

研究論文

短鎖アミロペクチン米の醸造特性評価

伊藤彰敏*1、中林柚佳*2、西田淑男*2

Brewing Characteristics of Short-chain Amylopectin Rice

Akitoshi ITO*1, Yuzuka NAKABAYASHI*2 and Yoshio NISHIDA*2

Food Research Center*1 Tokai Gakuen University*2

短鎖アミロペクチン米「愛知 132 号」は千粒重の大きい長粒米で、吸水性はコシヒカリと同等であった。ラビッドビスコアナライザーによる粘度特性評価によりコンシステンシーの値が大きく、蒸米氣中放置による酵素消化性 Brix 値の変化が少ないことから、老化性が低いことが確認された。短鎖アミロペクチン米麴は α -アミラーゼ活性が低いことを特徴とした。清酒小仕込試験を行った結果、短鎖アミロペクチン米は酒化率が高く、掛米特性に優れていることが判明した。

1. はじめに

米の栄養成分の約 70%は炭水化物であり、その主要物質はデンプンである。デンプンの性質により、粳米と糯米に分類される。粳米は、デンプン分子が直鎖のアミロース約 20%と分枝鎖のアミロペクチン約 80%から構成される米である。清酒製造においては、主にジャポニカ種の粳米が原料に用いられている。原料処理は蒸煮であり、蒸米の状態で行われる。清酒は蒸米の溶解とアルコール発酵が同時に行われる並行複発酵により製造され、蒸米の溶解及び糖化による、もろみ中へのグルコースの供給が、製造プロセスとして最も重要である。

近年、イネ栽培の登熟期における高温化の影響で、デンプンの生長がすすみ、アミロペクチン鎖長が長い米が供給される傾向にある。それに伴い、蒸米の老化性に起因して米の溶解性が低下し、香味不足や酒化率(歩留り)の悪い製成酒となることが問題となっている。

本研究ではジャポニカ種の粳米で、Sbe1 遺伝子を欠損したアミロペクチン鎖長の短い育種米「愛知 132 号」を試料米とし、米の溶解性の観点から、清酒醸造特性を評価することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 試料

愛知 132 号(愛知県産)の他、食用粳米としてコシヒカリ(愛知県産)を、低アミロース米としてミルキークイーン(長野県産)を対照として使用した(いずれも令和 2 年産)。粒特性評価には玄米を、他の評価には cBN(立方晶窒化ホウ素)砥石装着の小型精米機(サタケ(株))で精米した 70%白米を使用した。

2.2 酒米評価

2.2.1 粒特性評価

任意に選抜した玄米 10 粒について、電子ノギスを用いて、粒長、粒幅及び粒厚を測定し、平均値を求めた。また、穀粒計を用いて千粒重を測定した¹⁾。試料をオスミウム酸により固定化後、アルコール脱水、酢酸イソアミル置換を行い、臨界点乾燥した。乾燥試料を導電性テープを貼り付けた試料台に乗せ、白金蒸着後、10eV で SEM 観察を行った。

2.2.2 化学特性評価

ケルダール法によりたんぱく質を測定した。また、塩酸抽出後、原子吸光によりカリウム含量を測定した¹⁾。

2.2.3 吸水特性評価

試料を 15℃の水中で所定時間吸水させた重量変化を測定し、吸水性を評価した¹⁾。

2.3 デンプン特性評価

2.3.1 アミロース含量

メガザイム社のアミロース/アミロペクチン分析キットを使用して、アミロース含量を求めた。

2.3.2 糊化特性

ラビッドビスコアナライザー(Perten 社 RVA4500)を用いて、米粉のデンプン特性値(最高粘度、最低粘度、最終粘度)を測定した²⁾。なお、米粉は振動型粉碎機により調製したものをを用いた¹⁾。

2.3.3 酵素消化性試験

α -アミラーゼ(60U/mL)を含有するコハク酸緩衝液(pH4.3)中に、15℃で所定時間放置して老化させた蒸米を投入し、15℃で 24 時間酵素消化した後のろ液の Brix を測定した¹⁾。

