

## 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 (3)

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

- 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

### I. 緒言

本プロジェクト研究は、地域貢献および焼酎粕廃棄問題さらに機能性を持った新たな商品開発等を目的とし、高アントシアニン含有イモである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(図1.)。

「芋焼酎」と総称される焼酎の原料はサツマイモであり、これまでそのほとんどは農林水産省が開発し、昭和41年に命名登録された品種である‘コガネセンガン’(農林31号)が原料であった。本品種は、本来でんぷん原料用として開発されたが、醸造適性が高いことから焼酎原料として現在でも多く利用されている。しかし、近年の焼酎需要の維持・拡大を図るため、種質の多様化が求められるようになり、一般的に原料となっていたサツマイモ、イネ、ムギ類以外に、クリ、ニンジンなどでんぷんを含有する作物を原料とした焼酎が生産されるようになった。さらにサツマイモを原料とする芋焼酎では、使用する麹系統の変化とともに様々なサツマイモ品種を原料とすることで、これまでになかった香り、風味を持つものが生産されるまでになっている。特に色素を含有するサツマイモ品種を原料とすることで甘い香りと軽い口当たりを持つようになることから、女性用の焼酎として新たな市場開拓が可能となりつつある。

これまでの研究で、ムラサキイモ焼酎「阿蘇乃魂」、もろみ酢飲料、ムラサキマサリ・サイレージ(家畜飼料)等の開発、基礎研究を行ってきた。そこで今回は、高アントシアニン含有のムラサキマサリ焼酎粕の食素材への応用として、デザートソースを開発し、その機能性を明らかにするため、ポリフェノール含量、アントシアニン含量、DPPH 消去活性、鉄イオンキレート活性さらに芋焼酎の原料とならなかった規格外生芋のブタ給餌試験を行った。



図1. 高アントシアニン含有イモ・ムラサキマサリを用いた高度循環型焼酎造りと焼酎粕有効利用（ゼロエミッション）の概念図

## II. 紫芋焼酎粕からのデザートソース開発と機能性

### II-1). 材料およびサンプル調製

コックソース株式会社(福岡)より提供されたデザートソース試作品、デザートソース市販品、房の露酒造株式会社(熊本)より提供されたムラサキイモ焼酎粕、これらの原液または10,000 rpmで30 min遠心分離後の上清をサンプルとした。

### 2). 成分含量測定と抗酸化活性測定

糖度をポケット糖度計（アタゴ）、水分含量をエクスポケット水分計（アズワン）、酸度をポケット酸度計（アタゴ）を用いて測定した。ポリフェノール含量とアントシアニン含量の測定は既報データをもとに分光学的に行った。ABTS+ラジカル消去活性、DPPH ラジカル消去活性、鉄イオンキレート活性を指標に既報をもとに抗酸化活性を分光学的に測定した。

### II-2. 結果および考察

ムラサキイモ焼酎粕デザートソースのポリフェノールは試作品で1.70 mg/ml、市販品で1.61 mg/ml、原料である焼酎粕で1.55 mg/mlが含まれていた（表1.）。アントシアニンは

試作品で166  $\mu\text{g/ml}$ 、市販品で48.5  $\mu\text{g/ml}$ と製造ロットによって異なり、焼酎粕で68.5  $\mu\text{g/ml}$ 含まれていた（表1.）。

表1. 焼酎粕、デザートソースの試作品と市販品中のポリフェノールならびにアントシアニン含量

	デザートソース 試作品	デザートソース 市販品	焼酎粕 原料
遠心後上清中のポリ フェノール含量	1.61 mg/ml	1.70 mg/ml	1.55 mg/ml
遠心後上清中のアン トシアニン含量	166 $\mu\text{g/ml}$	48.5 $\mu\text{g/ml}$	68.5 $\mu\text{g/ml}$

4回の反復実験結果の平均値

デザートソースまたは焼酎粕そのものを原液として泥状の状態にて測定した糖度を結果、試作品で50.2度、市販品で52.0度、焼酎粕で5.0度を示し、水分含量は試作品で52.0%、市販品で44.0%を示し、焼酎粕は機器の測定上限（54.8%）を超えたため検出できなかった（表2.）。酸度はクエン酸相当量として試作品で1.65%、市販品で1.76%、焼酎粕で1.28%であった（表2.）。

