

アントシアニン含有イモを活用した機能性成分の有効利用に関する研究 (2)

栢田 聖孝¹⁾, 芝田 猛²⁾, 村田 達郎³⁾, 多賀 直彦⁴⁾, 安田 伸⁴⁾, 松田 靖³⁾,
本田 憲昭⁵⁾, 荒木 朋洋⁴⁾

1) 農学部応用動物科学科, 2) 総合農学研究所, 3) 農学部応用植物科学科,
4) 農学部バイオサイエンス学科, 5) 農学部農学教育実習場

1. 緒言

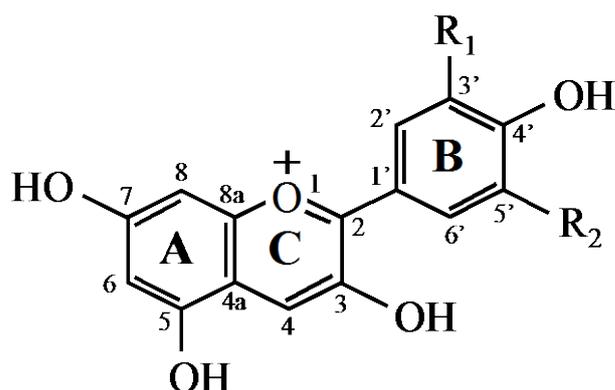
本プロジェクト研究は、日本における焼酎廃棄物処理問題を解決する目的で、生産量の増加と共に、増加している焼酎蒸留残渣を有効利用する方策を確立するものである。すなわち、今まで海洋投棄に依存していた焼酎粕の処理が1980年のロンドン条約批准により全面禁止となったため、醸造業界では焼却処理等その処理対策が必要となっている。これを受けて、焼酎粕の有効利用を図るため、それを飼料や肥料に利用する取り組みがすでに始まっている。すなわち、今まで廃棄されていた焼酎粕を再度発酵させることにより、有機肥料や飼料、食品素材として活用するシステムが開発されつつある。これらの取り組みはいずれも焼却等のエネルギーロスを考慮した有効利用を目指すもので、有機素材としての活用が主な目的である。

プロジェクト1年目は、阿蘇地域における、アントシアニン含有イモの栽培適性を総合評価するため、ムラサキマサリを含めた高色素含有イモ・7品種の栽培試験を行った。その結果、ムラサキマサリが、アントシアニン含量、でんぷん含量が高く、また、高収量であったことから、阿蘇地域における「紫芋焼酎」原材料として、最適品種の一つであることが分かった。そこで、今年度は、ムラサキマサリ・アントシアニンの効果や必要性を、より詳細に解析し、機能性飲料、機能性飼料製造の可能性および東海大学・地域貢献への取り組みについて検討した。

2. アントシアニンの構造と生理機能性

アントシアニンは、葉緑素、カロチノイドと並んで植物の花や葉、果実などの色素を形成し、赤、紫、あるいは青色などを呈する色素の総称である。アントシアニンの化学構造のうちとくにフラボノイド骨格部分をアントシアニジン(図. 1)といい、アントシアニンはその配糖体を指す。アントシアニンはブドウやブルーベリーなどの果実だけでなくナスやムラサキイモなどの身近な食材にも含

まれており、私たちが日常的に摂取している植物性のフィトケミカルである。消費者の健康志向が高まるなか、日常の食事内容や食生活より疾病リスクの軽減や体調改善を目的とした食材あるいは食品成分の探索と利用に注目が集まっており、特定保健用食品に代表されるように、科学的なエビデンスの明示と安全性の評価が重視されている。各種の生理機能性や疾病リスク緩和の観点より近年注目されているアントシアニンの研究動向を概説し、アントシアニン高含有のムラサキイモとイモ焼酎粕の利活用について紹介する。



アントシアニン (英名)

ペラルゴニン	(Pelargonidin)	$R_1 = R_2 = H$
シアニン	(Cyanidin)	$R_1 = OH, R_2 = H$
デルフィニン	(Delphinidin)	$R_1 = R_2 = OH$
ペオニン	(Peonidin)	$R_1 = OCH_3, R_2 = H$
ペチュニン	(Pctunidin)	$R_1 = OH, R_2 = OCH_3$
マルビジン	(Malvidin)	$R_1 = R_2 = OCH_3$

