販酵素剤の選定を検討することとした。

2. 「アケノホシ」の浸漬および消化性試験における種々酵素剤の添加効果

消化性試験における「アケノホシ」の可溶化と糖化を促進するため、予め、種々の市販酵素剤を用いた高温浸漬処理を行った結果と消化性試験におけるコクラーゼ

表2 種々市販酵素剤による高温浸漬処理を行った白米に対する消化性試験結果におけるろ液の全糖と還元糖濃度の比較

酵素剤	全糖 (%)	還元糖 (%)
A	3.6	2.4
B	3.6	2.3
C (ニューラーゼF)	4.4	2.5
D	4.3	2.5
E	4.0	2.4
F	3.9	2.5
G	4.3	2.5
H	4.0	2.6
I	4.0	2.5
J	4.1	2.6
K	3.7	2.6
L	4.0	2.6
M	3.7	2.3
N	4.2	2.4
O	3.4	2.3
P	4.2	2.4
Q	3.6	2.3
R	3.9	2.3
S	4.0	2.4
T (ヘミセルラーゼ)	4.3	2.6
U (グルターゼS)	—	—
対照 (水浸漬)	3.6	2.2

表3 種々市販酵素剤を併用した消化性試験結果におけるろ液の全糖と還元糖濃度の比較

酵素剤	全糖 (%)	還元糖 (%)
A	5.6	3.8
B	5.7	3.9
C (ニューラーゼF)	5.8	4.4
D	5.6	4.3
E	5.7	3.9
F	5.5	3.7
G	5.5	3.6
H	5.6	3.7
I	5.5	3.8
J	5.7	3.9
K	5.7	3.7
L	5.3	3.6
M	5.2	3.5
N	5.5	3.6
O	5.5	3.7
P	5.5	3.8
Q	5.4	3.7
R	5.5	3.7
S	5.4	3.6
T (ヘミセルラーゼ)	5.6	3.8
U (グルターゼS)	5.9	4.4
対照 (水浸漬)	5.2	3.6

SSを含んだ反応液への種々酵素剤の同時添加効果を検討した。それらの結果を表2, 3に示す。

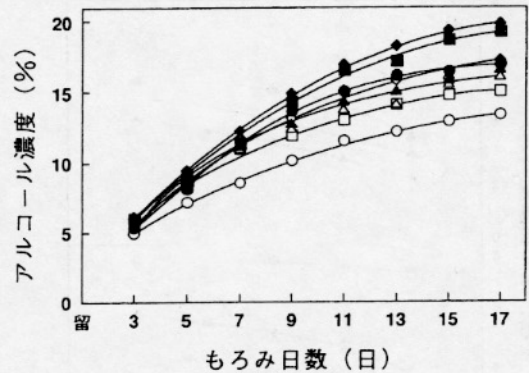
表2の通り、種々の市販酵素剤を用いた高温浸漬処理

を行った「アケノホシ」の白米に対する消化性試験では、ほとんどの酵素剤で反応液中の全糖および還元糖は、対照を上回り、特に、プロテアーゼ主体の「ニューラーゼF」と「ヘミセルラーゼ」で著しい効果が観られた。なお、この試験では、グルコアミラーゼが主体となる「グルターゼS」を用いた場合、明らかに浸漬時における原料米の大きな欠減が考えられるため、検討対象より除外した。

「アケノホシ」白米を用いた消化性試験における酵素溶液への種々酵素剤の添加効果を検討した結果(表3)、ほとんどの酵素剤で反応液中の全糖および還元糖濃度とも対照より高い値が得られた。特に、「ニューラーゼF」と「グルターゼS」で良好な結果が得られた。

3. 小仕込試験

「アケノホシ」白米を用いた消化性試験に対し、その前処理として、種々の市販酵素剤を用いた高温浸漬、また、消化性試験時における酵素溶液へのそれらの添加で効果が認められた「ヘミセルラーゼ」、「ニューラーゼF」および「グルターゼS」を用いて小仕込試験を行った。すなわち、高温浸漬処理に「ヘミセルラーゼ」、または「ニューラーゼF」を用いた試験区では、添、仲および留添用の掛米の原料処理時に白米重量の2倍量の浸漬水に酵素剤を酒税法による規制の上限となる白米重量の1/1000ずつ溶解し、これに白米を浸漬し、所定の条件で処理を行った。また、もろみに酵素剤を添加した試験区では、「ヘミセルラーゼ」、「ニューラーゼF」および「グルターゼS」をそれぞれ単独で総米重量の1/1000ずつ留時に汲水に溶解して用いた。また、それら3種の酵素剤を混合して用いる試験区では、それらを1/3000ずつ用いた。なお、対照区には、「中生新千本」または「アケノホシ」を掛米に用い、酵素処理を行わな



