

研究報告

発芽米「米芽」を発酵基質とした新規ビール様酒類の開発

伊藤彰敏*1、森三彩子*2、山田侑佳*2、三田有紀子*2、續順子*2

Development of Novel Beer-like Alcoholic Beverages
Using Germinated Brown Rice "Rice Bud" as a Fermentation SubstrateAkitoshi ITO*1, Misako MORI*2, Yuuka YAMADA*2,
Yukiko MITA*2 and Junko TSUDZUKI*2

Food Research Center*1 Sugiyama Jogakuen University*2

麦芽に替わる原料として発芽米に着目した。粳米の利用、ジベレリン浸漬法などを取り入れ、アミラーゼ活性の高い発芽米(米芽)の調製に成功した。米芽を用いた糖化液は、麦芽と同程度の Brix 値を有し、発酵性糖であるグルコースの他、マルトースも有していることを確認した。米芽糖化液「米汁」のアルコール発酵には、糖の資化性の観点から、清酒及びワイン酵母が優れていることを確認した。製成酒は泡形成などビール様の外観を呈し、コクのあるビールテイスト飲料となった。

1. はじめに

米の食料需給は生産量、消費量ともに減少傾向を示し、生産量より消費量のほうが少ないことから米余り現象が問題となっている¹⁾。一方、酒類の消費数量は、ビール、発泡酒といったビール系飲料の比率が最も高いが、米を原料とする清酒の消費量は、酒類全体の構成比 6%で年々低下している²⁾。米余り現象や清酒の落ち込みは互いにリンクしており、洋食文化の普及によるところが大きい。本研究では、米業界と清酒業界の現状を鑑み、米の新たな需要喚起を期待して、発芽米を利用したビール様の新しい酒類開発に関する検討を行った。

なお、米を副原料に用いたビール系飲料は市場に存在するが、麦芽に代えて米を 100%使用したビール様酒類は存在しない。

2. 実験方法

2.1 試料

令和元年産のあいちのかおり(うるち米:愛知県産銘柄米)及びココノエモチ(もち米:愛知県産銘柄米)を使用した。粳米を試料とし、必要に応じて脱穀して玄米を調製した。麦芽にはドイツ産麦芽「ピルス」(Weyermann社)を使用した。

2.2 発芽米の調製

米試料を 60℃の温水中で 5 分放置して滅菌した後、20℃の水道水中で 3 日間浸漬させた(積算温度 60 時間)。浸漬米を水切り後、タッパー中(底部に滅菌水で湿らせたガーゼを敷いたもの)に浸漬米を置いて密閉し、25℃

で所定時間生育させた。また、別途、温水滅菌した米試料を所定濃度のジベレリン(協和発酵バイオ(株))水溶液(20℃)中で浸漬させた後、発芽米を調製した。

2.3 発芽米の走査型電子顕微鏡(SEM)観察

試料をオスミウム酸で固定、アルコール脱水し、酢酸イソアミル置換した後、臨界点乾燥させた。導電テープを貼った試料台の上に、乾燥試料を固定し、白金蒸着後、構造観察を行った。

2.4 米芽の調製

所定時間生育させた発芽米を送風乾燥器にて 55℃で 20 時間乾燥後、80℃で 3 時間焙燥させ米芽とした。

2.5 米芽の酵素活性

米芽 3g に対し、15mL の 0.5% NaCl を含む 10mM 酢酸緩衝液(pH5.0)を加えて、室温で 140rpm、2.5 時間振とう抽出し、ろ紙(No.5C)でろ過して酵素抽出液とした。酵素測定キット(キッコーマン(株))を用いて、 α -アミラーゼ及びグルコアミラーゼ活性を測定した。また、メガザイムキットを用いて β -アミラーゼを測定した。

2.6 米芽の液化糖化

2.6.1 米汁及び麦汁調製

ミルサーIFM-77G(岩谷産業(株))により、米芽及び麦芽を粉碎した。三角フラスコに粉碎物重量の 3.5 倍量の温水(55℃)とともに投入し、振とう機に設置した。55℃の恒温機中、150rpm で振とうしながら、液化糖化を行った。

