

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)

梶田 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

本研究は、我国における焼酎生産における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など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。

本研究を開始した経緯については、過年度の研究報告書を参照されたい。本研究は、芋生産、焼

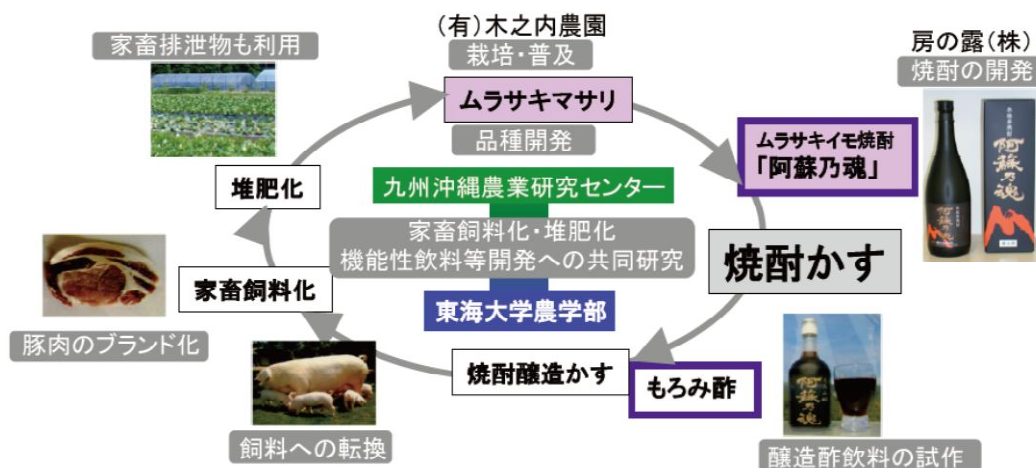


図1. 産学官連携の取り組み

酎醸造，もろみ酢生産，家畜飼料生産，肥料生産をカスケードでつなぐ循環型プロセスとして，完全循環型醸造をプロジェクト研究として実施するもので，産官学連携共同研究協定により九州沖縄農業研究センター（九沖研），木之内農園，および房の露株式会社で実施する産官学連携研究としてスタートした（図1）。

このプロジェクトでは，従来焼酎粕が産業廃棄物としての有効転用を種々の方法で模索している中で，「ムラサキマサリ」を用いた醸造では，その焼酎粕を高付加価値食品素材として位置付け，その活用を展開している。すなわち，高アントシアニン含有イモである「ムラサキマサリ」を芋焼酎原料に使うことにより，廃棄物を出さないいわゆるゼロエミッション醸造を目指し，その社会的普及を推進するものである。焼酎製造時に残渣として残る焼酎粕は，焼却や乾燥には多大な化石燃料消費とコストがかかり，飼料化や肥料化などの有効利用には，いかに水分を低コスト低環境負荷で除去するかがネックとなっている。しかしアントシアニンを豊富に含む芋を用いた焼酎作りは，焼酎粕の再利用に極めて有利である。焼酎は蒸留酒であるためアントシアニンは移行しない。その代わりに，焼酎粕にはアントシアニンがそのまま残るため，食品素材としての利用価値が残っている。この焼酎粕は，実験室レベルでは遠心分離を行うことにより固液分離が可能で，もろみ酢を得ることができる。しかし，このもろみ酢を産業ベースで調製するためには種々の検討が必要となる。

2008年度には第一段階として，「ムラサキマサリ」を用いた芋焼酎「阿蘇乃魂」を製造し，販売を開始した（図2）。

2009年度では，機能性評価試験として，ムラサキマサリ（図3）の芋部分，茎葉部分（図4），および醸造残渣部分（図5）について，抗酸化活性を調べた。すなわち，芋部分と茎葉部分のメタノール-水可溶性画分を調製し，鉄イオンキレート活性を指標に，1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ の測定範囲内でこれら抽出物の抗酸化作用を測定した。その結果，ムラサキマサリ芋部分からの抽出物には最大 92.0%のキレート活性が得られ，葉茎



図2. 芋焼酎一般販売製品



図3. ムラサキマサリ



図4. ムラサキマサリ茎葉部

部分からの抽出物では最大 98.7%の活性が得られた。また、NO 消去活性を指標に抗酸化作用を調べた結果、ムラサキマサリ芋部分からの抽出物には最大 46.6%の消去活性が得られ、葉茎部分からの抽出物には 39.3%の活性が得られた。以上のように、ムラサキマサリは植物体中に機能性成分を含み、これらの活性はポリフェノール類あるいはアントシアニン類に起因するものと考えられた。そこで、焼酎醸造過程における廃棄物である焼酎残渣における機能性について同様の方法で調べた。すなわち、回収した蒸留残渣を連続遠心分離し、得られた液相残渣と固相残渣を用いてメタノール-水可溶性画分を調製した。この試料について、上述の実験同様に 1000 µg/ml の測定範囲内で鉄イオンキレート活性および NO 消去活性を指標に残渣抽出物の抗酸化作用を調べた。その結果、液相残渣および固相残渣にはそれぞれ最大 94.0%および 85.1%の高いキレート活性が残存していること、さらに最大 43.2%および 60.2%の NO 消去活性がそれぞれ残存していることが明らかとなった。以上の結果は、ムラサキマサリ芋部分由来の抗酸化成分は、蒸し、破碎、発酵および蒸留などの焼酎製造工程を経てもなお機能性を維持したまま残渣部分に存在することを含意しており、残渣部分の更なる利用価値を明らかにするものである。アントシアニンは、通常加熱等によって分解し、その安定性や機能性維持に問題がある場合もあるが、本研究で得られた結果は、ムラサキマサリに含まれるアントシアニンが焼酎醸造過程で分解されにくい安定な構造体を有していることを示唆しており、機能性食品素材としての付加価値を示した。このように、「ムラサキマサリ」は醸造特性に優れ、高品位の焼酎を生産出来るのみならず、高機能食品素材として有用であることが示されている。本研究では、完全循環型醸造と、「ムラサキマサリ」の機能性を生かした製品造りへの基礎研究として種々の解析を行った。

2. 研究材料

本研究に用いた芋は「ムラサキマサリ」で、高アントシアニン系統の「アヤマラサキ」を母親に、多収、高でん粉系統の「シロユタカ」を父親に交配することにより、九沖研で育成されたもので、本学圃場および木之内農園圃場にて栽培されたものを用いた。

2. 方法、結果および考察

1) もろみ酢製造のための焼酎蒸留残渣（焼酎粕）の処理工程

焼酎粕は図 5 に示したように、焼酎の約 2 倍の量になり、水分含量が高いどろどろの状態である。麴の種類による色調はそれほど変化はなかったが、黄麴は粘性が高く、固液分離に適していないことが明らかとなった。したがって、もろみ酢製造のための固液分離試験は、白麴