○:ニューラーゼFを用いた浸漬処理 △:ヘミセルラーゼを用いた浸漬処理
●:もろみへのニューラーゼF添加 ■:もろみへのグルターゼS添加
▲:もろみへのヘミセルラーゼ添加 ◆:もろみへの3種酵素剤添加
□:アケノホシを用いた対照もろみ ◇:中生新千本を用いた対照もろみ

図2 仕込試験におけるもろみ日数に対するアルコール濃度の変化

い2仕込みを用いた。

小仕込試験における各仕込みのもろみ期間中のアルコール濃度の変化を図2に、また、製成酒分析値を表4に示す。

図2および表4の結果のとおり、「アケノホシ」の白米に対し、「ニューラーゼF」および「ヘミセルラーゼ」を用いて高温浸漬を行った試験区では、大きな効果は認められず、「ヘミセルラーゼ」を用いた場合、対照区よりわずかにアルコール生成と粕量において良好な結果となった。一方、「ニューラーゼ」を用いた試験区は、対照区よりアルコール生成および粕量において明らかに悪い結果となった。この理由としては、原料処理時に白米の崩壊が著しく、水切り時等において原料米の欠減が大きくなったことと消化性試験で用いた「コクラゼSS」と小仕込試験での麴で蒸米溶解に係わる α -アミラーゼ、グルコアミラーゼおよび酸性プロテアーゼの全活性

表4 製成酒の主要成分の比較

	酵素浸漬処理		もろみへの酵素添加			対照(酵素剤不使用)		
	ニューラーゼF	ヘミセルラーゼ	ヘミセルラーゼ	ニューラーゼF	グルターゼS	3酵素剤使用	アケノホシ	中生新千本
日本酒度	+13.5	+11.8	+14.0	+12.2	+19.0	+17.0	+9.0	-3.8
アルコール (%)	12.7	16.2	16.6	17.0	19.5	19.9	15.2	17.0
酸度 (ml)	4.40	3.30	2.05	2.45	2.30	2.38	2.05	2.32
アミノ酸度 (ml)	0.65	1.73	1.65	1.66	1.18	1.25	1.40	2.08
緩衝酸度 (ml)	5.00	4.95	3.33	4.83	4.16	4.46	3.56	4.10
粕量 (g)	928	754	704	640	654	635	818	596

粕量は、もろみを遠心分離(1700×g, 15分間)後の沈殿物重量とした。

の比率が異なることが考えられる。

もろみへの市販酵素剤の添加を行った場合、いずれの試験区においても対照区の「アケノホシ」よりアルコールの生成および粕量において良好な結果となった。中でも3種の酵素剤を混合して用いた試験区は、最も良好な結果が得られた。しかしながら、これらの結果は、いずれも普通酒の原料米として一般に用いられる「中生新千本」を用いた対照区の粕量より大きな値となった。従って、更なる「アケノホシ」のもろみでの溶解を促すためには、本試験で効果の認められた3種の酵素剤の最適な割合等についての検討が必要と思われる。また、ここで明らかな効果の認められた3種の市販酵素剤は、一般的に用いられている酒造原料米の酒造適性において消化性が悪い場合、その対応策としても応用できると考えられる。

要 約

多収穫品種「アケノホシ」の蒸米の清酒もろみ中での溶解性の向上を目的に、白米浸漬時における各種市販酵素剤の添加効果および蒸米の消化性試験へのそれらの添加効果に対し、国税庁所定分析法注解による消化性試験法を若干改変して検討を行い、最終的に総米1kg規模の仕込試験で確認を行った。

(1) 「アケノホシ」と「中生新千本」の白米（精米歩合70%）の米粒と米粉を用いて消化性試験を行った結果、米粒では、両者に大きな違いが生じたが、米粉で

は、ほぼ同程度の値となり、2品種の米粒中の胚乳細胞およびその配列の状態は、大きく異なることが考えられた。

- (2) 種々の市販酵素剤を用いた高温浸漬処理後の「アケノホシ」の白米に対する消化性試験では、「ニューラーゼF」と「ヘミセルラーゼ」で効果が観られた。
- (3) 「アケノホシ」の白米を用いた消化性試験における種々酵素剤の併用効果は、「ニューラーゼF」と「グルターゼS」で認められた。
- (4) 高温浸漬処理および市販酵素剤の併用による消化性試験で効果の認められた酵素剤を用いて小仕込試験を行った結果、「ニューラーゼF」、「ヘミセルラーゼ」および「グルターゼS」をそれぞれ、総米重量の1/3000ずつもろみに添加した試験区が最も大きな効果が認められた。

文 献

- (1) 末成和夫・土屋義信・五反田晃・手島義春：醸協，82，195（1987）
- (2) 農林水産省中国農業試験場：水稻新品種決定に関する参考成績書p.1（1982）
- (3) 注解編集委員会編：第3回改正国税庁所定分析法注解，日本醸造協会（1974）
- (4) 吉沢淑・百瀬洋夫・石川雄章：醸協，74，190（1979）
- (5) 福井作蔵：還元糖の定量法，東京大学出版会（1996）