2.6.2 米汁成分分析

米汁及び麦汁を 3000rpm、30 分遠心分離し、得られ

*1 食品工業技術センター 発酵バイオ技術室 *2 椋山女学園大学生活科学部

たる液の Brix 及びグルコース及びマルトースを測定した。

2.6.3 単行発酵試験

米汁及び麦汁にホップ粉末(Simcoe 種)を 0.3g/100mL 添加し、ホットプレート上で 30 分煮沸させ、ガーゼでろ過した。30℃まで冷却後、各種酵母(清酒酵母 K701、白ワイン酵母 W3 及び上面発酵ビール酵母 Fermentis Safale S-04)の 30℃、48 時間前培養液を添加し、25℃でアルコール発酵させた。

2.7 米汁発酵酒の成分分析

改訂 BCOJ 分析法に準じて、アルコール分、比重、Brix、色度、色調、苦味価、pH、酸度、アミノ酸度及び全窒素を測定した³⁾。また、イオン排除クロマトグラフ法で有機酸を測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 発芽米の外観及び内部構造の観察

あいちのかおり粳米を試料とした発芽米の外観及び内部構造の観察を図 1 に示す。播種後、24 時間で発芽が認められ、その後芽の伸長が促進し、96 時間で根が観察された。発芽米の胚乳部のデンプン構造を観察した結果、発芽日数が経過するにつれて、胚乳部の構造が変化し、デンプン複粒が分解し、単粒が多数を占めることが観察された。

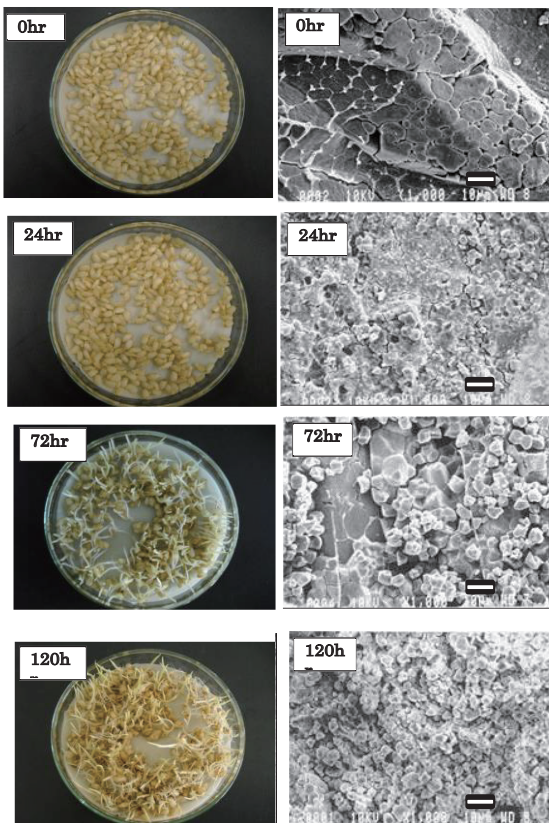


図 1 発芽米の外観及び内部構造の観察
白線スケール：10µm

3.2 発芽米(米芽)の酵素活性の評価

麦芽はアミラーゼの作用で、水溶液中で分解されアルコール発酵基質を有する麦汁(糖化液)となる。そこで米芽のアミラーゼ活性を測定した。あいちのかおりを試料米とした米芽のアミラーゼ活性の推移を図 2 に示す。玄米では液化酵素である α -アミラーゼ活性が認められなかった。一方、粳米では発芽時間とともに α -アミラーゼ活性が増加し、糖化酵素であるグルコアミラーゼ活性も増加した。しかし、 α -アミラーゼ活性は発芽 120 時間後の米芽(31.1U/g)でも麦芽(439U/g)の 1/10 以下の活性に留まった。米芽を溶解させ、糖化液を得るには、 α -アミラーゼ活性が高いことが重要であるので、米芽の α -アミラーゼ活性を高めることが課題となった。米品種を変えて、同様の試験を行った結果、粳米品種であるあいちのかおりと比較し、糯米品種であるココノエモチの発芽 120 時間米芽の α -アミラーゼ活性は 60U/g と高い値を示した。一般的に糯米は内生アミラーゼ活性が高く、軟質米であり原料利用率が高くなることが期待できるので、以降の実験には、米芽試料としてココノエモチの粳米を使用した。