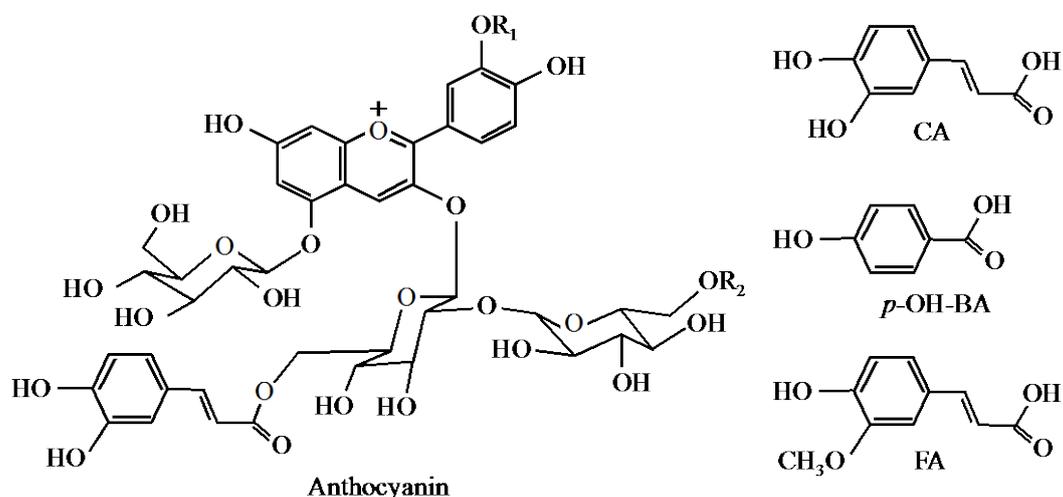
図.1 主要な 6 種類のアントシアニンの構造式と名称

生活習慣病は、食生活、運動不足、睡眠不足、ストレス、喫煙、飲酒など生活習慣の複合的要因によって発症するリスクが高まる疾患であり、加齢や遺伝的素因も生活習慣病を誘発すると考えられている。なかでも肥満、脂質代謝異常症、高血圧症、糖尿病の 4 点は、動脈硬化症疾患に密接に関係しており、さらに多様な疾患を誘発するため「死の四重奏」と言われている。厚生労働省より公表された平成 21 年度死因順位別死亡数・死亡率統計によると、現在の日本人の 3 大死因は悪性新生物（癌）（年間約 34 万人）、心疾患（年間約 18 万人）、脳血管疾患（年間約 12 万人）で、全死因の約 60%を占める。これらの死因には、上述の生活習慣との関連性が指摘されている。

アントシアニンには、血清脂質、血圧、ならびに血糖値を診断基準とするメタボリックシンドロームに対する疾病リスク緩和効果が見出されつつあり、疾病リスク予防因子としての活用が期待されている。即ち、アントシアニンのうちシアニジン-3-グルコシドを多量に含む紫トウモロコシ色素材は高脂肪食負荷マウスにおいて体脂肪蓄積抑制作用を示し、各種脂肪組織重量（皮下脂肪、精巢上体脂肪、腸間膜脂肪、褐色脂肪）の有意な低下ならびに脂肪肝の生成抑制作用を認めている。疫学調査ではアントシアニンが豊富な食品の摂取グループと癌発生リスクの低減との間に相関性が指摘されており、ヒトでの更なる臨床試験結果の蓄積に期待が持たれる。

3. アントシアニン含有イモ・機能性の有効利用

「ムラサキマサリ」に含まれるアントシアニン色素（図. 2）は焼酎製造時には蒸留されて移行することはなく食品残渣である焼酎粕として排出される。メーカーにとっては大量の焼酎粕をいかに効率良く処理するかであるが、アントシアニンを多く含む焼酎粕の生理機能性の解明と付加価値を明らかにすることは焼酎粕を再利用した機能性飲料や食品開発などに向けた環境にやさしい取り組みとしても意義あることと考えられる。



シアニジン系 ($R_1 = H$)

ペオニジン系 ($R_1 = CH_3$)

YGM-1b
YGM-1a
YGM-2
YGM-3

YGM-4b
YGM-5a
YGM-5b
YGM-6

$R_2 = CA$ (カフェ酸)
 $R_2 = p-OH-BA$ (*p*-ヒドロキシ安息香酸)
 $R_2 = OH$
 $R_2 = FA$ (フェルラ酸)