表2. 焼酎粕、デザートソースの試作品と市販品の糖度、水分含量ならびに酸度

	デザートソース 試作品	デザートソース 市販品	焼酎粕 原料
遠心前の原液	50.2度	52.0度	5.0度
水分含量	52.0%	44.0%	>54.8%（測定上限）
酸度	1.65%	1.76%	1.28%

4回の反復実験結果の平均値

次に焼酎粕の遠心上清の凍結乾燥物を用いて抗酸化能を調べた。その結果、焼酎粕はABTS+ラジカルおよびDPPHラジカルに対して濃度依存的な活性を示し、それぞれ66.9  $\mu\text{g/ml}$ および81.5  $\mu\text{g/ml}$ のEC50値を与えた（表3.）。鉄イオンキレートでは1,000  $\mu\text{g/ml}$ のとき最大22.8%の活性を示すのみであった（data not shown）。

表3. 焼酎粕、デザートソースの試作品と市販品のABTS+ラジカル消去活性ならびにDPPHラジカル消去活性におけるEC50値

	ABTS+ラジカル 消去活性 (EC50)	DPPHラジカル消去活性 (EC50)
焼酎粕原料の遠心後上清の凍結乾燥物	66.9 $\mu$ g/ml	81.5 $\mu$ g/ml

4回の反復実験結果の平均値

以上より、焼酎粕を原料としたデザートソースがどの程度の活性を有しているか、そして原料から製品に至るまでに成分および活性にどのような違いが認められるか詳細に調べる必要がある。本研究ではロットの違いによりアントシアニン含量の違いと色調の違いがあったため、この変化が微生物のつくり出す環境変化によるものなのか、または微生物の関与による影響なのかは検討する必要がある。

### III. 焼酎粕固液分離およびもろみ酢飲料開発のまとめ

熊本県果実農業協同組合連合会(果実連)の協力を得て紫芋焼酎粕を原料とするもろみ酢飲料を開発した。本製品は、果実連が衛生的にも商品的にも保障する品質を有しており、東海大学の事務関係および関係企業を通じて市場展開を行っているが、現在のところ実現していない(2012年9月末)。今後は本飲料の商品価値を高め、市場に提供することが望まれる。商品価値を高めるためには、もろみ酢飲料のアントシアニン含量や抗酸化能、およびその他の生理活性などの機能性について明らかにすることが必要と考えられる。また、果実連で製造するもろみ酢飲料には、若干量の固形分が含まれるので、この固形分を排除した清澄なもろみ酢飲料の開発が求められる。しかしながら、若干残る固形分については整腸作用など生理活性が期待されるので、今後は固形分含有および清澄の2通りのもろみ酢飲料について検討する。

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。

まず、試行的に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た。紫芋焼酎粕原液を用いたところ、濾過装置に充填する際に目詰まりして処理が行えなかった。その原因は、紫芋焼酎粕の粘性が高いことが考えられたので、紫芋焼酎粕を水で2倍に希釈し、粘性を低下させて藪田式濾過を行ったところ良好な処理が行えた。得られた液分の清澄度は高く、固形分の物性も良好であった（図2～4）。

堤酒造が所有する藪田式濾過装置での紫芋焼酎粕の固液分離は可能であることが示された。しかし、処理量やコスト、2倍希釈に対して再度濃縮する必要性や固液分離後もカビが生えやすい衛生上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および投資が必要である。



図2. 堤酒造藪田式濾過装置



図3. 排出濾液



図4. 藪田式濾過装置による固液分離で得られた2倍希釈紫芋焼酎ともろみ酢飲料



#### IV. ムラサキマサリ生芋のブタ給餌試験

給餌試験の対象としてランドレース種を6頭用意し、試験区、対象区それぞれ3頭ずつ

に分けた。試験区には市販配合飼料の 50%をムラサキマサリ規格外生芋に置き換えたものを与え、対象区には市販配合飼料のみを与えた。餌は 1 日 2 回給与し、自由飲水とした。試験期間は 43 日間で、試験開始日と終了日に体重測定を行い、増体変化を調べた。焼酎製造時、50g 以下のイモ（図 5.）は使われずに残る。しかし、これらは大きいサイズと同様の栄養価があり、利用価値の高い資源の一つとなる。また、ムラサキマサリそのものの飼料としての適性を評価するという観点からも、今回の給餌試験では生芋を餌として使用した。



