

研究論文

イタリア米「カルナローリ」の清酒製造特性評価

伊藤彰敏^{*1}、小川真奈^{*2}、山上佳小吏^{*3}、正高彰仁^{*4}、西田淑男^{*3}、三田有紀子^{*2}Evaluation of *Sake* Production Characteristics of Italian Rice "*Carnaroli*"Akitoshi ITO^{*1}, Mana OGAWA^{*2}, Kaori YAMAGAMI^{*3}, Akihito SHOKO^{*4}
Yoshio NISHIDA^{*3} and Yukiko MITA^{*2}Food Research Center^{*1} Sugiyama Jogakuen University^{*2} Tokaigakuen University^{*3}
Daiei Sangyo Co.,Ltd.^{*4}

イタリア米「カルナローリ」は長粒で、たんぱく質やカリウム含量が高く、吸水の少ない米質であった。RVA 糊化特性及び酵素消化性試験の結果、老化しやすい米質であることが明らかとなった。純米酒製造試験を行った結果、カルナローリ麹は酵素活性値が総じて高く、もろみ期間を通して、酸度やアミノ酸度が高く推移した。カルナローリ酒は五百万石酒より淡麗辛口で、酸味や苦渋味を有することから、白ワイン様の酒質を呈し、魚介類やトマトを食材とするイタリア料理とのマリージュの可能性が見出された。

1. はじめに

清酒の原料は米であり、主にジャポニカ種の粳米が用いられる。昨今の清酒業界では、純米酒製造がトレンドとなっており、地産地消の観点から地域で栽培された原料米を利用することが多く、清酒製造に特化して育種開発された酒米(酒造好適米)の需要が年々高まっている。酒米品種として、「山田錦」、「五百万石」及び「美山錦」が日本3大酒米として有名であるが、全国各地で新規な酒造好適米が開発され、令和4年産の実績で108品種の酒米が、産地指定銘柄の醸造用玄米として品種登録されている。しかし、清酒の国内需要は酒類の多様化や飲酒人口の減少、若者のアルコール離れなどの理由で減少の一途を辿っている。一方で、「和食」のユネスコ無形文化遺産登録(平成25年12月)に伴い、日本食ブームに付随して、海外における清酒の需要が高まっている。また、財務省の貿易統計によれば、令和3年度の清酒輸出総額は約402億円に上り、12年連続で過去最高額を更新している。また、海外で清酒を製造する酒蔵も増加しており、2022年には17カ国で73社の酒蔵が存在している¹⁾。

海外で清酒製造に使用される原料米として、現地米である「カルローズ」(アメリカ産)や「カマルグ米」(フランス産)が知られている。これらの米は中粒種のジャポニカ粳米品種である。ワインの世界で提唱されてるテロワールの観点から、現地で栽培された米を利用した清酒製造を行う海外蔵が注目され、一つの潮流となっている。このように、世界中で清酒の生産が行われている

中、イタリア国内での清酒製造が計画されている。テロワールの観点から、現地米である「カルナローリ」の利用を検討しているが、醸造特性は未解明である。そこで、本研究ではイタリア米「カルナローリ」の清酒醸造特性について精査することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 米質評価

2.1.1 試料

イタリア産の粳米「カルナローリ」60%白米(令和3年産)を原料米とした。なお、対照として、酒造好適米「五百万石」60%白米(富山県令和3年産)を使用した。なお、精米は大榮産業(株)で行った。

2.1.2 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²⁾。

2.1.3 化学特性評価²⁾

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。

2.1.4 吸水特性評価²⁾

60%白米試料を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。

2.1.5 糊化特性³⁾

ラピ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。なお、米粉は振動型粉碎機によ

^{*1} 食品工業技術センター 発酵バイオ技術室 ^{*2} 相山女学園大学生生活科学部 ^{*3} 東海学園大学健康科学部 ^{*4} 大榮産業株式会社

り調製したものをを用いた。

2.1.6 酵素消化性試験²⁾

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℃で所定時間放置した蒸米を投入し、15℃で24時間酵素消化させたろ液のBrixを測定した。

2.2 醸造特性評価

2.2.1 製麹試験

試料米 5kg を 15℃ の水道水に 1 時間浸漬させ、脱水後、蒸きょうした。麹室で蒸米を 30℃ まで冷却後、種麹(黒判大吟醸(ビオック(株)))を 5g(試料白米の 0.1%)散布し、ネルの布でくるんだ。24 時間後、30 時間後、36 時間後に攪拌操作を行い、45 時間培養した。なお、麹室の環境は 24 時間までは室温 30℃、湿度 50%RH、24-36 時間は室温 35℃、湿度 50%RH、36 時間以降は室温 40℃、湿度 30%RH に設定した。出麹試料について、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))、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。