図 5. ムラサキマサリ焼酎粕
左から黄麴、白麴、黒麴

または黒麹を用いた焼酎残渣を使用した。固液分離には、蓼田式ろ過機と連続遠心分離機を用いて産業ベースでのろ過試験を行った（図6）。蓼田式ろ過機においては、焼酎粕を直接ろ過フィルター室に導入し、加圧することによってろ過を行った。その結果、良好な上清（もろみ酢）を得ることができたが、目詰まりのため、時間がかかることが明らかとなった。一方、連続遠心分離では、焼酎粕をそのまま導入すると、遠心分離機の配管内で繊維分が目詰まりを起こし、遠心分離出来ないことが明らかとなった。したがって、焼酎粕を7倍希釈したのち、メッシュをかけた後、連続遠心分離機へ導入した。その結果、良好な上清を得ることができた。以上の結果より、蓼田式ろ過機は、手間と時間がかかるため、少量の焼酎粕の固液分離には適しているが、大量の処理にはスケールアップも容易であることから連続遠心分離機が適していることが示唆された。

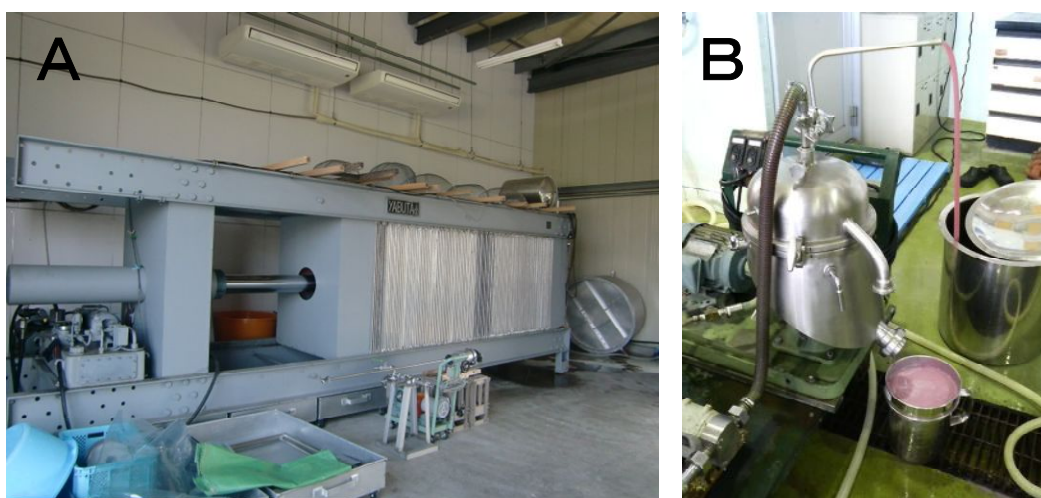


図6. 固液分離装置

A：蓼田式ろ過機，B：連続遠心分離機

次に、焼酎粕からのもろみ酢製造において、残渣に含まれるアルコール分の除去に関する検討を行った。焼酎粕からの機能性健康飲料の商品化には、安全性、呈味性、および嗜好性など克服すべき問題があるが、それらの問題の一つに残存アルコールの問題がある。そこで、酢酸菌を用いて焼酎粕に残存する1%弱のアルコール分を風味を損なわずに取り除く方法を検討した。酢酸菌 *Acetobacter pasteurianus* NBRC3283 の菌体増殖は、グルコース5 g/Lを含む804培地を用い、培地量5 mLの試験管培養後、培地量50 mLのバッフルフラスコ培養を行った。エタノール除去に用いる酢酸菌菌体は、バッフルフラスコ培養での培養液を遠心分離して上清を取り除いた沈殿を用いた。酢酸菌によるエタノール除去は、紫芋焼酎粕液分に酢酸菌菌体を再懸濁し振とう処理した（図7）。その結果、図8に示すように、焼酎粕液分に残存したエタノール0.8%を12時間で完全に酢酸に変換できることが明らかとなった。酢酸菌を用いたエタノール除去では、酢酸菌の培養液量は、焼酎粕液分と同量で行ったが、最適な処理方法として、酢酸菌の培養液量の減量、処理時間の短縮、