図 5. ムラサキマサリ規格外生芋

ムラサキマサリ生芋の給餌試験の結果、増体に関しては試験区、対象区の間で変化は見られず、ムラサキマサリ規格外生芋は飼料としての活用が十分に可能であると考えられた。また、肉色の変化（図 6.）においても肉眼では確認できず、肉質に大きな影響は無いと考えられた。

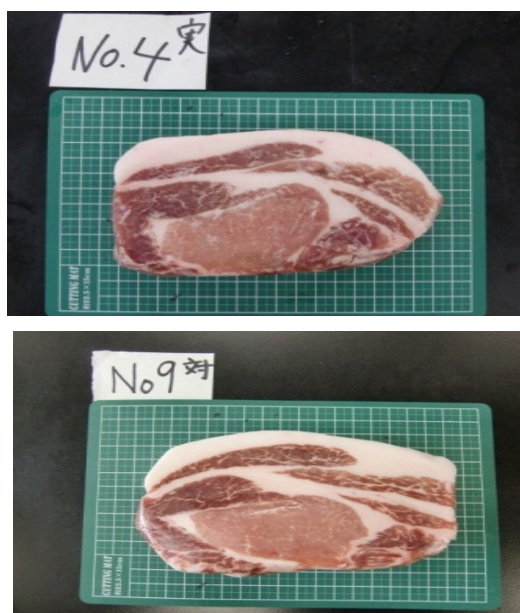


図6. 試験区 (No.4) および対象区 (No.9) ブタ肉 ロース芯の様子  
なお、肉質に関しては、アミノ酸組成、脂肪酸組成等について現在、検討中である。

## V. 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を基に、さらなる進展を目指し、醸造時に生じる焼酎粕の包括的再利用（ゼロエミッション）を目的とし、初年度は、高色素含有イモの収量等を含めた総合的評価を行うため、本学農場において、7品種の栽培試験を行った。その結果、アントシアニン含量、でんぷん含量ともに高く、また、高い収量を示す、ムラサキマサリが、本学における「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。

また、もろみ酢飲料と共に、デザートソースの開発・機能性の検討を行った。さらに、ロンドン条約により、2001年（日本）から海洋投棄が全面的に禁止された焼酎粕の飼料化にメドをつけた。

これらの成果および商品は、すべて、東海大学ブランドであり、地域貢献はもちろん、東海大学ブランドの醸成に役立つものと期待される。

## 参考文献

- 荒木朋洋. (2008) 紫芋を用いた完全循環型醸造での芋焼酎. *大学時報* **52**, 62-65.
- 荒木朋洋, 小林弘昌, 栴田聖孝, 村田達郎, 多賀直彦, 安田伸, 本田憲昭. (2008) 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. *総合農学研究所所報* **24**, 1-6.
- 荒木朋洋. (2009) ゼロエミッションの焼酎造り. *産官学連携ジャーナル* **5**, 20-21.
- 荒木朋洋, 芝田猛, 栴田聖孝, 村田達郎, 多賀直彦, 安田伸, 本田憲昭. (2009) 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 (2). *総合農学研究所所報* **25**, 1-7.
- 安藤浩毅, 米元俊一. (2011) サツマイモ焼酎粕からの機能性糖の抽出による健康食品の創成—機能性糖の抽出条件および工業的製法の検討—. *鹿児島県工業技術センター研究報告* **25**, 21-26.
- 梅村芳樹. (2006) 第2章食用作物 2-4 根茎類 (イモ類): 東和男編著. 発酵と醸造 IV, 食用作物の醸造適正 (醸造は微生物と農業の結束帯). 東京: 光琳 pp. 264-291.
- 梶本修身, 高橋励, 高橋丈生. (2000) 冬虫夏草菌糸体エキスおよびアヤマラサキアントシアニン配合飲料の精神機能の向上に及ぼす効果について. *新薬と臨床* **49**, 857-866.
- 檜村英一, 米山一海, 須賀立夫, 中川悦夫. (2005) 加工用かんしょ認定品種「ムラサキマサリ」について. *茨城県農業総合センター農業研究所所報* **8**, 35-41.
- 狩野光芳, 原田勝寿. (2008) アントシアニン高含有紫サツマイモの機能性食品素材としての可能性. *化学と生物* **46**, 670-671.
- 栴田聖孝, 芝田猛, 村田達郎, 多賀直彦, 安田伸, 松田靖, 本田憲昭, 荒木朋洋. (2010) 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 (3). *総合農学研究所所報* **26**, 1-17.
- 栴田聖孝, 芝田猛, 村田達郎, 多賀直彦, 安田伸, 松田靖, 本田憲昭, 荒木朋洋. (2011) 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 (1). *総合農学研究所所報* **27**, 1-21.

