

高アミロース米の醸造特性の評価

Evaluation of the brewing properties of the high amylose rice

会津若松技術支援センター 醸造・食品科 菊地伸広 高橋亮
県産品加工支援センター 企画支援チーム 齋藤嵩典

高アミロース米を原料とした清酒製造を目標に、醸造特性を評価した。試験に供した高アミロース米は千粒重が小さく、碎米率が高く、精米特性は劣っていた。また、吸水性、消化性は対照の天のつぶと比較して著しく低く、小仕込みの醪中でも溶けず、発酵に糖化が追いつかなかったため、味ウスの酒質となった。この低い消化性は高温障害米対応として検討されている酵素剤の添加によってもわずかにしか改善しなかったが、姫飯仕込みにより粕歩合、酒質を向上させることができた。

Key words: 高アミロース米、消化性、姫飯仕込み

1. 緒言

人口減少や消費者の米離れにより米の一人当たり年間消費量は 1962 年をピークに減少しており、2022 年にはピーク時の半分以下の 50.9[kg]まで減少している¹⁾。米の消費拡大のために様々な取組が行われており、その一環として輸入に頼る小麦の代替を目的とした米粉利用拡大事業も取り組まれている。米粉用品種の開発も行われており、「ミズホチカラ」や「笑みたわわ」などの高アミロース品種の米粉は製麺性、製パン性に優れることから、全国各地で生産されており、福島県においても相双地方で「笑みたわわ」が栽培されるなど、すでに福島県産米粉の麺やパンなどが流通している。また、九州地方では高アミロース米の蒸米のさばけの良さから焼酎の原料米としての活用も進められている²⁾。

今回、福島県産高アミロース米の利用拡大を目的に製麺、製パン以外の用途を探りたいと応募企業から相談があった。そこで高アミロース米が清酒の原料米として活用可能か醸造特性の評価を行った。

2. 実験

2. 1. 原料特性

2. 1. 1. 試料及び試料調整

応募企業から提供のあった高アミロース米 2 品種(令和 5 年産、(株)アルファーフーズ(福島県郡山市)で育種中の品種 A、B、)を試料とした。対照として、飯米ではあるが酒造用にも使用されることがある天のつぶ(令和 5 年産、福島県郡山市産)を用いた。

試料を酒造用原料米全国統一分析法³⁾に準じて水分調整し、精米歩合 70%に精米した。精米は、試験用精米機(株)サタケ、TM105B)を用いた。醸造特性の評価に用いた試料は水分調整を行わずに精米歩合 70%に精米した。

2. 1. 2. 測定方法

酒造用原料米全国統一分析法³⁾に準じて、千粒重、精米(真精米歩合、無効精米歩合、碎米率)、吸水性、消化性を測定した。

アミロース含量はアミロース/アミロペクチン分析キット(Megazyme 社)を用いて測定した。

2. 2. 醸造特性

2. 2. 1. 製麴

白米 20[g]を吸水歩合 130[%]を目標に吸水させ、蒸米し、シャーレ上で製麴した。種麴は白夜(株)菱六、100[g/100kg])を使用した。製麴は、恒温恒湿機(楠本化成(株)、FX411N-EL)を用いた。

出麴後、酵素活性を測定(キッコーマンバイオケミファ(株)、 α -アミラーゼ： α アミラーゼ測定キット、グルコアミラーゼ：糖化力分別定量キット、酸性カルボキシペプチダーゼ：酸性カルボキシペプチダーゼ測定キット)した。

2. 2. 2. 小仕込み試験

表 1 に示す仕込み配合で総米 200[g]の小仕込みを行った。掛米に試験品種を用い、表 2 に示す試験区で仕込んだ。

試験区 2、4 は、高温障害米用の消化酵素剤として報告⁴⁾のあった酵素剤を仕込み時に添加した。試験区 6 は、酵素剤を用いた液化処理を行った後に仕込んだ(姫飯仕込み)。姫飯仕込みの仕込み条件は、花春酒造(株)(福島県会津若松市)の仕込み方法を参考にした。試験区 6 は A、B を等量で混合したものを掛米として使用した。