図 2. ムラサキマサリ由来の主要な 8 種類のアントシアニンの構造式と名称

筆者らは「ムラサキマサリ」焼酎粕の利用価値を明らかにするべく、酒蔵会社より提供された焼酎粕を固液分離して総ポリフェノール、総フラボノイド、総アントシアニンの含量を測定した。さらに焼酎粕の機能性として抗酸化作用ならびに抗腫瘍作用との関連性を評価した。その結果、イモ可食部分より得た抽出物 1 mg 中には 36.5 μg の総ポリフェノール、15.7 μg の総フラボノイド、7.67 μg の総アントシアニンが含まれていた。茎葉部についても同様に調べた結果、抽出物 1 mg 中には 57.9 μg の総ポリフェノール、44.9 μg の総フラボノイドが含まれていたもののアントシアニンは検出できなかった。一方、焼酎粕固形分より得た抽出物 1 mg 中には 242 μg の総ポリフェノール、95.3 μg の総フラボノイド、15.2 μg の総アントシアニンが、茎葉部についても同様に調べた結果、抽出物 1 mg 中には 57.9 μg の総ポリフェノール、44.9 μg の総フラボノイドが含まれていたもののアントシアニンは検出できなかった。一方、焼酎粕固形分より得た抽出物 1 mg 中には 242 μg の総ポリフェノール、95.3 μg の総フラボノイド、15.2 μg の総アントシアニンが含まれており、液分抽出物中には 83.7 μg の総ポリフェノール、44.1 μg の総フラボノイド、3.02 μg の総アントシアニンが含まれており、イモ可食部分よりも焼酎粕固形分で高値を示す傾向にあった。

次に DPPH ラジカル消去活性を指標にこれら試料の抗酸化能を調べたところ、それぞれ濃度依存的な活性の上昇が認められた。イモ部分および葉茎部抽出物ではそれぞれ 173 $\mu\text{g/ml}$ および 113 $\mu\text{g/ml}$ の EC_{50} 値が得られ、焼酎粕固形および液分抽出物ではそれぞれ 24.2 $\mu\text{g/ml}$ および 89.6 $\mu\text{g/ml}$ と低い EC_{50} 値が得られた。これらの焼酎粕抽出物とともに HL-60 ヒト由来白血病細胞を培養したところ、イモ抽出物とともに培養したときに得た細胞増殖抑制効果よりも、焼酎粕抽出物とともに培養した際には強い抑制効果を見出し、アポトーシスに特徴的な遺伝子レベルでの DNA 断片化の誘導効果を認めつつある。従って、「ムラサキマサリ」の可食部であるイモ部分に含まれていたポリフェノール、フラボノイド、アントシアニンなどの生理活性成分は焼酎粕中に機能性を強く保持したまま残存し、焼酎粕が高い利用価値を有していることが見出された。

4. ムラサキマサリ焼酎粕の活用例および広報活動

焼酎粕の搾汁方式として、従来の、連続遠心分離法から、藪田式濾過方式に変換し、昨年度、その効果について検討した。数回の試行の結果、もろみ酢飲料および飼料化双方において、藪田式 (図. 3) が適していることが分かった。



ムラサキマサリ焼酎粕原液



藪田式固液分離装置（鹿児島：西酒造）



ダイヤフラム式送液ポンプ操作中（中央）

図 3. 藪田式固液分離装置による搾汁の様子

現時点でのもろみ酢飲料の製造は、焼酎粕を果実連にて遠心分離による固液分離を行っている。出来上がったもろみ酢飲料は、衛生的に問題なく商品化に耐えうるものであるが、若干の固形分を含むため、一般消費者の一部には抵抗を感じる事が予想される。固形分を含まない清澄なもろみ酢飲料の開発を目

的として、遠心分離以外の固液分離法の藪田式濾過法を検討した。藪田式濾過法は、日本酒製造でもろみから清酒と酒粕を分離する際に用いられる方法であり、清澄な液分および水分が十分に取り除かれた固形分が得られることが期待される。2011年度は、堤酒造が所有する大型の藪田式濾過装置を用いて紫芋焼酎粕の固液分離を試み、焼酎粕を2倍希釈することにより固液分離を行った。

2012年度は、焼酎粕を原液のまま固液分離することを目的として、鹿児島県の西酒造が所有する藪田式濾過装置を用いて紫芋焼酎粕の固液分離を試みた。粘性のある焼酎粕の送液に用いるポンプとしてダイアフラム式ポンプを用いており、スクリー式ポンプと異なってキャビテーションを起こすことなく焼酎粕を藪田式固液分離装置に充填できるので、焼酎粕を原液のまま固液分離することができた。



ムラサキマサリ焼酎粕原液を固液分離した焼酎粕液分



ムラサキマサリ焼酎粕原液を固液分離した焼酎粕固形分

図4. 藪田式で得られた、ムラサキマサリ焼酎粕の液分と固形分

焼酎粕原液を固液分離した液分は、色あいが濃いので加工段階で希釈等が可能である。また、固形分は2倍希釈液で作製したものと比較して水分が少なく回収や輸送などの取り扱いが容易になった。しかし、焼酎粕の取り扱いについ