- 梶田聖孝, 芝田猛, 村田達郎, 多賀直彦, 安田伸, 松田靖, 本田憲昭, 荒木朋洋. (2012) 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). *総合農学研究所所報* **28**, 1-8.
- 神渡巧, 瀬戸口智子. (2011) 芋焼酎の香りに及ぼすサツマイモ品種の影響. *生物工学*, **89**, 724-727.
- 北本勝彦. (2007) 編著. 醸造物の機能性. 東京: 財団法人日本醸造協会.
- 北本勝彦. (2011) 監修. 発酵・醸造食品の技術と機能性. 普及版. 東京: シーエムシー出版.
- 小林美緒, 沖智之, 増田真美, 永井沙樹, 福井敬, 松ヶ野一郷, 須田郁夫. (2005) 紫サツマイモ「アヤマラサキ」から調製したアントシアニン含有物の高血圧自然発症ラットに対する血圧降下作用. *日本食品科学工学会誌* **52**, 41-44.
- 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, 梶田聖孝. (2012) 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.
- 章超, 倉田理恵, 奥野博紀, 高瀬良和, 吉元誠. (2008) サツマイモ焼酎粕固液分離液を利用したパンの特性. *日本食品科学工学会誌* **55**, 287-292.
- 須田郁夫, 古田牧, 西場洋一, 山川理, 松ヶ野一郷, 杉 7) 紫甘しょジュース飲用ラットにおける炭素誘起肝障害の軽減. *日本食品科学工学会誌* **44**, 315-318.
- 須田郁夫, 山川理, 松ヶ野一郷, 杉田浩一, 竹熊宜孝, 入佐孝三, 徳丸文康. (1998) 高アントシアニンカンショジュース飲用による血清  $\gamma$ -GTP, GOT, GPT 値の変動. *日本食品科学工学会誌* **45**, 611-617.
- 須田郁夫. (2008) 紫サツマイモの機能性と製品開発の動向. 津田孝範ら・編. アントシアニンの科学. 東京: 建帛社 pp. 228-247.
- 須田郁夫. (2011) 機能性色素—ポリフェノール類を中心にして. *食品と容器* **52**, 13-19.
- 多賀直彦, 岩下小太郎, 小林直幹, 梶田聖孝, 村田達郎, 芝田猛, 荒木朋洋, 安田伸, 松田靖, 本田憲昭. (2014) 酢酸発酵による紫芋焼酎粕のエタノール除去. *東海大学農学部紀要* **33**, 13-16.
- 津田孝範. (2004) 高機能性食品因子, アントシアニン類の新しい生理的意義に関する基盤研究. *日本栄養・食糧学会誌* **57**, 35-43.
- 寺原典彦. (2008) アントシアニンの構造とその性質. 津田孝範ら・編. アントシアニンの科学. 東京: 建帛社 pp. 9-31.
- 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, 梶田聖孝. (2014) 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. *東海大学農学部紀要* **33**, 7-11.
- 中川裕子, 一柳考志, 小西徹也, 松郷誠一. (2006) 生理活性植物因子アントシアニンの色と構造. *J. Jpn. Spc. Colour Mater.* **79**, 113-119.
- 農研機構. (2001) 「アヤマラサキ」より外観が良く、多収で加工適性の優れる高アントシアニン品種「ムラサキマサリ」(かんしょ農林 54 号)-九州沖縄農業研究センター育成品種の紹介-プレスリリース.  
[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/press/laboratory/karc/040292.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/karc/040292.html)
- 森村茂, 関孝弘, 重松亨, 木田建次. (2005) 焼酎粕からの醸造酢の製造とその機能性. *日本醸造協会誌* **100**, 607-617.
- 安田伸, 多賀直彦, 梶田聖孝, 荒木朋洋. (2013) ムラサキイモ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**, 309-316.
- 安田伸, 多賀直彦, 本田憲昭, 村田達郎, 松田靖, 芝田猛, 荒木朋洋, 梶田聖孝. (2014) 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. *日本醸造協会誌* **109**, 557-564.
- 山川理, 吉永優, 日高操, 熊谷亨, 小巻克巳. (1997) カンショ新品種「アヤマラサキ」の育成. *九州農試報告* **31**, 1-22.