*1 食品工業技術センター 発酵バイオ技術室 *2 東海学園大学健康科学部

2.4 製麴試験

白米試料 50g を蒸煮後、ポリプロピレン製タッパーを使用して製麴を行った³⁾。黒判醪用((株)ビオック製)を種麴として、篩にかけた孢子を白米に対し 0.05% 散布した。製麴は 35℃ の恒温槽で行い、24 時間目まではタッパーのふたで完全に密閉し、24 時間以降はテトロン敷布(細目)をふたにして培養した。出麴試料について、常法に従い酵素液を抽出し、 α -アミラーゼ、グルコアミラーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼは醸造分析キット(キッコーマンバイオケミファ(株))を、酸性プロテアーゼはペプチド研究所 酸性プロテアーゼ測定キット(富士フィルム和光純薬(株))を用いて測定した。

2.5 清酒小仕込試験

総米 50g の 1 段仕込で清酒小仕込試験を行った。酵母には協会 701 号を使用し、麴エキス培地(Brix10%、pH4.5)48 時間培養液 5mL を酒母とした。麴米に乾燥麴(I-60(徳島製麴(株)))を使用した仕込(掛米仕込)と、全量試料米を使用した仕込(全量仕込)を行った。仕込温度 15℃、もろみ品温 15℃ 一定で 15 日間発酵を行った。経時的に重量を測定し、炭酸ガス減量を求めた。表 1 に仕込配合を示す。

表 1 仕込配合

掛米仕込		全量仕込	
掛米(g)	50	掛米(g)	50
乾燥麴(g)	10	麴米(g)	10
汲水(g)	160	汲水(g)	150

2.6 製成酒の成分分析

4℃、7500pm で遠心分離した上清液を製成酒とした。日本酒度、アルコール分、酸度及びアミノ酸度を測定した⁴⁾。また、固形分率を計算により求めた。

3. 実験結果及び考察

3.1 酒米評価

3.1.1 粒特性評価

表 2 に玄米粒特性の比較を示す。短鎖アミロペクチン米「愛知 132 号」は他の品種と比較し、細長い形状を呈し、千粒重は最も高い値を示した。

表 2 玄米粒特性の比較

品種 特性	愛知 132 号 短鎖アミロペクチン	コシヒカリ	ミルキークイーン 低アミロース
玄米形状 (目盛 1mm)			
粒長(mm)	5.44	4.98	4.84
粒幅(mm)	2.66	2.85	2.72
粒厚(mm)	1.91	1.93	1.93
千粒重(g)	23.5	21.4	20.3

(n=10)

図 1 に米粒中心部の構造比較を示す。米粒中心部について SEM 観察を行った結果、愛知 132 号は他の品種と比べ、比較的組織が脆く、デンプン単粒が露出している部位が多かった。

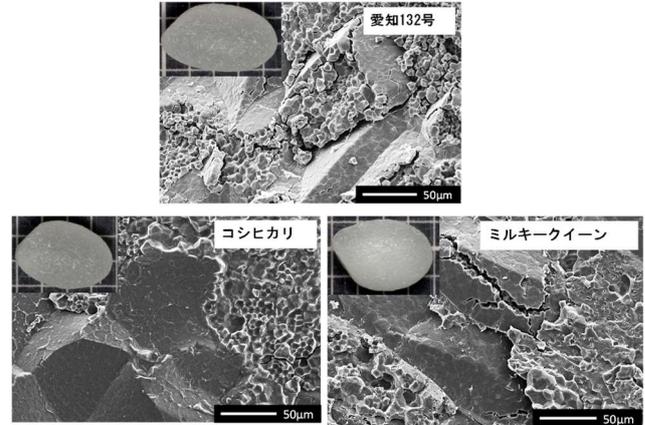


図 1 米粒中心部の構造比較

3.1.2 化学特性評価

表 3 にたんぱく質及びカリウム含量の比較を示す。他の品種と比較し、愛知 132 号のたんぱく質はやや高く、カリウム含量はやや低い傾向が認められた。

表 3 たんぱく質及びカリウム含量の比較

	愛知 132 号	コシヒカリ	ミルキークイーン
たんぱく質			
玄米 (%DRY)	7.3	6.3	7.7
70%白米 (%DRY)	5.0	4.2	4.8
カリウム			
70%白米 (ppm/DRY)	632	643	698