麴米の酵素活性は、 α -アミラーゼ 876[U/g]、グルコアミラーゼ 384[U/g]、酸性カルボキシペプチダーゼ 1884[U/g]だった。

醪重量の減少(炭酸ガス発生量)で醪を管理し、遠

心分離（工機ホールディングス（株）製、CR21N）により上槽し、製成量と粕歩合を求めた。

表1 仕込み配合

麴米	40[g]	R4夢の香50[%]
掛米	160[g]	試験品種
水	300[mL]	
乳酸	0.3[mL]	
酵母	1[mL]	F7-01

表2 試験区

No.	品種	酵素剤の添加量
1	A	
2	A	グルク吟 総米の1/10000
3	B	
4	B	SBG:SD=1:2 総米の1/5000
5	天のつぶ	
6	A、B	

SBG：グルクSBG

SD：グルコアミラーゼ「アマノ」SD

使用した酵素剤は全て天野エンザイム（株）製

2. 2. 3. 製成酒の分析及び官能評価

製成酒の分析は、酒類総合研究所標準分析法注解⁵⁾に準じて行い、官能評価は醸造・食品科職員男性3名により行った。官能評価は点数をつけずに原料米が溶けて米の味が出ているかどうかをコメントし、評価後に合評した。

3. 結果及び考察

3. 1. 原料特性

試料の精米特性および千粒重、アミロース含量を表3に、吸水性及び消化性を表4に示す。

表3 精米特性および千粒重、アミロース含量

品種	見かけの精米歩合[%]	真精米歩合[%]	無効精米歩合[%]	碎米率[%]
A	70.1	77.7	7.6	39.6
B	70.1	78.6	8.6	46.9
天のつぶ	70.0	70.2	0.2	5.7

品種	玄米千粒重[g]	白米千粒重[g]	アミロース含量[%]
A	18.5	14.4	15.4
B	21.2	16.7	17.9
天のつぶ	23.2	16.3	-

表4 吸水性及び消化性

品種	吸水性[%]		蒸米吸水率[%]	消化性	
	20分	120分		Brix	F-N
A	22.3	24.5	27.6	3.6	0.7
B	23.4	25.3	28.6	3.2	0.6
天のつぶ	25.8	30.7	35.2	9.9	0.9

今回供試した高アミロース米は2品種とも米粉用途に開発を進めているものであったことから、大粒であることを育種の条件としておらず、千粒重が低く、小粒だった。そのため、試験用精米機の網に引っかかりやすく、真精米歩合や無効精米歩合が高くなった。また、碎米率が著しく高く、精米特性は劣っていた。

アミロース含量は、ヨウ素呈色比色法（見かけのアミロース含量）ではなく、アミロペクチンを除去して得られるアミロース量から求めたため、一般的に知られている高アミロース米のアミロース含量⁶⁾よりも低値になった。

吸水性、蒸米吸水率、消化性は、対照の天のつぶと比較してA、Bともに低かった。特に消化性のBrixは著しく低く、原料米に使用した場合に酵素剤添加や仕込み方法の工夫などの対策が必要であると推測された。

3. 2. 醸造特性

3. 2. 1. 製麴

シャーレ製麴した麴の酵素力価を表5に示す。A、Bともに蒸米後に速やかに老化が進んだが、天のつぶと比較して遜色なく製麴することができた。天のつぶは、浸漬時に過吸水になったため、力価がやや低かった。

表5 麴の酵素力価

品種	グルコアミラーゼ	αアミラーゼ	酸性カルボキシペプチダーゼ
A	315	859	2417
B	260	705	2165
天のつぶ	214	866	1225

([U/g] koji DW)

3. 2. 2. 小仕込み試験

A、Bともに蒸米後のさばきは良好だった。しかし、急速な老化が見られたことから、放冷後できるだけ素早く仕込みを行い、掛け上げのような消化性の低さを補う操作を行う必要があると考えられた。