- 吉元誠, 山川理, 須田郁夫. (1998) 紫サツマイモの生理機能. *食品と開発* **33**, 15-17.
- 米元俊一, 森山正宗, 竹迫寿一, 安藤浩毅, 侯徳興, 藤井信. (2010a) 水熱反応によるサツマイモ焼酎粕の機能性の向上. *日本醸造協会誌* **105**, 477-487.
- 米元俊一, 中野智木, 竹迫寿一, 中野隆之, 侯徳興, 藤井信. (2010b) サツマイモ発酵エキスと乳成分を利用した新しい乳酸菌飲料の特徴と機能性(第2報). *日本醸造協会誌* **105**, 793-803.
- 米元俊一. (2012) サツマイモ焼酎粕中のオリゴ糖のアレルギー抑制効果. *日本醸造協会誌* **105**, 638-646.
- Castaneda-Ovando, A., Ma. de Pacheco-Hernandez, L., Paez-Hernandez, Ma. E, Rodriguez, JA, Galan-Vidal, CA. (2009) Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chem.* **113**, 858-871.
- Castilla P, Davalos A, Teruel JL, Cerrato F, Fernandez-Lucas M, Merino JL, Sanchez-Martin CC, Ortuno J, Lasuncion MA. (2008) Comparative effects of dietary supplementation with red grape juice and vitamin E on production of superoxide by circulating neutrophil NADPH oxidase in hemodialysis patients. *Am. J. Clin. Nutr.* **87**, 1053-1061.
- Ellingsen I, Hjerkin EM, Seljeflot I, Arnesen H, Tonstad S. (2008) Consumption of fruit and berries is inversely associated with carotid atherosclerosis in elderly men. *Br. J. Nutr.* **99**, 674-681.
- Harada K, Kano M, Takayanagi T, Yamakawa O, Ishikawa F. (2004) Absorption of acylated anthocyanins in rats and humans after ingesting an extract of Ipomoea batatas purple sweet potato tuber. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **68**, 1500-1507.
- Matsui T, Ueda T, Oki T, Sugita K, Terahara N, Matsumoto K. (2001)  $\alpha$ -Glucosidase inhibitory action of natural acylated anthocyanins. 1. Survey of natural pigments with potent inhibitory activity. *J. Agric. Food Chem.* **49**, 1948-1951.
- Matsui T, Ebuchi S, Kobayashi M, Fukui K, Sugita K, Terahara N, Matsumoto K. (2002) Anti-hyperglycemic effect of diacylated anthocyanin derived from Ipomoea batatas cultivar Ayamurasaki can be achieved through the  $\alpha$ -glucosidase inhibitory action. *J. Agric. Food Chem.* **50**, 7244-7248.
- Oki T, Osame M, Masuda M, Kobayashi M, Furuta S, Nishiba Y, Kumagai T, Sato T, Suda I. (2003) Simple and rapid spectrophotometric method for selecting purple-fleshed sweet potato cultivars with a high radical-scavenging activity. *Breed. Sci.* **53**, 101-107.