および、未処理焼酎粕への応用についてさらに検討する必要がある。

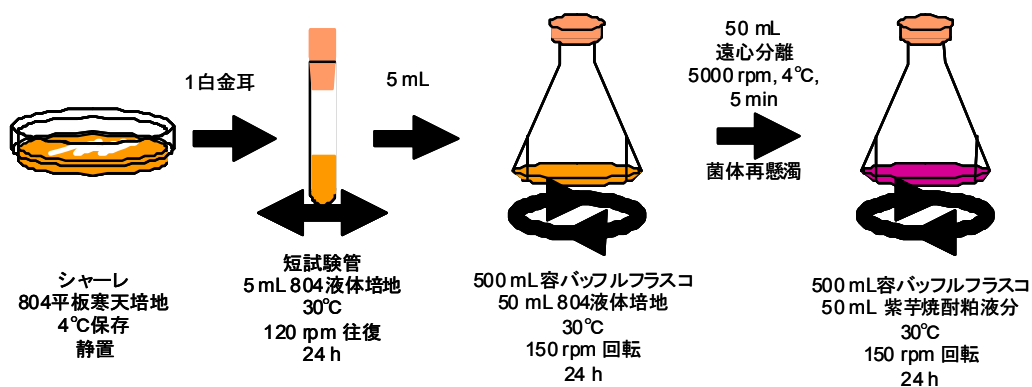


図7. 酢酸菌 *Acetobacter pasteurianus* NBRC3283 による紫芋焼酎粕液分のエタノール除去方法

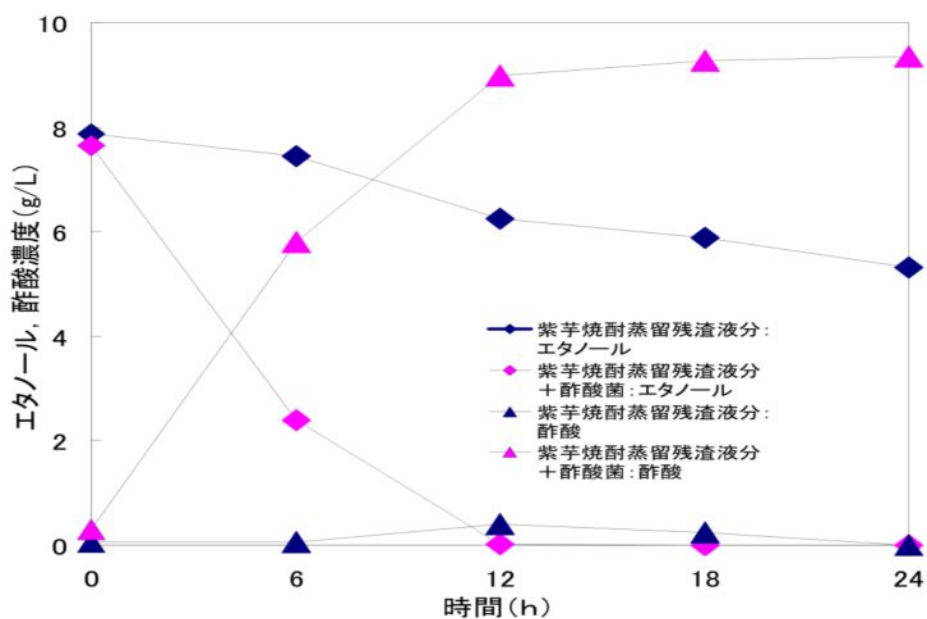


図8. 焼酎粕上清の酢酸菌処理

2) ムラサキマサリの機能性と焼酎粕の利用

焼酎醸造で発生する紫芋の焼酎粕はそれ自体が高アントシアニン含有食品素材として利用できる。この焼酎粕から高付加価値二次製品（もろみ酢）を生産すると、アントシアニンの機能性を生かしたもろみ酢が生産できる。また、もろみ酢を製造した際に発生する残渣はまだアントシアニン

を含有しているため、食品素材や家畜飼料などに機能性食品として転用することが可能である。現在、食品の持つ様々な生理機能が注目され、農畜産物やその加工品である発酵食品や醸造品においても抗酸化作用や血圧降下作用、さらに抗腫瘍作用などの健康に有益なエビデンスが明らかになりつつある。本研究の過程で生じる残渣ならびに製品は、近年の、食事や生活習慣に伴う疾病の予防や軽減のため、食品の効果的な摂取による健康志向が高まってきている中で、産業廃棄物を有効利用する最適の事例と考えられる。

昨年度は機能性評価試験として、ムラサキマサリの芋部分、茎葉部分、および醸造残渣部分について、抗酸化活性を調べた。すなわち、芋部分と茎葉部分のメタノール-水可溶性画分を調製し、鉄イオンキレート活性を指標に、1000 µg/ml の測定範囲内でこれら抽出物の抗酸化作用を測定した。その結果、ムラサキマサリ芋部分からの抽出物には最大 92.0%のキレート活性が得られ、葉茎部分からの抽出物では最大 98.7%の活性が得られた。また、NO 除去活性を指標に抗酸化作用を調べた結果、ムラサキマサリ芋部分からの抽出物には最大 46.6%の除去活性が得られ、葉茎部分からの抽出物には 39.3%の活性が得られた。以上のように、ムラサキマサリは植物体中に機能性成分を含み、これらの活性はポリフェノール類あるいはアントシアニン類に起因するものと考えられた。そこで、焼酎醸造過程における廃棄物である焼酎残渣における機能性について同様の方法で調べた。すなわち、回収した蒸留残渣を連続遠心分離し、得られた液相残渣と固相残渣を用いてメタノール-水可溶性画分を調製した。この試料について、上述の実験同様に 1000 µg/ml の測定範囲内で鉄イオンキレート活性および NO 除去活性を指標に残渣抽出物の抗酸化作用を調べた。その結果、液相残渣および固相残渣にはそれぞれ最大 94.0%および 85.1%の高いキレート活性が残存していること、さらに最大 43.2%および 60.2%の NO 除去活性がそれぞれ残存していることが明らかとなった。以上の結果は、ムラサキマサリ芋部分由来の抗酸化成分は、蒸し、破碎、発酵および蒸留などの焼酎製造工程を経てもなお機能性を維持したまま残渣部分に存在することを含意しており、残渣部分の更なる利用価値を明らかにするものである。アントシアニンは、通常加熱等によって分解し、その安定性や機能性維持に問題がある場合もあるが、本研究で得られた結果は、ムラサキマサリに含まれるアントシアニンが焼酎醸造過程で分解されにくい安定な構造体を有していることを示唆しており、機能性食品素材としての付加価値を示している。

本年度は、機能性試験として、ひきつづき抗酸化機能の評価と、新たに癌細胞増殖抑制効果の評価を行った。まず、各部位および残渣について成分含量測定を行った結果を表 1 に示した。すなわち、総ポリフェノール、フラボノイド、プロアントシアニジン、アントシアニンを指標に、ムラサキマサリ芋可食部、葉茎部、焼酎粕固形および液相残渣中に含まれるフェノール性成分含量を調べた。その結果、特に焼酎粕固形部にいずれも高い値が認められた。このことは、焼酎粕に有用成分が多量に含まれていることを示している。

表1 ムラサキマサリ芋可食部、葉茎部、焼酎粕固形、液相残渣中の成分含量

	Murasakimasari potato	Murasakimasari aerial part	Solid-layer residue	Liquid-layer residue
Total polyphenolics (µg CAEq/mg extract)	36.5±1.0	57.9±0.6	242.1±0.1	83.7±2.2
Flavonoids (µg CEQ/mg extract)	15.7±1.0	44.9±5.4	95.3±5.8	44.1±3.5
Proanthocyanidins (µg CEQ/mg extract)	1.25±0.31	1.56±0.23	5.12±1.27	2.32±0.22
Anthocyanins (µg C3GEQ/mg extract)	7.67±0.36	N.D.	15.2±1.2	3.02±0.19

次に、DPPH ラジカル消去活性を指標にムラサキマサリ芋可食部、葉茎部、焼酎粕固形および液相残渣の抗酸化能を調べた (図9)。その結果、1,000 µg/ml までの測定範囲内で用量依存的な活性が得られ、それぞれの EC₅₀ 値を算出したところ、113 µg/ml、173 µg/ml、24.2 µg/ml、89.6 µg/ml と、とくに固形残渣で低値が認められ、強い抗酸化力を有することが明らかになった。