図1に炭酸ガス発生量による醗経過、図2に上槽前の醗外観を示す。高アミロース米は吸水しにくいことから、醗初期に見られる吸水による膨れや醗期間中の米の液化がほとんど見られず、醗末期まで上澄んだ状態だった。また、酵素剤の添加（No.2とNo.4）は炭酸ガス発生量に影響しなかった。これは、No.5（対照）と比較して高アミロース米はデンプンの液化・糖化よりも発酵が終始先行しており、今回の酵素剤の添加量・

添加方法では平行複発酵のバランスを保つことができなかったためと考えられた。

表6に小仕込み試験の結果を示す。No. 5はNo. 1～4の条件に揃えるために同日に上槽した。対照のNo. 5と比較してNo. 1～4は原料米が溶けなかったために製成数量が少なく粕歩合が高くなった。No. 4はNo. 3と比較してわずかに粕歩合が低減できたが、高温障害用の酵素剤の使用では高アミロース米の溶けを改善するほどの効果は見られなかった。しかし、姫飯仕込み（No. 6）をすることにより、原料米の液化が進み、製成数量も粕歩合も改善した。

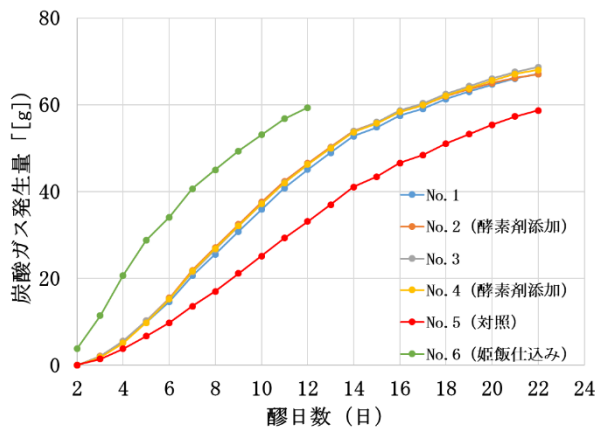


図1 醪経過



図2 上槽前の醪外観
(左：No. 5（対照）、右：No. 4）

表6 小仕込み試験結果

No.	品種	備考	醪日数 (日)	製成数量 [mL]	粕重量 [g]	粕歩合 [%]
1	A		22	320	160	80.2
2	A	酵素剤	22	320	161	80.5
3	B		22	325	165	82.4
4	B	酵素剤	22	326	162	80.9
5	天のつぶ		22	354	136	68.1
6	A, B	姫飯仕込み	12	340	144	71.8

3. 2. 3. 製成酒の分析及び官能評価

製成酒の分析値を表7に、官能評価の結果を表8に示す。No. 1～4は糖化よりも発酵が先行したため、対照のNo. 5と比較して日本酒度とアルコールが高くなった。酵素剤の添加（No. 2と4）は、酵素剤無添加（No.

1と3）と比較して、製成数量や粕歩合には影響しなかったが日本酒度や直接還元糖には影響し、糖化の促進効果が見られた。対照のNo. 5は、No. 1～4の条件に揃えるために同日に上槽したが、発酵が先行しすぎず、並行して糖化も進んだことから醪中に糖を残しており、上槽時期としては早すぎたと考えられた。姫飯仕込み（No. 6）は、No. 1～4と比較して原料米の液化が進んだ結果、日本酒度が低くなった。

香気成分は、酢酸イソアミル系の酵母であるF7-01を使用したため、酢酸イソアミルや酢酸エチル濃度が高くなった。姫飯仕込み（No. 6）はアセトアルデヒド濃度が他の試験区と比較して最も高くなったが、これは上槽の時期が早すぎて、酵母の活性が高かったために生じたと考えられた。