3.1.3 吸水特性評価

図 2 に吸水性の比較を示す。清酒製造では、製麴や仕込工程において適性水分の蒸米を調製することが重要であり、蒸し工程前の吸水状況を確実に把握する必要がある。愛知 132 号はコシヒカリと比較して、吸水がやや速く、最大吸水量もやや高かった。なお、ミルキークイーンの最大吸水量は他よりも高い値を示した。ミルキークイーンは低アミロース米であるため、他の品種よりアミロペクチン含量が多く、デンプン構造上、保水性に優れていることが、最大吸水量が高くなる原因と考えられた。

3.2 デンプン特性評価

3.2.1 糊化特性

表 4 に RVA 特性値の比較を示す。愛知 132 号のアミロース含量は 21.9% で、他の品種より高い値を示した。RVA 特性値であるコンシステンシーは最終粘度と最低粘度の差で表され、老化性の指標となることが知られている。愛知 132 号のコンシステンシーはアミロペクチン含量が多く老化しにくいミルキークイーンについて低く、老化しにくいものと推察された。

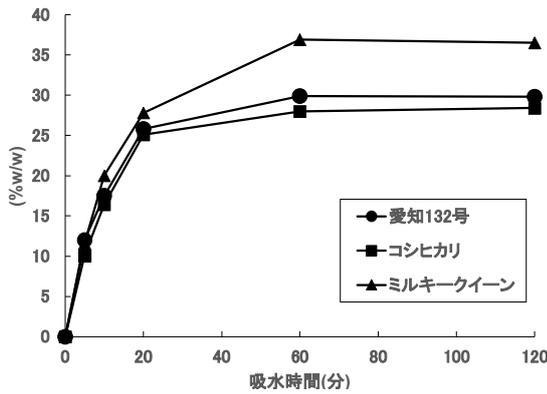


図2 吸水性の比較

表4 RVA 特性値の比較

	愛知132号	コシヒカリ	ミルクークイーン
最高粘度(RVU)	299	294	233
最低粘度(RVU)	107	126	76
最終粘度(RVU)	191	234	147
ブレークダウン(RVU)	192	168	157
コンシステンシー(RVU)	85	108	71
アミロース(%)	21.9	19.0	13.7

3.2.2 蒸米の酵素消化性

図3に蒸米の酵素消化性試験ろ液の Brix 値の比較を示す。蒸米放置時間が延長することで蒸米が老化し、酵素消化性 Brix 値が低下する。愛知132号の Brix 値の減少は0.5%で、ミルクークイーンについて減少率が低く、コシヒカリより老化しにくいことが分かった。この結果は、RVA 特性値の老化性指標となるコンシステンシーの分析値と相関性が認められた。

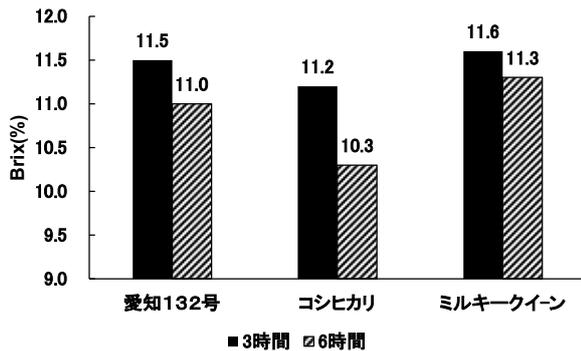


図3 蒸米の酵素消化性試験ろ液の Brix 値の比較

3.3 製麴特性評価

図4に麴酵素活性値の比較を示す。愛知132号麴のα-アミラーゼ活性は、他の品種と比較して最も低い値を示した。アミロペクチン鎖長が短いことから、デンプンの分解が容易であり、よって麴菌によるデンプン分解酵素の生産が低水準であったものと推察された。愛知132号麴はグルコアミラーゼ活性も低い値であったが、良質