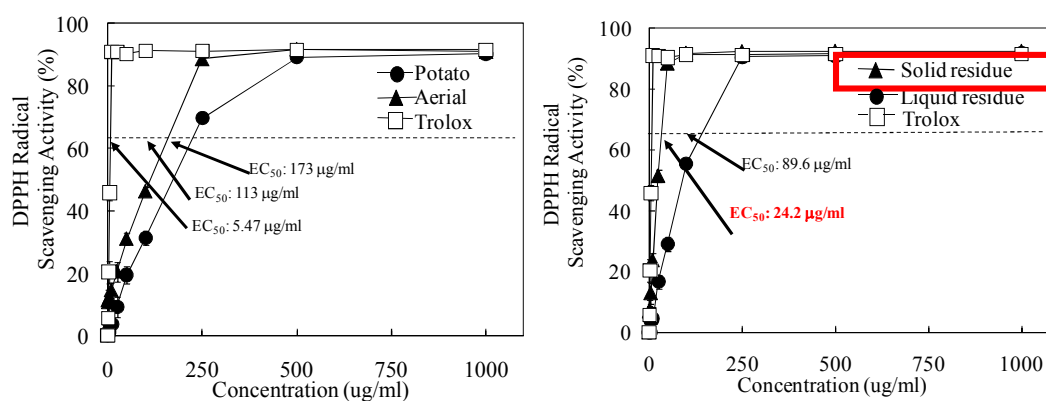


図9. ムラサキマサリ可食部、茎葉部および焼酎粕固形、液相残渣のD P P H ラジカル消去活性

そこで、5つの異なる抗酸化活性を指標に、ムラサキマサリ芋可食部、葉茎部、焼酎粕固形および液相残渣の抗酸化作用を評価した。その結果、表2に示したように、それぞれが異なるレベルで抗酸化活性を示したものの、赤で示したように特に焼酎粕固形部で低い EC₅₀ 値が認められ高い抗酸化活性を有する傾向にあることがわかった。

表2 ムラサキマサリ芋可食部, 葉茎部, 焼酎粕固形, 液相残渣中の抗酸化活性

Antioxidant analysis	EC ₅₀ value (μg/ml)				Trolox	EDTA
	Murasakimasari potato	Murasakimasari Aerial part	Solid-layer residue	Liquid-layer residue		
DPPH radical scavenging	173 (0.0316)	113 (0.0484)	24.2 (0.226)	89.6 (0.0610)	5.47	
Chelation	86.8 (0.0946)	55.5 (0.148)	80.2 (0.102)	55.4 (0.148)		8.21
H ₂ O ₂ scavenging	280 (0.185)	594 (0.0872)	124 (0.418)	360 (0.143)	51.8	
NO scavenging	>1,000 (0.224)	>1,000 (0.161)	199.6 (0.774)	>1,000 (0.195)	258	
Reductivity	-(0.0480)	-(0.0687)	-(0.337)	-(0.157)	-	

そこで, ムラサキマサリ芋可食部, 葉茎部, 焼酎粕固形および液相残渣中に含まれるフェノール性成分含量と DPPH ラジカル消去活性を指標とした抗酸化活性について相関性の検証を行った. その結果図 10 に示すように, 総ポリフェノール, フラボノイド, プロアントシアニジン, アントシアニンいずれも高含有の固形残渣ほど, 低濃度で強い抗酸化作用を示す傾向が認められた.

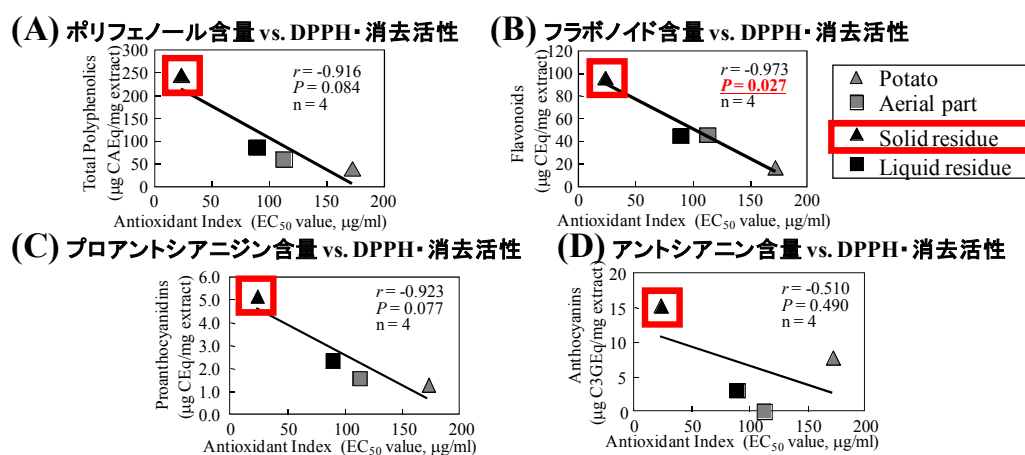


図 10. 各部位および焼酎残渣の成分含量と抗酸化活性との相関関係

一方, 食品中や発酵食品中には, がん細胞の増殖を抑制する成分が含まれていることが多く報告されている. そこで, HL-60 ヒト前骨髄性白血病細胞の増殖をガン細胞増殖のモデルとして使用し, ムラサキマサリ芋可食部, 葉茎部, 焼酎粕固形および液相残渣による影響を調べた. その結果, 図 11 に示すように, いずれも濃度依存的な増殖抑制効果が認められ, それぞれ IC₅₀ に 845 μg/ml, 902 μg/ml, 501 μg/ml, 771 μg/ml が得られた. 即ち, 焼酎粕残渣の両方で芋部や葉茎部よりもやや強い増殖抑制作用を示した.

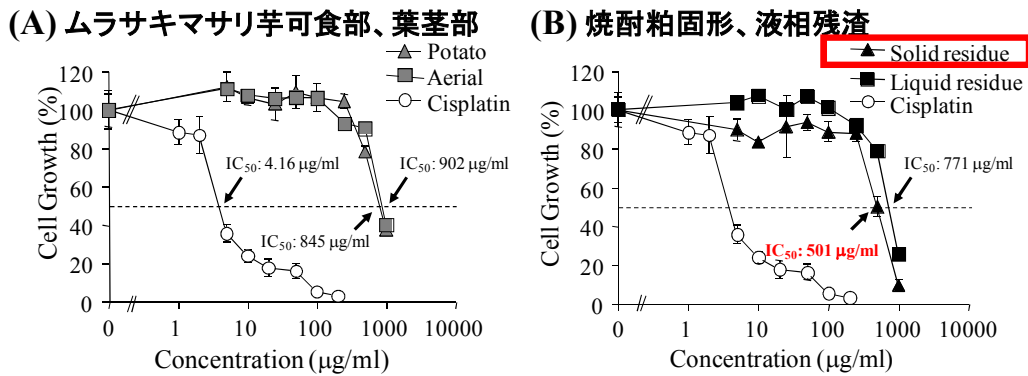


図 1.1. 各部位および焼酎残渣の HL-60 細胞に対する増殖抑制作用

次に、このがん細胞増殖抑制活性のメカニズムを明らかにするため、回収 DNA をアガロースゲル電気泳動に供した結果、図 12 に赤で示すように、500 µg/ml の焼酎粕残渣固形部とともに培養した細胞では、芋部とともに培養した時よりも明らかな DNA の断片化が観察され、液相部においてもやや弱いながら DNA の断片化が認められた。

