

## 低アミロース紫黒米の安心・安全な栽培法 及び機能性を活用した新食品の開発

食品工業部

小金丸和義 柘植圭介

紫黒米に含まれる色素、アントシアニンには抗酸化作用や血圧上昇抑制作用等の機能性を有することが明らかにされている。そこで、紫黒米色素の機能性を活用した食酢の開発を行った。精米歩合80%～97%までの紫黒米白米を調製し、エタノール発酵及び酢酸発酵を行った。その結果、精米歩合95%以上の精白米を使用することにより紫黒米中のアントシアニン色素がより多く残存し、赤みの強い食酢が製造可能であることが分かった。

### 1. はじめに

日本の稲栽培の歴史は古く、赤米は栽培稲の祖先であろうと推定されており、色のない白色粒種は突然変異により生まれたものと考えられている。また、10世紀前後には中国から長粒の赤米が渡来し、米質や食味は不良であるが、生育が旺盛で、強健、多収であることもあって「大唐米（だいとうまい）」、「唐法師（とうぼうし）」と呼ばれて九州地方から関東地方まで広く栽培されるようになった。また、江戸末期の大阪の米問屋の記録では、取扱量の約7割が赤米であったといわれている。しかし、19世紀より白い米の生産が盛んとなり、明治時代中期以降、赤い米は雑草とみなされ、白い米への混入を防ぐため徹底した除去がなされ、ほとんど姿を消すほどまでに至った。

しかし、中国や南アジア諸国の中には、現在でも赤米を栽培している地域があり、赤飯、餅、おかゆ、菓子などで、主食あるいは副食として日常的に食されているところもある。さらに、タイでは紫黒米の糯米で造った赤い酒があり、サドダン（sato dang）と呼ばれている。日本でも紫黒米を使った酒類として黒米ビールが市販されている。佐賀県でも赤米を使った清酒の製造がなされた経緯があり、最近では天吹酒造より紫黒米による清酒が商品化された。

赤米には、粒が細長いインディカ系の米と、日本の米と同様に粒が丸いジャポニカ系の2種類があり、インディカ系の方が赤色が濃く、黒米又は紫米と呼ばれている。

インディカ系赤米の色は、ブドウや紅いも、赤キャベツ等と同様のアントシアニン系色素である。これに対し、ジャポニカ系赤米の色はフラボン、タンニン系色素で、pH2付近では480 nm付近に極大吸収を示し、黄褐色を呈する。

インディカ系赤米の玄米を精米すると、80%までの糠の部分に全体の約90%の色素が含まれ、粒の方にはわずかな量しか含まれない。この色素は、pH2.7では520 nmに吸収極大をもち、pHが高くなるに従って吸収極大が長波長側に移行し、色も赤又は赤紫から褐色に変化し、アントシアニン色素の特徴を示す。この赤米色素は、クリサンテミン（シアニジン-3-モノグリコサイド、Cy-3-Glc）が約70%を占め、オキシコクシアニン（ペオニジン-3-モノグリコサイド、Pn-3-Glc）が約13%を占める。

アントシアニン色素を利用した機能性食品として紫サツマイモ「アヤマラサキ」によるサツマイモ飲料がある。紫サツマイモの紫色はアントシアニン色素によるもので、組成的にはシアニジン及びペオニジンを骨格とする7種以上のアントシアニン色素から構成されている。サツマイモ飲料には、抗酸化作用、抗変異原作用、アンジオテンシン変換酵素阻害作用、血中抗酸化活性上昇、酸化ストレス回避効果、肝機能向上効果、血圧上昇抑制効果、便通促進効果等の機能性があることが明らかになっており、抗酸化活性の場合、活性がアントシアニン含有画分に局在していることから、アントシアニン色素が抗酸化能を発揮する主成分と考えられている。また、アントシアニン色素はダイレクトに体内吸収されることが明らかになっており、試験管レベルで観察されるアントシアニン色素の機能性が生体内でもその効果を発現している可能性が高いことを示唆している。

同様に、紫黒米に含まれるCy-3-Glc、Pn-3-Glcもラットを使った経口投与試験でラット体内に吸収され、試験管レベルでの機能性の効果が生体内でも期待される。

そこで、紫黒米のアントシアニン色素の機能性に着目し、その色素を有効に活用した機能性食品の開発を目的に研究を行った。すでに黒米を使った清酒や紫黒米から抽出した色素を加えて醸造した低アルコール酒は市販されているので、今回は紫黒米を使った醸造酢の製造を試みたので報告する。

2. 実験方法

紫黒米の色素であるアントシアニンは、精米歩合80%までの糠の部分に約90%含まれるので、精米歩合80%、85%、90%、95%、97%の紫黒米白米を使用した。なお、97%の白米を使用したのは、鹿児島県の玄米黒酢の精米歩合が97%なので、比較のためこの玄米黒酢と同じ精米歩合とした。