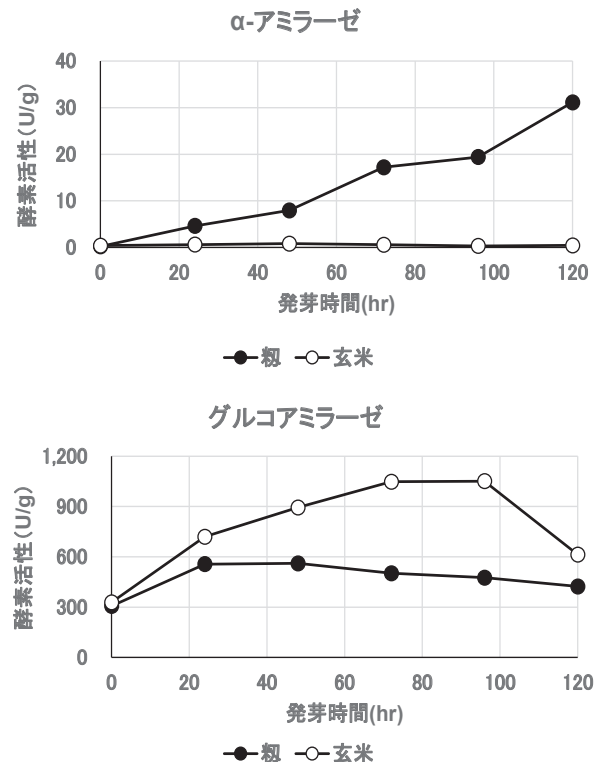


図 2 米芽のアミラーゼ活性の推移

3.3 ジベレリン浸漬法による米芽アミラーゼ活性の向上

図 3 にココノエモチを試料米としたジベレリン浸漬による米芽の酵素活性の変動を示す。ジベレリンは種子の発芽促進や休眠打破に効果があることから、アミラーゼ

活性の増大も期待される。浸漬水にジベレリンを所定濃度添加し、発芽 120 時間後の酵素活性を測定した。その結果、ジベレリン 100ppm 浸漬水で調製した米芽の α -アミラーゼ活性(141U/g)が最も高く、麦芽の 1/3 まで増大した。

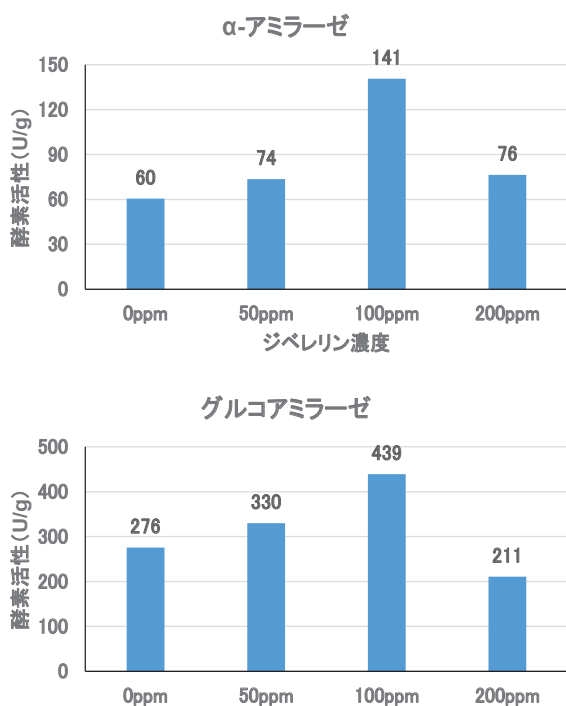


図 3 ジベレリン浸漬による米芽の酵素活性の変動

3.4 糖化時間の検討

ココノエモチの粳米を試料とし、ジベレリン 100ppm 浸漬処理により調製した発芽 120 時間米芽の粉砕物を糖化試料とした。図 4 に米芽の糖化時間による Brix 及びグルコースの推移を示す。インフュージョン法を採用し⁴⁾、55°C 一定で糖化させた結果、約 8 時間で一定の値となり、Brix 濃度 15%、グルコース濃度 5~6%であった。米芽は充分溶解された米汁となり、一般的な麦汁 (Brix15%) と同等の Brix 値を示した。また、グルコース以外の発酵性糖が生成していれば、5%以上のアルコール生成が期待され、ビールと同等の成分が保証されるものと推察された。

3.5 米芽酵素活性と米汁糖組成の検討

表 1 に米芽及び麦芽の酵素活性及び糖化液の糖組成を示す。米芽の酵素活性として、 β -アミラーゼを測定した結果、麦芽の 1/10 であるが、 β -アミラーゼ活性を示した。糖組成を検討した結果、麦汁はグルコースがほとんど含まれていないのに対し、米汁はグルコース濃度が高いことが特徴であった。また、麦汁の主要糖成分はマルトースであるが、米汁にもマルトースが含有されていることが明らかとなった。米芽中の β -アミラーゼ活性はわ