麴の指標となる GA 比(グルコアミラーゼ/α-アミラーゼ比)は最も高い値を示した。

たんぱく質分解酵素について、愛知132号麴はコシヒカリ麴と同等の活性値を示し、特異的な傾向は認められなかった。

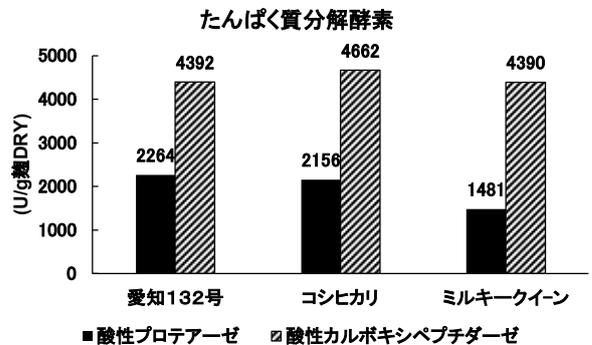
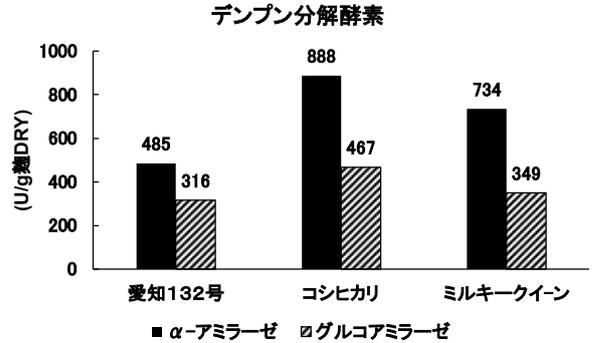


図4 麴酵素活性値の比較

3.4 清酒小仕込試験における発酵性の評価

図5に炭酸ガス減量の比較(掛米仕込)を示す。炭酸ガス減量は、もろみ中における酵母の増殖やアルコール発酵時に発生する炭酸ガス総量を表したもので、発酵性の指標となる。麴米は同一で、掛米を変えた仕込(掛米仕込)を行った結果、愛知132号はミルクークイーンと同等の発酵曲線を示し、順調に並行複発酵が行われることが判明した。低アミロース米であるミルクークイーン同様、短鎖アミロペクチン米である愛知132号は、もろみ品温 15℃の低温下でも老化しにくく、もろみ中へのグルコース供給が円滑に行われるものと推察された。よって、発酵性の観点から掛米特性に優れていることが分かった。

図6に炭酸ガス減量の比較(全量仕込)を示す。3.3 製麴特性評価で使用した麴を利用し、麴米を掛米と同じ試料米とした全量仕込について発酵性を評価した。その結果、愛知132号の炭酸ガス減量の推移は、コシヒカリとミルクークイーンの間での発酵曲線を呈した。愛知132号仕込については、麴のα-アミラーゼ活性が低いことから、デンプンの分解が鈍く、発酵が停滞することが推

測された。しかし、もろみ3日目までは炭酸ガス減量が低水準であったが、4日目以降順調に並行複発酵が行われ、発酵速度はミルキークイーンと同等のレベルで推移した。短鎖アミロペクチン米である愛知132号は、消化性 Brix の評価からも、酵素分解されやすいデンプン構造であることが示されており、デンプン分解酵素活性が低い麴を使用しても、発酵性に大きな影響が認められないことが分かった。

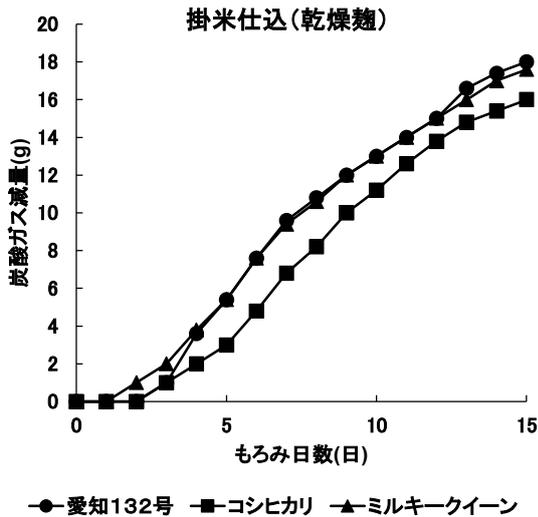


図5 炭酸ガス減量の比較(掛米仕込)