官能評価においても酵素剤添加（No. 2と4）や姫飯仕込み（No. 6）をすることで、原料米の溶けた味わいや酒質の向上が見られた。No. 5と6はジアセチル臭が指摘されたが、これは上槽のタイミングが早かったためであり、適切に醪を管理することで改善することができる。また、姫飯仕込みでもまだ味が薄く、原料米の溶けにくさが影響していたことから、甘戻りや味乗りを期待して長期熟成することも活用的手段として考えられる。

表7 製成酒の分析値

No.	品種	日本酒度	アルコール [%]	酸度	アミノ酸 度	直接還元 糖[%]
1	A	12.5	18.3	2.9	1.4	1.9
2	A	10.5	18.3	2.7	1.7	2.2
3	B	18.7	18.7	2.6	1.1	1.1
4	B	16.6	18.5	2.4	1.2	1.5
5	天のつぶ	-19.1	15.5	3.1	1.4	5.8
6	A, B	8.1	17.7	3.3	0.7	1.4

No.	品種	香気成分				
		アセトアル デヒド	酢酸 エチル	イソアミ ルアル コール	酢酸イソ アミル	カブロン 酸エチル
1	A	26	105	165	8.1	2.1
2	A	26	104	163	8.5	2.1
3	B	24	121	166	8.3	2.3
4	B	25	117	158	8.4	2.9
5	天のつぶ	29	79	145	7.3	2.3
6	A, B	35	127	167	10.8	1.1

[ppm]

表8 官能評価

No.	品種	コメント
1	A	味ウス、酸ハリ
2	A	自己消化、後味悪いが溶け感があり、酵素が効いている
3	B	1以上にうすい、荒い、ニガシブ、香りは良
4	B	味うすい、酵素剤の効果は薄い、3に比較して少しなめらかになった
5	天のつぶ	ジアセチル、甘酸っぱい、米が溶けている、普通
6	A, B	ジアセチル、液化特有の香味、米の溶け感あり。薄いがバランス良、後味の切れ良

4. 結言

福島県産高アミロース米の利用拡大を目的に清酒の原料米として活用できるか可能性を探るため原料特性や醸造特性を評価した。

高アミロース米は2品種とも千粒重が低く、小粒であり、真精米歩合や無効精米歩合は高かった。また、碎米率が著しく高く、精米特性は劣っていた。

吸水性、蒸米吸水率、消化性は、A、Bともに低かった。特に消化性のBrixが著しく低く、溶けない原料特性であることから、醪中で溶かす対策が必要だった。

製麴においては対照と遜色ない酵素力価になり、高アミロース米でも問題なく製麴することができた。

醸造特性を評価するために小仕込み試験を行った結果、蒸米後に急速な老化が見られたことから、実際の作業においては放冷後速やかに仕込み、掛け上げなどの溶かす操作が必要だった。また、高温障害用の酵素剤の添加量では日本酒度や直接還元糖などの成分には影響が見られたが、粕歩合の低減には至らなかった。姫飯仕込みにより、米の溶けが進み、粕歩合が低減し、酒質を向上することができた。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、姫飯仕込みの液化条件についてご指導いただいた花春酒造(株)、米粉用米品種の情報・サンプル提供にご協力いただいた宮城学院女子大学石原教授、(株)アルファーフーズの皆様には感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) “令和4年度食料需給表”. 農林水産省.
<https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/fbs/>
- 2) 田之頭拓 他. 高アミロース水稻品種「たからまさり」の焼酎醸造に適した安定多収のための栽培法. 日本作物学会九州支部報, 2020, 第86号, p.11-14.
- 3) 酒造用原料米全国統一分析法. 酒米研究会. 1996.
- 4) 山川達也 他. 清酒醸造における高温障害用の消化酵素剤の研究. 日本醸造協会誌, 2023, 第118巻, p.710-718.
- 5) 酒類総合研究所標準分析法注解. 標準分析法注解編集委員会, 2017.
- 6) 芦田(吉田)かなえ 他. 高アミロース米の米粉から調製したゲルの物性. 日本食品科学工学会誌, 2019, 第66号, p.290-298.