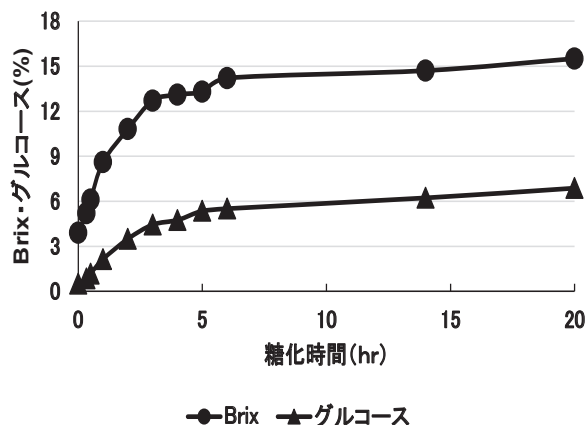


図 4 米芽の糖化時間による Brix 及びグルコースの推移

ずかであるが、グルコアミラーゼとの相互作用により、マルトースが生成されたものと推察された。アルコール発酵では 2%のグルコースから約 1%のアルコールが生成する。よって、グルコース 2 分子からなるマルトース 2%からも約 1%のアルコールが生成することから、米汁を発酵させることにより、グルコース及びマルトースを発酵基質として理論上、約 4%のアルコール生成が期待される。

表 1 米芽及び麦芽の酵素活性及び糖化液の糖組成

| | 麦芽 | 米芽 | |
|------|----------------------|------|------|
| 酵素組成 | α -アミラーゼ(U/g) | 439 | 141 |
| | グルコアミラーゼ(U/g) | 34 | 413 |
| | β -アミラーゼ(U/g) | 12 | 1 |
| 糖組成 | Brix(%) | 15.2 | 15.0 |
| | グルコース(%) | 0.0 | 5.5 |
| | マルトース(%) | 6.7 | 3.1 |

米芽:ジベレリン100ppm浸漬 発芽120時間
糖化時間:8時間

3.6 単行発酵試験

各種酵母を使用し、単行発酵試験を行った。図 5 に単行発酵による炭酸ガス減量の比較を示す。炭酸ガス減量はアルコール発酵と関連しており、簡易に発酵状況をモニタリングできる。

麦汁の発酵では、清酒酵母 K701 の発酵が遅れた。これは、K701 のマルトース資化能が低いことに起因している。一方、米汁の発酵では、ビール酵母 S-04 の発酵が遅延した。これは、ビール酵母のグルコース資化能が低いことに起因している。グルコース資化能が高い清酒酵母 K701 及びワイン酵母 W3 では、発酵が順調に行われ、泡の形成も認められた。よって、米汁(米芽)を用いたビール様酒類の製造においては、糖の資化能を考慮した酵母の選択が重要であることが分かった。