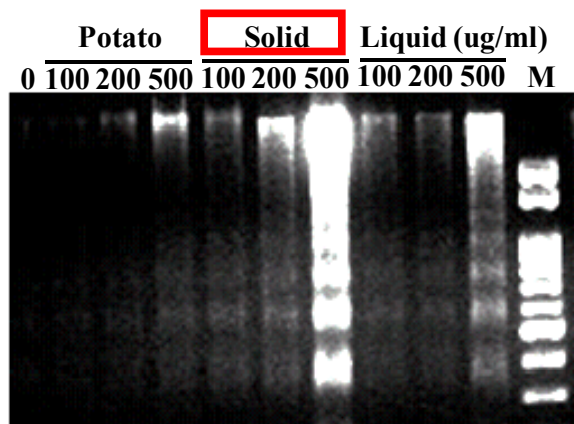


図 1.2. ムラサキマサリ焼酎粕固形、液相残渣による DNA 断片化誘導

また、ムラサキマサリ焼酎粕固形、液相残渣による細胞傷害性のガン細胞特異性を調べた結果、図 13 に示すように、焼酎粕残渣の HL-60 細胞に対する細胞傷害作用は、分化誘導させた細胞には効果が弱く、標的となる細胞によってガン細胞特異性を有することが考えられた。

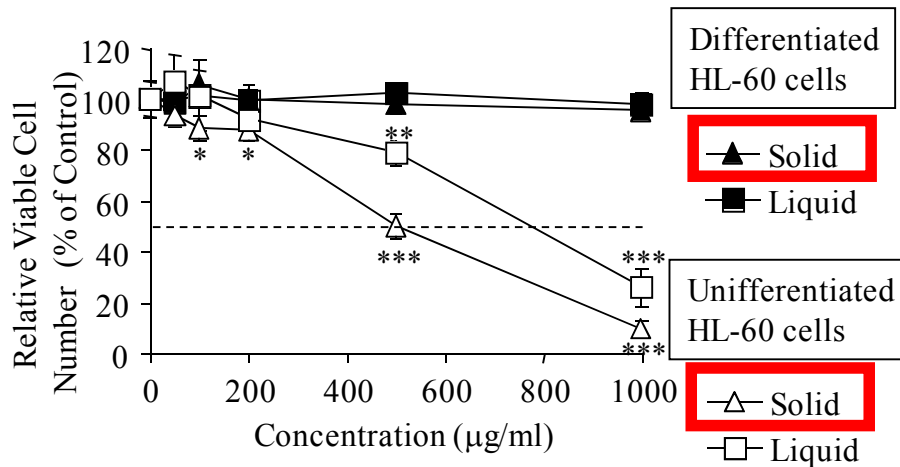


図 1 3. ムラサキマサリ焼酎粕固形、液相残渣による細胞傷害性のガン細胞特異性

これらのがん細胞増殖抑制活性について、同様に成分含量と増殖抑制との相関関係を明らかにするため、ムラサキマサリ芋可食部、葉茎部、焼酎粕固形および液相残渣中に含まれるフェノール性成分含量と HL-60 細胞の増殖抑制活性について相関性の検証を行った。その結果、図 14 に示すように、総ポリフェノール、フラボノイド、プロアントシアニジン、アントシアニンのいずれも高含有の固形残渣ほど、低濃度で強い細胞増殖抑制作用を示す傾向が認められた。

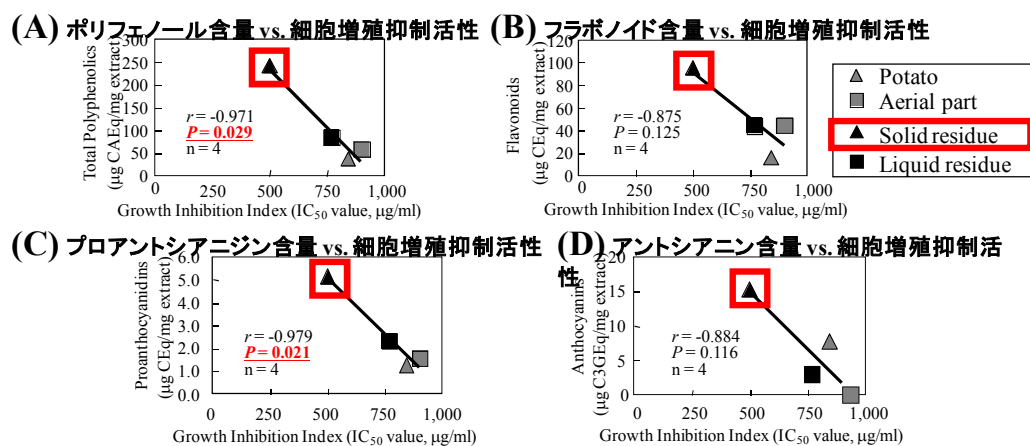


図 1 4. 各部位および焼酎残渣の成分含量と増殖抑制との相関関係

以上の結果から、ムラサキマサリ由来の生理活性成分は蒸留残渣中に抗酸化作用や腫瘍細胞増殖

抑制作用などの機能性を高く保持したまま存在し、焼酎粕が利用価値を有していることが示唆された。また、その効果は、とくに残渣固形部に残存するポリフェノールやフラボノイド、プロアントシアニジン、アントシアニンなどの機能性成分が高レベルで存在することと関連づけられる可能性が考えられた。

次に、焼酎粕の家畜飼料化を目指して、その基本的な飼料特性を明らかにするため、種々の検討を行った。焼酎粕は食品残渣（食べ残し）とは違い、工場などで一定の量を確保しやすく衛生的であることや、原料由来のクエン酸やアミノ酸などの成分が豊富に含まれているため、循環型社会のあり方が重視される現在においても、単に焼酎粕を廃棄物として処理するのではなく、これらの成分を有効活用できる焼酎粕のリサイクルシステムを構築することが最も望ましいと言える。さらに、ムラサキマサリの焼酎粕には高濃度のアントシアニンが含まれているため、前述のように、焼酎粕自体が機能性食品となり得る。これは家畜飼料としても大きなメリットと考えられる。そこで本年度は、生芋給与による脂肪酸組成への影響および焼酎粕を用いたサイレージ調製について検討を行った。