2.2.2 純米酒製造試験

総米 10kg(掛米 8kg、麴米 2kg)で 3 段仕込を行った。麴歩合 10%、汲水歩合 130%とし、酒母は麴エキス培地で 48 時間培養した協会 701 号培養液 100ml を使用した。初添仕込時に乳酸 8mL を添加し、仕込・発酵を行った。初添 15℃、仲添 10℃、留添 8℃で仕込を行い、5 日目に最高温度 13℃とし、並行複発酵を行った。上槽は遠心分離により行った(4℃、7500rpm、20 分)。表 1 に仕込配合を示す。

表 1 仕込配合

	初添	仲添	留添	合計
総米 (kg)	1.8	2.6	5.6	10
掛米 (kg)	1.2	1.9	4.8	7.9
麴米 (kg)	0.6	0.7	0.8	2.1
汲水 (L)	2.7	3.0	7.3	13.0
酒母: K701 酵母培養液 100mL				
乳酸: 8mL				

2.2.3 製成酒の成分分析

7500rpm(4℃、20 分)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、各種有機酸及び香気成分を測定した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 米質評価

3.1.1 粒特性評価

表 2 に粒特性の評価、図 1 に 60% 白米の外観を示す。

カルナローリはインディカ品種で粒が細長い形状を示していた。酒米分析の標準試料となる五百万石と比較し、粒幅や粒厚は顕著な相違は認められなかったが、粒長が極めて長かった。また、千粒重は五百万石より 8g 重く、大粒米であることを確認した。精米は 60%まで行ったが、真の精米歩合や碎米率のデータが把握されていない。カルナローリは細長い形状であることから、精米時の割れが多く、真の精米歩合は 60%を超えていることが予想され、千粒重が大きな値を示したものと推察される。なお、カルナローリの中心部は白濁しており、いわゆる心白構造が認められた。

表 2 粒特性の評価

	精米歩合 (%)	千粒重 (g)	粒長 (mm)	粒幅 (mm)	粒厚 (mm)
五百万石	60	18.8	4.52±0.16	2.84±0.23	1.90±0.08
カルナローリ	60	26.3	6.70±0.25	2.61±0.16	1.87±0.06

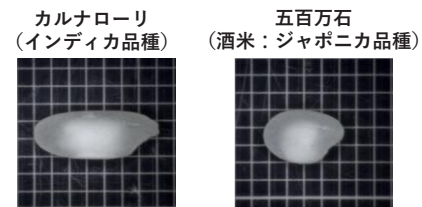


図 1 60% 白米の外観

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評価を示す。カルナローリのたんぱく質含量は五百万石より高い値を示し、味の濃い酒ができる可能性が示唆された。カルナローリのカリウム含量は五百万石より高い値を示し、製麹時間の短縮や発酵が速いことが予測された。

表 3 たんぱく質及びカリウム含量の評価

	精米歩合 (%)	たんぱく質 (%DRY)	カリウム (ppmDRY)
五百万石	60	4.82±0.14	621±0.32
カルナローリ	60	7.21±0.08	719±1.08

3.1.3 吸水特性評価

図 2 に吸水性の評価を示す。清酒製造では、製麹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。カルナローリは五百万石と比較して、初期吸水は速く推移したが、最大吸水量は 25%で停滞した。このことより、カルナローリは水分の少ない蒸米が調製されることが推測された。一般的に水分の少ない蒸米はデンプンの老化が速く、もろみ中で溶けにくいことが知られている。

3.1.4 糊化特性

表 4 に RVA 特性値の比較を示す。最終粘度と最低粘度の差で表されるコンシステンシーは、カルナローリの

ほうが五百万石より高い値を示した。コンシステンシーの値は老化性と相関があり、その値が大きくなるほど老化しやすいことが知られている。五百万石は酒米のなかでも老化しやすい米質であるが、カルナローリはさらに老化しやすく、蒸米の溶解性が低いことが推察された。