では、固液分離後もカビが生えやすいという衛生上の欠点など克服すべき問題が未だ多く残っている。もろみ酢飲料の製品化には、食品を扱うに足る衛生的環境を備えたトータルな設備設計が必要である。

さらに、焼酎製造時における、ムラサキマサリ規格外（150g/1個）の生芋および焼酎粕サイレージについての検討も行った。

豚に対するムラサキマサリ(生芋)の給餌試験

- 供試動物: ランドレース(雌3頭、去勢3頭)計6頭
試験区, 対象区それぞれ3頭/区
- 飼料: 1日2回給与, 自由飲水
- 試験期間: 43日
試験開始日と終了日に体重測定



	試験区	対象区
飼料	ムラサキマサリ(生芋) 50% 市販配合飼料 50%	市販配合飼料 100%

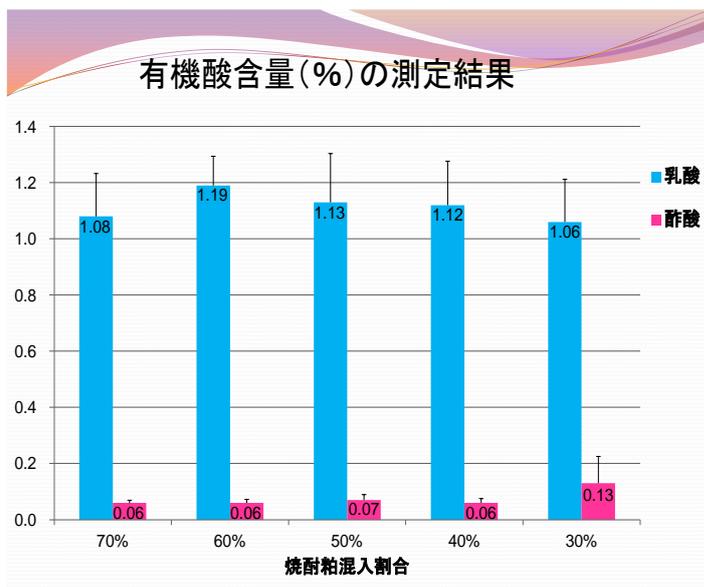


図5. ムラサキマサリ生芋の活用とムラサキマサリ・フスマサイレージの品質

図5の上図は、焼酎製造時の規格外ムラサキマサリ生芋を用いた飼養試験の結果である。市販配合飼料の50%を置き換えた場合でも、試験区と対照区に有意差は認められなかったが、今後、給餌期間を延長した場合等、更なる検討が必要である。また、図5の下図は、ムラサキマサリ焼酎粕とフスマを混合して調製したムラサキマサリ・フスマサイレージの品質を示している。この結果が

ら明らかな様に、本サイレージは、良好な乳酸発酵を行い（酪酸発酵はなし）、予備的に行った飼養試験においても、嗜好性等問題は無く、実用化は可能であると考えられた。

5. まとめ

本プロジェクト研究は、ムラサキマサリを用いた高度循環型醸造に関する産官学研究である。初年度の栽培試験に続き、ムラサキマサリ（アントシアニン）の機能性について、その知見を深め、また、搾汁方式等において、実用化の道を一步進めた。さらに、機能性の多くが残存する焼酎粕サイレージについても、品質向上が図れ、実用化の可能性を示した。

最後に、本プロジェクトの広報活動の一つを紹介し、まとめとしたい。



くまもとアグリ・フードフェアおよびくまもと「食」の商談会 (2013) の一コマ
(2013年1月16日、グランメッセ熊本にて。)

6. 参考文献

- ・佐伯真菜美、内平倫義、安田伸、村田達郎、芝田猛、荒木朋洋、松田靖、多賀直彦、本田憲昭、服部法文、岡本智伸、栢田聖孝、アントシアニン含有甘藷を活用した機能性成分の有効利用（飼料化）に関する研究、東海大学農学部紀要、31, 1-5, 2012.
- ・安田伸、多賀直彦、栢田聖孝、荒木朋洋、ムラサキマサリ等に含まれるアントシアニンの効果、内分泌・糖尿病・代謝内科、36(4), 309-316, 2013.
- ・仲川侑希、松田靖、多賀直彦、安田伸、本田憲昭、岡本智伸、服部法文、芝田猛、村田達郎、荒木朋洋、栢田聖孝、阿蘇地域におけるムラサキマサリの栽培および包括的活用に関する研究、日本暖地畜産学会、57, 2013 (in press).