まず、ムラサキマサリの芋の特性を明らかにするため、生芋の給与における脂肪酸組成の分析を行った。その結果、表3に示すように、体重変化は両区とも、ほとんど変化が認められず、増体についての豚の出荷には特に影響を及ぼさないと考えられた。

表3 ムラサキマサリ芋可食部、葉茎部、焼酎粕固形、液相残渣中の抗酸化活性

<バークシャー>	実験区	対照区
開始時体重(kg)	76.6±5.9	77.9±12.8
終了時体重(kg)	105.2±9.1	106.4±14.0
日増体量(kg)	0.4	0.5

<ヒゴサカエ>	実験区	対照区
開始時体重(kg)	96.4±3.8	92.8±7.5
終了時体重(kg)	118.3±4.3	115.0±4.4
日増体量(kg)	0.8	0.8

次に、有色芋を給与した時の肉食の変化を調べた。その結果、図15に示すように、肉眼観察において、アントシアニンの影響による肉色、脂肪色には有意な差は認められなかった。したがって、

カロチノイド系の色素で見られるような、脂肪における着色は認められず、商品価値を低下させるような要因は無いと判断された。

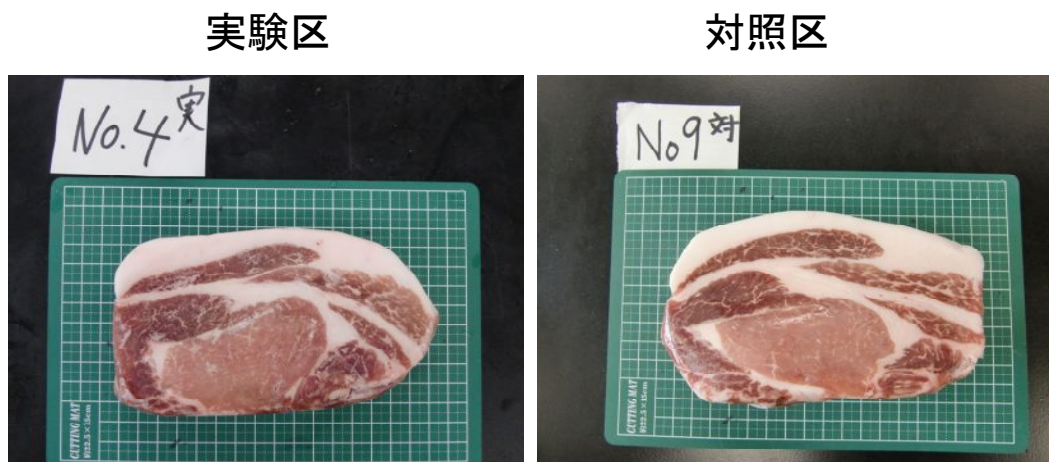


図15. ムラサキマサリ生芋給与試験におけるロース肉の肉食変化

次に、ロースの背脂肪と筋間脂肪について、その組成を調べた。その結果、図16に示すように、背脂肪に関しては、両区ともに変化は見られず、筋間脂肪に関しては、実験区の方が16:0、16:1脂肪酸の含有量は4%の減少、18:0-8:3脂肪酸の含有量は対称的に4%増加していた。鹿児島県畜産試験所のパークシャーを用いたサツマイモ給与による報告では、不飽和脂肪酸が減少し、融点が増加することが分かっており、同じ甘藷であるムラサキマサリも同じような傾向になると判断された。

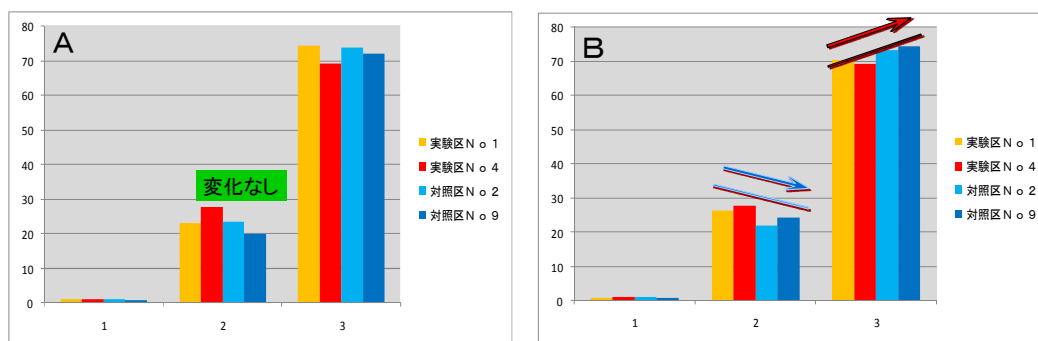


図16. ムラサキマサリ給与によるロース肉中の脂肪酸分析

A: 背脂肪, B: 筋間脂肪, 1: 14:0, 2: 16:0-16:2, 3: 18:0-18:3

次に、ムラサキマサリ焼酎粕を飼料化するため、焼酎粕を飼料転換する方策としてサイレージ調製を試みた。その概略を図 17 に示す。すなわち、高水分焼酎粕に対し、今回は水分調製用に、低価格で、たんぱく質・ビタミン・ミネラルを多く含んだ飼料価値の高いフスマを用いた。始めに、焼酎粕を遠心分離器を用いて水分調製を行い焼酎粕の余分な水分を脱水した。次に焼酎粕とフスマの混合割合を 9 種類に設定し、よく混合させ、プラスチック容器に詰め込み、空気を遮断・密封し 4 週間発酵後、品質評価を行った。品質評価は、水分含量・pH・フリーク法による感覚評価・有機酸分析の 4 項目を調査し、総合的に評価を行い、その結果から適正割合を検討した。