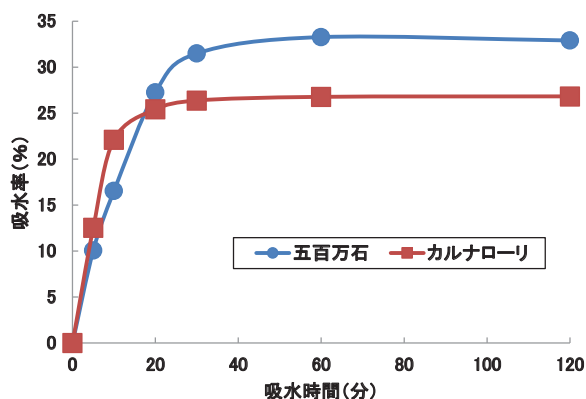


図2 吸水性の評価

表4 RVA 特性値の評価

	五百万石	カルナローリ
最高粘度 (RVU)	331	337
最低粘度 (RVU)	156	164
最終粘度 (RVU)	274	323
ブレークダウン (RVU)	174	173
コンシステンシー (RVU)	118	159

3.1.5 蒸米の酵素消化性

図3に蒸米の酵素消化性 Brix 値の評価を示す。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。五百万石と比較し、カルナローリは蒸米消化液の Brix 値が低いことから、溶解性が低く、老化しやすいことが示された。RVA による糊化特性評価により、カルナローリのコンシステンシーが低い結果と相関性が認められた。

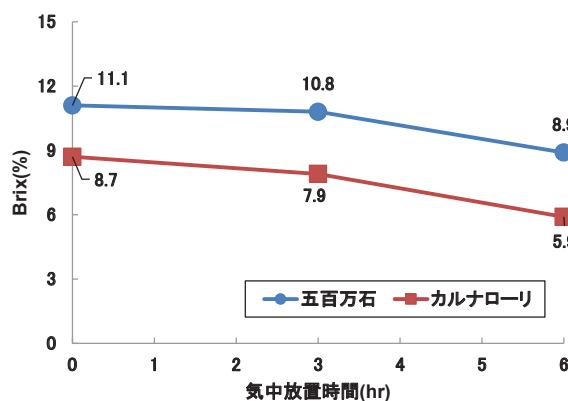


図3 蒸米の酵素消化性 Brix 値の評価

3.2 醸造特性評価

3.2.1 製麹特性

製麹試験における麹の外観を図4に示す。カルナローリ麹は、五百万石麹より品温経過や麹菌増殖が速く推移した。



図4 麹の外観

表5に麹酵素活性値の評価を示す。カルナローリ麹は五百万石麹より α -アミラーゼ、酸性プロテアーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼ活性が高い値を示した。カルナローリは米のたんぱく質やカリウム含量が高いため、麹菌の増殖が速く、菌体量が多くなることから、糖類分解酵素やたんぱく質分解酵素の活性値が高い傾向を示すものと推察された。

表5 麹酵素活性値の評価

	AAase (U/g)	GAase (U/g)	G/A	APase (U/g)	ACPase (U/g)
カルナローリ	1152	114	0.10	3188	6749
五百万石	749	112	0.15	2617	4168

AAase: α -アミラーゼ、GAase:グルコアミラーゼ、
APase:酸性プロテアーゼ、ACPase:酸性カルボキシペプチダーゼ

3.2.2 純米酒製造試験における経時変化

図5に純米酒製造試験時の各種成分の経時変化を示す。カルナローリ仕込は五百万石仕込と比較し、蒸米の溶解性(ボーメ)が低く、アルコールの生成は速く推移した。カルナローリは、酵母の栄養源となるたんぱく質やカリウムの含量が高いことから、酵母の増殖や発酵が速く進行したものと推察される。また、カルナローリは老化しやすいことから、もろみ初期の蒸米溶解が低く、もろみ期間をとおして、蒸米の溶解度を示すボーメが低い値で推移したものと考えられた。呈味性について、カルナローリ仕込は酸度(酸味)及びアミノ酸度(苦渋味)が、もろみ初期から高い値で推移した。酵母の増殖過程で TCA 回路の代謝活性が高ければ、酸度の値が高くなる。カルナローリに由来する窒素源やカリウムにより、酵母の代謝活性が高まり、もろみの初期から酸度の値が高く推移したものと推察される。また、カルナローリに由来するたんぱく質含量の高さが、もろみ中のアミノ酸度の高さに反映したものと考えられる。カルナローリ仕込はグルコース濃度(甘味)が、もろみ初期から低い値で推移した。

清酒製造においてグルコースは、甘さの指標となるほか、アルコール発酵基質であるとともに、酸成分や香り成分の代謝前駆物質として、発酵・呈味形成の重要な鍵物質である。カルナローリは老化しやすいため、米の溶解性が低く、もろみ中におけるグルコース供給がもろみ初期から低水準となり、最終グルコース濃度も五百万石より低い値となった。