エタノール発酵の仕込み重量は総米200gとした。麴米は、レイホウの70%白米で製麴し、冷凍保存して使用した。酵母は協会酵母7号を使用した。麴歩合は20%、汲水歩合は130%とし、清酒醸造と同様に三段仕込みとした。経時的に重量を測定し、炭酸ガス発生量を発酵経過とした。

酢酸発酵は、エタノール発酵液を上槽し、エタノール濃度6.25%に希釈した。その希釈液に種酢を加え、エタノール濃度5%、酸度1.5に調製した。表面に酢酸菌を移植して35℃の恒温水槽で酢酸発酵を行った。

3. 結果および考察

エタノール発酵は、紫黒米の精米歩合80%～97%までの5区分を1Lの広口瓶に仕込んで経時的に重量を測定した。その結果を図1に示す。精米歩合80%、85%、90%は同じような発酵経過を示し、もろみの後半では80%の区分が若干、発酵が良好で炭酸ガ

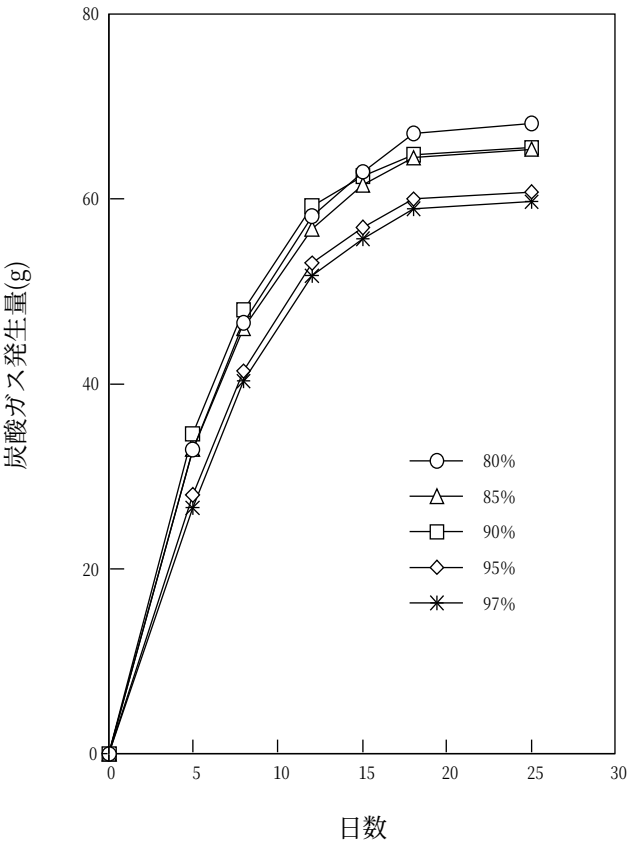


図1 エタノール発酵経過

ス発生量が大きくなった。一方、精米歩合95%及び97%は同じような発酵経過で、精米歩合90%等と比べると発酵経過が悪かった。これは、精米歩合90%以下まで精米すると、米の外側の果皮、種皮は、糠として取り除かれ、酵素作用を受けやすくなり、もろみでの溶解も良好となるが、精米歩合95%以上の白米では、果皮、種皮が残る、酵素作用が不十分で、一部

表1 エタノール発酵終了後の成分及び色調

| 精米歩合(%) | エタノール(%) | 酸度  | pH   | OD420 | OD525 | 525/420 |
|---------|----------|-----|------|-------|-------|---------|
| 80      | 16.2     | 1.9 | 4.61 | 0.047 | 0.016 | 0.340   |
| 85      | 16.4     | 1.8 | 4.57 | 0.053 | 0.019 | 0.358   |
| 90      | 15.5     | 2.0 | 4.61 | 0.134 | 0.058 | 0.433   |
| 95      | 15.6     | 2.5 | 4.66 | 0.227 | 0.125 | 0.551   |
| 97      | 15.3     | 2.7 | 4.67 | 0.301 | 0.186 | 0.618   |