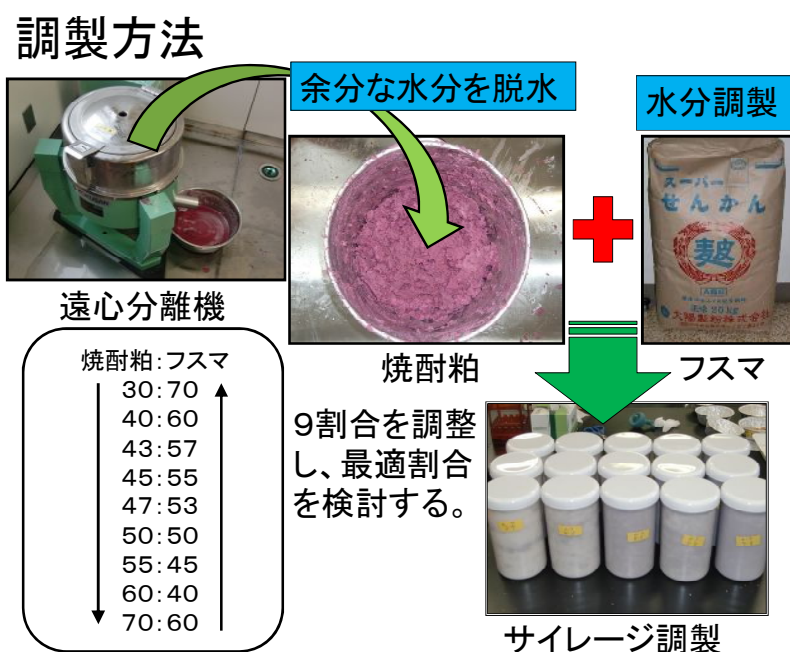


図 17. ムラサキマサリ焼酎粕からのサイレージ調製の模式図

調製したサイレージの評価を行うため、まず水分含量を測定した。測定は、調製日の 0 日と発酵完了の 28 日に実施した。その結果、図 18 に示すように、今回調製したサイレージは調製前と比較し、28 日後には全割合において水分含量が低下していた。これより、フスマの添加は水分調整を行う上で、かなり有効であると言え、カビ発生も空気に触れる部分だけに留まった。水分含量は、80%を超えると酪酸発酵が起きやすく、養分の損失が起きやすくなるため、70%以下が望ましい数値とされている。

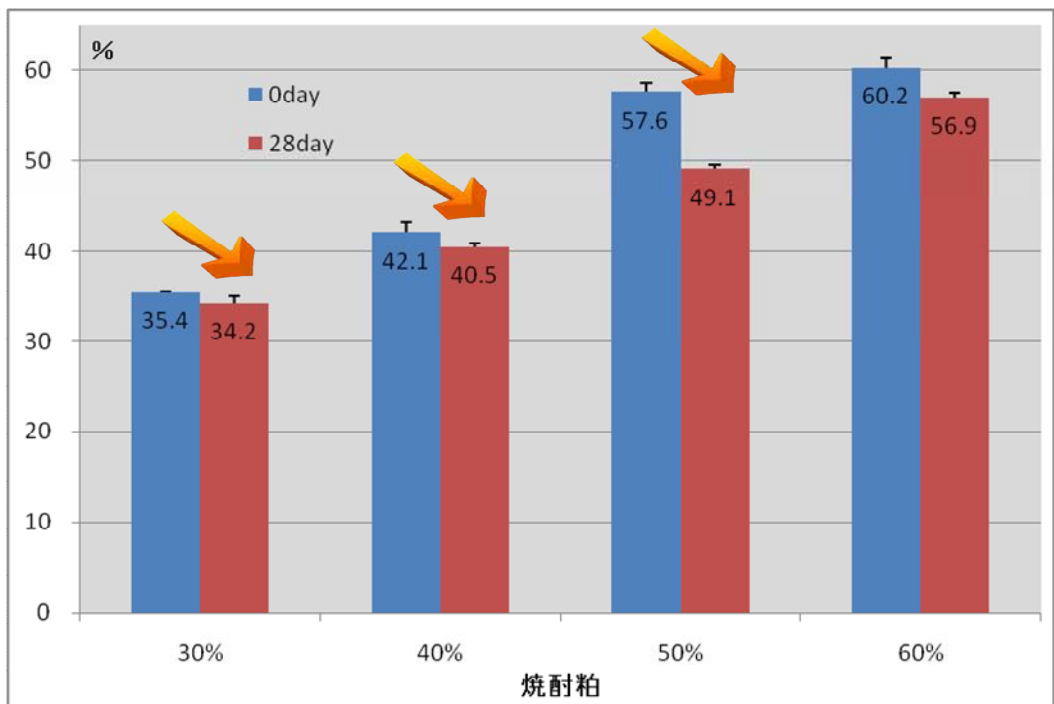


図18. 調製した焼酎粕サイレージの水分含量

次に、臭い・味・色・感触による感覚評価では、1項目10点満点で評価を行い、抽出液によるpHと感覚評価を合わせたフリーク法にて品質評価を行った。その結果、表4に示すように、総合点では、43%～55%の中においては全て同程度で90点以上の高評価となった。等級評価に関して、30%は“良”，それ以外は全て“優”であり、比較的良好な評価となった。

表4 フリーク法による品質評価と等級付け

焼酎粕	臭い	味	色	感触	pH	総合点	等級
30%	6	5	4	7	60	84	良
40%	7	5	6	7	60	87	優
43%	9	8	8	9	60	94	優
45%	9	8	9	9	60	96	優
47%	9	7	10	9	60	96	優
50%	9	7	9	8	60	95	優
55%	6	7	9	7	60	90	優
60%	8	7	9	4	60	89	優

また、サイレージ品質を左右する pH に関して各割合での変化を調べた。その結果、図 19 に赤で示すように、全割合において、高品質サイレージの目安となる pH 3.5~4.1 の値であった。

サイレージ調製にて重要となる乳酸菌は酸性度が高く、増殖するほどサイレージの pH は下がる。今回調製したサイレージは全て pH も十分に下がっていて、乳酸発酵が適度に行われていると考えられた。