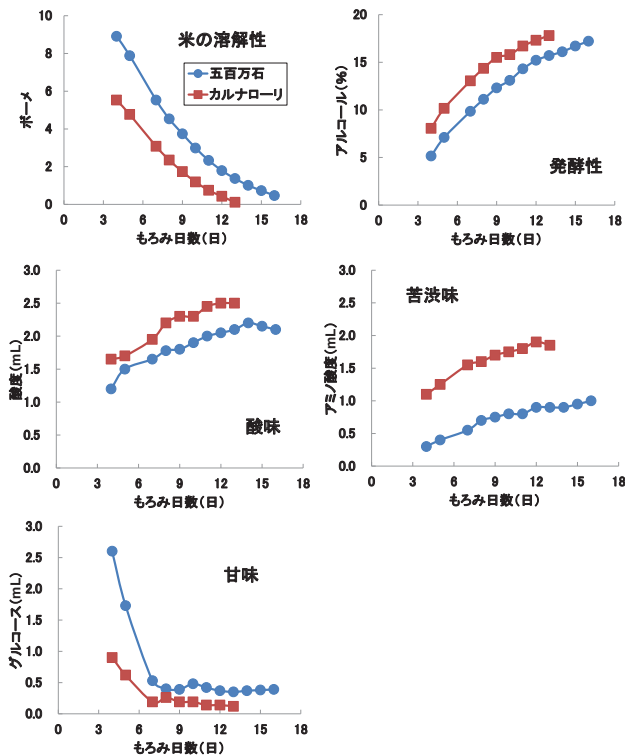


図5 各種成分の経時変化

3.2.3 カルナローリ酒の酒質評価

表6に製成酒の成分比較を示す。カルナローリ仕込は蒸米の溶解性が低いため、もろみ日数が短く、固形分率が五百万石より高い値を示し、実醸造で歩留まりが悪くなることが予想された。アルコール分は高く、ボディ感を表す日本酒度の値は-1で、五百万石より辛口の酒質となった。

カルナローリ酒はグルコース濃度が低く、甘味に乏しい酒質となった。酸味について、酸度の値は五百万石酒より高く、コハク酸濃度が最も高く、リンゴ酸濃度も高い酸組成を呈した。なお、オフフレーバーとなる酢酸濃度は低い値であった。カルナローリ酒のアミノ酸度は、五百万石酒より約2倍高い値を示し、苦味を呈する酒質となった。香り成分について、カルナローリ酒は、バナナ様香を呈する吟醸香である酢酸イソアミル濃度が五百万石酒より高い値を示した。

以上から総合的にカルナローリ酒は甘味が少なく、すっきりとしており、コハク酸を主とする酸味が強く、バナナ様の香りである酢酸イソアミル濃度が高く、苦渋味成分が多いことを特徴としており、酸味淡麗で、アミノ酸によるコクを感じる、白ワインタイプの酒質を呈していた。

カルナローリはイタリア産の米であることから、そのマリアージュの対象はイタリア料理となる。イタリア料理の特徴である魚介類や肉類、トマト料理は、白ワインとの相性がよいことが知られている。カルナローリを用いた清酒は、白ワイン様の呈味性を示すことから、イタリア料理とのマリアージュとともに、テロワールも担保できる。

表6 製成酒の成分比較

		カルナローリ	五百万石
	もろみ日数 (日)	13	16
	固形分率 (%)	37.9	37.3
ボディ	アルコール分 (%)	17.8	17.2
	日本酒度	-1	-5
甘味	グルコース (%)	0.1	0.3
	酸度 (mL)	2.5	2.1
酸味	コハク酸 (ppm)	554	424
	リンゴ酸 (ppm)	434	315
	酢酸 (ppm)	29	31
旨味	アミノ酸度 (mL)	1.9	1.0
	イソアミルアルコール (ppm)	185	195
香り	酢酸イソアミル (ppm)	4.5	3.8
	カブロン酸エチル (ppm)	1.3	1.3

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) カルナローリは長粒で、たんぱく質及びカリウム含量が高く、最大吸水量が低い米質であった。
- (2) RVA 特性値及び酵素消化性の結果から、カルナローリは老化しやすい米質であることが判明した。
- (3) カルナローリ麹は総じて酵素活性値が高く、製成酒は淡麗辛口で、酸味と苦渋味を有し、白ワイン様の酒質を呈した。

文献

- 1) きた産業株式会社編: 世界と日本の「サケ」情報, https://kitasangyo.com/pdf/archive/sake-info/world_sake_map_d.pdf (2023/5/29)
- 2) 酒米研究会編: 全国酒米統一分析方法, <http://www.sakamai.jp/bunseki.html> (2023/5/29)
- 3) 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)
- 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(2023/5/29)