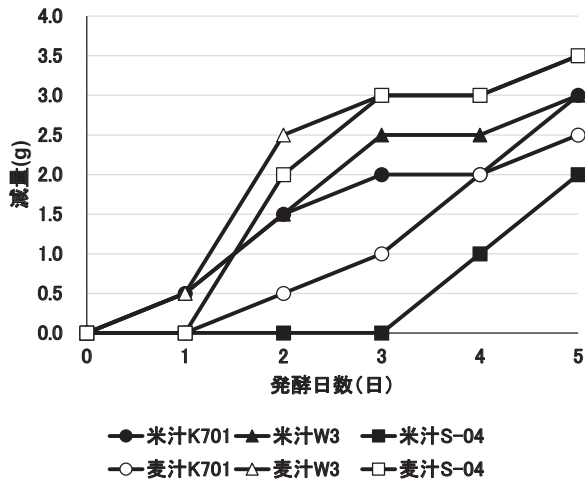


図5 単行発酵による炭酸ガス減量の比較

3.7 米汁酒(ビール様酒類)の成分

米芽から調製した米汁酒の成分について、麦汁酒を対照として比較検討した。表2に米汁酒の成分比較を示す。米汁酒のアルコール分は4~6%の数値を示し、市販ビール系飲料と同等のアルコール分であった。米汁酒のBrix値はやや高く、エキス分が多く残存していた。液化糖化工程において、非発酵性糖の生成が多いことが示唆された。米汁酒の色度は高く、L*値が極めて低い値を示した。これは、製成酒が濁っていることに起因している。低温貯蔵による混濁物質の沈降、清澄化で数値が低下するものと推察される。米汁酒のb*値は低い値を示した。黄色味が少なく、小麦麦芽を使用する白ビール様の色調を呈していた。苦味価は麦汁酒より高い値を示した。ホップの特性及び添加量に起因するものと推察されるが、米原料(胚芽)の油分に由来する苦味成分の関与も示唆された。米汁酒の有機酸は麦汁酒と同等の値であった。また、米汁酒の乳酸が低いことは、米芽の調製にあたり、乳酸菌汚染が少なかったことを意味している。米汁酒の全窒素は麦汁酒と同等の値であり、味やコクにおいて遜色ないものであることが推察された。なお、酵母を変えることによりアルコール分の差異は認められたが、他の成分においては顕著な相違は認められなかった。

米汁酒の泡形成は麦汁酒と比較し、やや低かった。米汁酒は濁りタイプの外観を呈していた。比重やBrix値が高いことからやや甘重い舌感を有し、全窒素が高いことからコクを感じた。オフフレーバーを感じることもなく、新しいタイプのビール様酒類として評価される。以上の検討から、米100%を利用したビール様酒類の開発は充分可能であることが判明した。

表2 米汁酒の成分比較

| 酵母種 | 米芽 | | | 麦芽 | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | K701 | W3 | S-04 | K701 | W3 | S-04 |
| アルコール分(%v/v) | 4.70 | 5.70 | 3.90 | 5.10 | 6.50 | 6.35 |
| 比重 | 1.011 | 1.011 | 1.008 | 1.007 | 1.007 | 1.006 |
| Brix(%) | 7.0 | 7.1 | 6.7 | 6.5 | 6.6 | 6.5 |
| pH(20°C) | 4.6 | 4.7 | 5.0 | 4.4 | 4.8 | 4.5 |
| 酸度(mL) | 3.00 | 2.35 | 2.80 | 2.50 | 2.10 | 2.05 |
| コハク酸 | 20.4 | 12.8 | 13.6 | 26.6 | 17.4 | 18.7 |
| リンゴ酸 | 25.1 | 12.4 | 16.2 | 37.2 | 28.2 | 26.6 |
| 乳酸 | 1.4 | 1.6 | 7.1 | 37.2 | 28.2 | 26.6 |
| アミノ酸度(mL) | 1.20 | 1.05 | 1.25 | 0.60 | 0.80 | 0.55 |
| 全窒素(mg/100mL) | 60.0 | 65.0 | 70.0 | 66.0 | 77.0 | 67.0 |
| 苦味価(BU) | 89.2 | 101.2 | 96.4 | 97.3 | 99.6 | 93.8 |
| 色度(OD430) | 171.7 | 170.6 | 157.6 | 35.3 | 33.8 | 35.7 |
| L* | 3.56 | 3.64 | 3.99 | 4.12 | 6.77 | 44.2 |
| a* | 0.29 | 0.33 | 0.34 | 0.09 | 0.65 | 1.40 |
| b* | 1.84 | 2.06 | 2.31 | 2.14 | 4.46 | 18.24 |

4. 結び

- (1) 玄米に比べて粳米発芽米の方が、 α -アミラーゼ活性が高いことを見出した。
- (2) ジベレリン浸漬法により、 α -アミラーゼ活性の高い米芽を調製することに成功した。
- (3) 米芽の糖化液である米汁はグルコースが主要構成糖であり、発酵に際しては糖の資化性の観点から、清酒及びワイン酵母の利用が適していた。
- (4) 米芽を利用することにより、米100%を原料とするビール様酒類の開発に成功した。

謝辞

原料米の調達にご協力頂いた、おおしま RICE ハーベスト大嶋和則様にお礼申し上げます。

付記

本研究は、公益財団法人内藤科学技術振興財団の2020年度研究助成を受けて実施した。

文献

- 1) 農林水産省: 食料需給表令和元年度, <https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/fbs/> (2021/3/22)
- 2) 財務省: 酒類販売(消費)数量の推移, <https://www.nta.go.jp/taxes/sake/shiori-gaikyo/shiori/2021/index.htm> (2021/3/30)
- 3) ビール酒造組合国際技術委員会編: 改訂 BCOJ ビール分析法(2013), (財団法人)日本醸造協会
- 4) 宮地秀夫: ビール醸造技術, 239-242(1999), 食品産業新聞