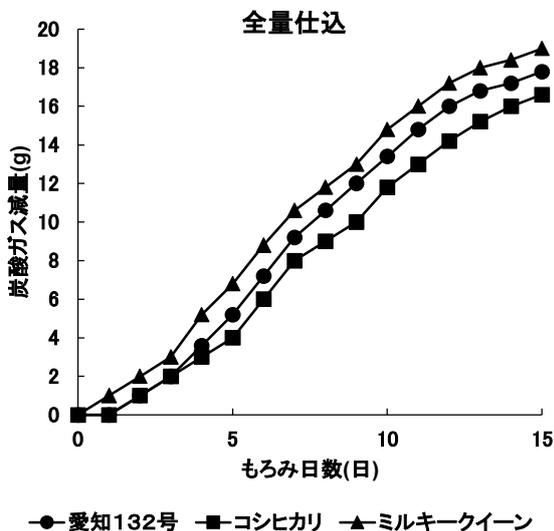


図6 炭酸ガス減量の比較(全量仕込)

3.5 製成酒の成分評価

表5に製成酒成分の比較を示す。掛米仕込において、愛知132号酒はアルコール分が最も高い値を示した。残糖分が少なく、アミノ酸度の低い淡麗型の酒質を呈した。

固形分率もミルキークイーンについて低く、酒化率の観点からも掛米特性に優れていることが実証された。

全量仕込において、愛知132号酒はミルキークイーン酒についてアルコール分が高く、残糖分及びアミノ酸も低い値であることから、掛米試験同様、淡麗型の酒質であった。なお、固形分率はコシヒカリ並みであった。固形物中に麴が多く認められたことから、掛米の溶解は順調に推移したものと考えられた。

表5 製成酒成分の比較

掛米仕込製成酒			
	愛知132号	コシヒカリ	ミルキークイーン
固形分率(%)	37.2	42.2	32.7
アルコール分(%)	16.8	15.8	16.6
日本酒度	-3.77	-12.18	-6.75
グルコース(%)	0.09	0.34	0.03
酸度(mL)	3.6	3.6	3.5
アミノ酸度(mL)	1.1	1.4	1.5
全量仕込製成酒			
	愛知132号	コシヒカリ	ミルキークイーン
固形分率(%)	37.2	38.6	20.5
アルコール分(%)	18.1	16.8	18.7
日本酒度	+4.20	-3.35	+12.09
グルコース(%)	0.29	2.07	0.26
酸度(mL)	3.7	3.8	3.4
アミノ酸度(mL)	1.2	1.2	1.4

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) 短鎖アミロペクチン米「愛知132号」は千粒重が大きく長粒米であった。
- (2) 短鎖アミロペクチン米「愛知132号」は、コシヒカリと同様の吸水曲線を示し、RVA及び消化性試験により老化しにくいことが明らかとなった。
- (3) 短鎖アミロペクチン米「愛知132号」は、清酒小仕込試験の結果、淡麗型の酒質を呈し、酒化率が高いことから、掛米特性に優れていることが判明した。

文献

- 1) 酒米研究会編：全国酒米統一分析方法，
<http://www.sakamai.jp/bunseki.html> (2022/9/26)
- 2) 豊島英親，岡留博司，大坪研一，須藤充，堀末登，稲津脩，成塚彰久，相崎万裕美，大川俊彦，井ノ内直良，不破英次：日本食品科学工学誌，**44**(8)，579(1997)
- 3) 岩野君夫，伊藤俊彦，長谷川恵美子，高橋和弘，高橋仁，中沢伸重：日本醸造協会誌，**99**(1)，55(2004)
- 4) 独立行政法人酒類総合研究所編：酒類総合研究所標準分析法，<https://www.nrib.go.jp/bun/pdf/bun/nb03.pdf> (2022/9/26)