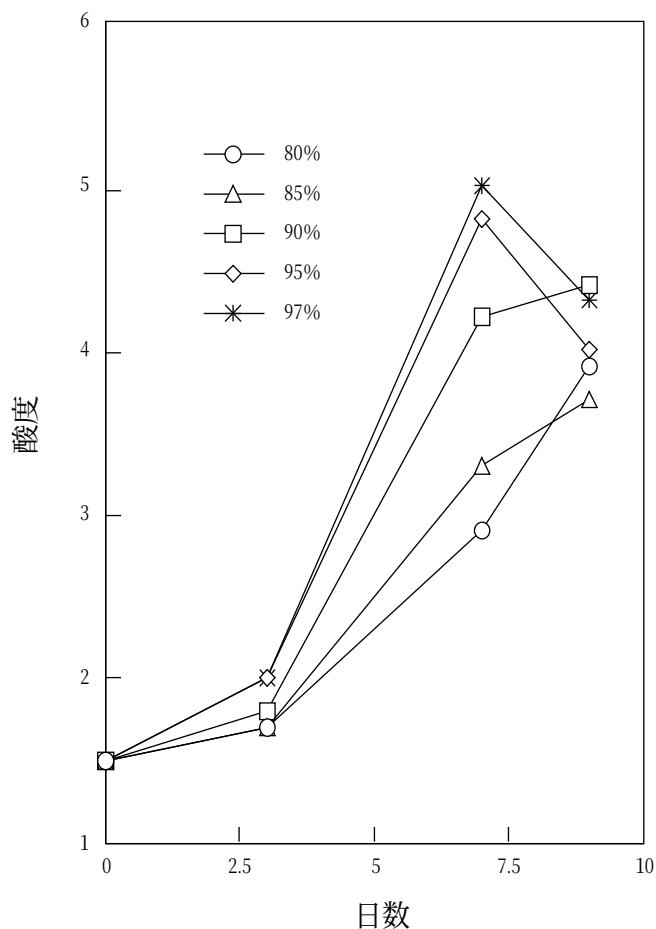


図2 酢酸発酵経過

のデンプンがブドウ糖へ完全に分解されないためと考えられた。

エタノール発酵終了後、上槽し遠心分離(8000 rpm×20分)を行った。エタノール濃度や色調の結果を

表1に示す。エタノール発酵経過が良好であった精米歩合80%と85%はエタノール濃度が16%以上となった。発酵経過は良好であった精米歩合90%は、エタノール濃度が低くなり、精米歩合95%及び97%と同程度となった。色調は精米歩合が高いほどOD<sub>525 nm</sub>の値が高くなり、アントシアニン色素が残って赤みが強くなった。さらに、吸光度の525/420の比を色調の指標としたが、精米歩合が高くなるほど高くなり、赤みが強いことが分かる。紫黒米色素の機能性を有効に活用した食酢を製造するためには、若干エタノール収量が落ちるが精米歩合95%以上の白米を使用する必要があることが分かった。

エタノール発酵終了後、エタノール5%に調製し、表面に酢酸菌を移植して35℃の恒温水槽中で酢酸発酵を行った。酢酸発酵の経過を図2に示す。精米歩合97%及び95%は7日間で酢酸発酵が終了することが分かった。精米歩合90%以下では酢酸発酵の終了まで9日間かかった。また、精米歩合90%以上の方が酸度が高く、順調な酢酸発酵を示すことが分かった。特に、精米歩合95%以上の方が酢酸菌膜の張り具合が良好で、膜が厚くちりめん様のしわが生じた。一方、精米歩合90%以下では酢酸菌膜が薄かった。酢酸発酵終了後の酢酸等と色調を表2に示す。精米歩合90%以上で良好な酢酸発酵を示し、酢酸が1.6%以上となった。一方、色調は525/420の比をみると精米歩合95%以上の方が赤みが強いことが分かる。酢酸発酵からも紫黒米の色素を有効に活用するには、精米歩合95%以上は必要であることが分かった。

#### 4. おわりに

紫黒米の色素であるアントシアニンの機能性に着

表2 紫黒米酢の有機酸組成と色調

| 精米歩合 (%) | クエン酸 | リンゴ酸<br>(μg/ml) | コハク酸 | 乳酸 | 酢酸 (%) | OD420 | OD525 | 525/420 |
|----------|------|-----------------|------|----|--------|-------|-------|---------|
| 80       | 53   | 42              | 143  | 40 | 1.41   | 0.081 | 0.019 | 0.235   |
| 85       | 44   | 40              | 160  | 45 | 1.57   | 0.078 | 0.019 | 0.244   |
| 90       | 90   | 56              | 169  | 48 | 1.63   | 0.116 | 0.042 | 0.362   |
| 95       | 132  | 74              | 267  | 30 | 1.62   | 0.151 | 0.081 | 0.536   |
| 97       | 161  | 136             | 179  | 10 | 1.62   | 0.091 | 0.107 | 0.560   |

目し、この機能性を活かした食品の開発研究を行った。最近の健康志向から食酢が注目され、業務用としてではなく一般家庭用の食酢の消費が伸びている。そこで今回は、紫黒米の色素をより多く含んだ食酢の開発を目的として、精米歩合80%~97%までの紫黒米を使って、エタノール発酵及び酢酸発酵を行った。その結果、エタノール発酵では若干エタノール収量が悪くなるが、赤みの色調を残すには精米歩合 95

%以上でなければならないことが分かった。また、酢酸発酵では精米歩合 95%以上の方が酢酸菌膜の張り具合が良好であり、赤みの色調も残った。このように、今回の試験の結果、紫黒米の精米歩合は95%以上とすることにより、アントシアニンの色素を多く含んだ食酢の開発が可能であることが分かった。

さいごに、酢酸菌を提供いただき、酢酸発酵についてご協力頂いた宮島醤油（株）様に感謝いたします。