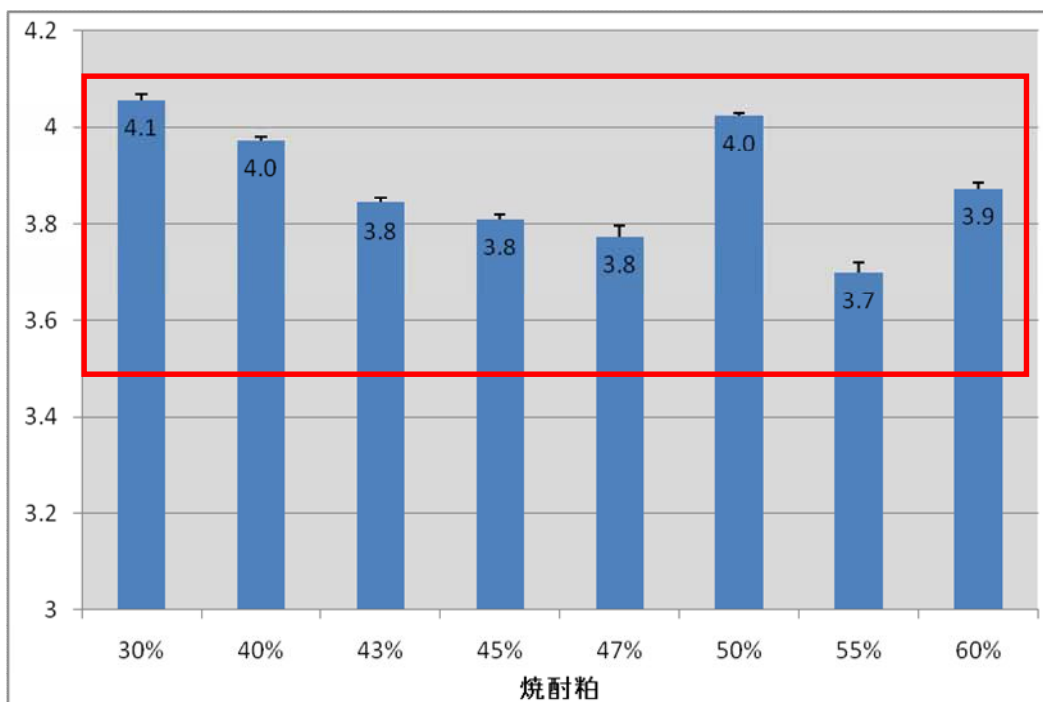


図 19. 調製した焼酎粕サイレージの pH 変化

次に、これらの乳酸発酵の程度を調べるために高速液体クロマトグラフィーを用いて有機酸分析を行った。その結果、図 20 に示すように、乳酸の数値をみると、十分に乳酸発酵されていると考えられ、酢酸の量も全割合において比較的低い値を示した。酪酸の検出も全割合において確認されず、全体的に発酵状態は良好と考えられた。乳酸は発酵中に嫌氣的条件下で乳酸菌が糖を分解して作る有機酸であるので、乳酸により pH が下がり、不良発酵を抑制するため、乳酸が多いほど良質なサイレージとなる。酢酸は、サイレージ発酵中の初期で、空気が減少してきた頃に好気性の酢酸菌が糖を分解して作る有機物で、特に品質低下には影響はないが、産生する菌が好気性菌なので、乳酸菌の発酵が活発になると酢酸産生菌は活動出来なくなる。そのため、分析値は少ない方が良いと考えられる。酪酸は、高水分や鎮圧不足等で乳酸菌が十分働けない場合に酪酸菌が増殖するため、

悪臭，カビの発生，栄養価が低下，品質低下などが起こる．したがって，酪酸濃度は0.1%以下，もしくは未検出が望ましいとされる．以上の結果より，今回調製したサイレージを水分含量・感覚評価・pH・有機酸分析の4項目と，作業の簡易化・焼酎粕の有効利用等総合的に考慮した結果，焼酎粕とフスマの割合は1：1が最も適当だと考えられた．

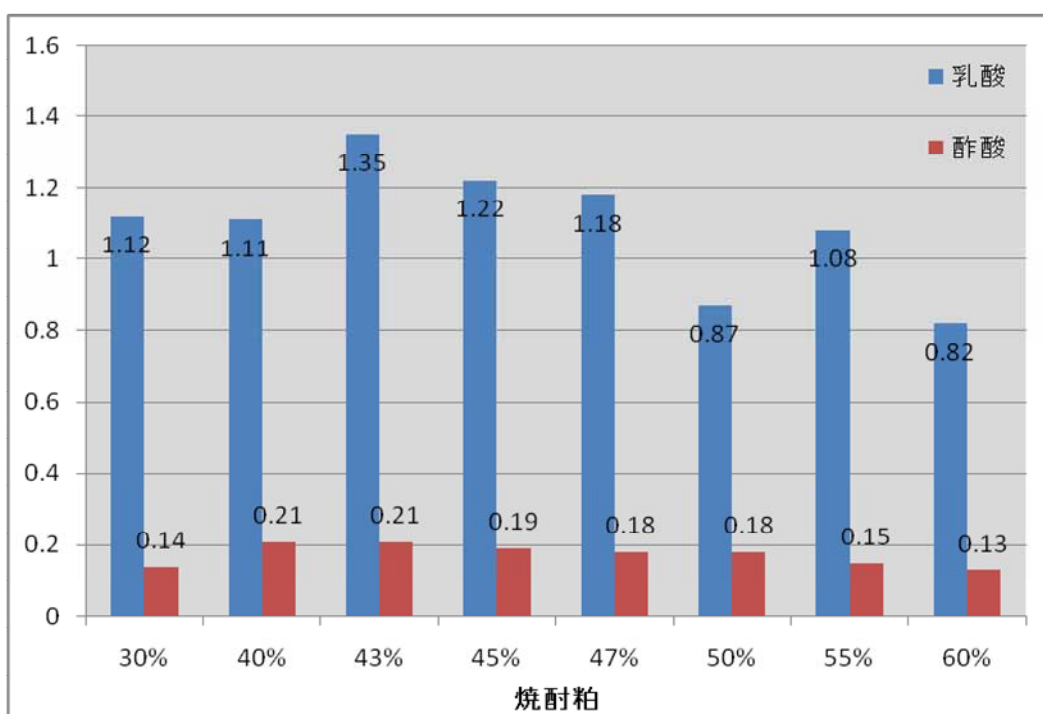


図20. 調製した焼酎粕サイレージの有機酸量

5. 今後の展開へむけて

この研究では，産官学連携プロジェクトとして，東海大学総合農学研究所プロジェクトとして活動している．本プロジェクトは図1に示したように，焼酎粕を完全に利用して廃棄物を出さない醸造を目指しているので，今後，もろみ酢，および家畜飼料の製品化を目指し，循環が完結することによって醸造産業界に技術移転出来ることを目指す．もろみ酢については，本年度の試験で製品化素材としての原液の調製法がほぼ確立したので，来年度はじめまでに商品化を目指す．家畜飼料は，基本的な分析が終了したので，サイレージの実際の給与試験および，もろみ酢粕を用いたサイレージ調製を試みる．

6・謝辞

蕨田式ろ過機による固液分離試験は株式会社堤酒造の、また、連続遠心分離機による固液分離試験はJA熊本果実連のご好意により、施設機材の提供をいただきました。関係各位に御礼申し上げます。

参考文献

1. 荒木朋洋. 紫芋を用いた完全循環型醸造での芋焼酎. 大学時報. Vol. 52, No. 323, p62-65. 2008.
2. 荒木朋洋. ゼロエミッションの焼酎造り. 産官学連携ジャーナル. Vol. 5, No. 12, p20-21. 2009.
3. 荒木朋洋. 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. 東海大学研究フォーラム 2009. 3. 要旨集 p 69. 東海大学主催.
4. 荒木朋洋, 多賀直彦, 本田憲昭. ムラサキマサリ (紫芋) を用いた高度循環型醸造に関する産官学研究. 東海大学産学連携フェア 2008, 2008. 12. 東海大学研究シーズ集 2009, p31. 東海大学主催.
5. 荒木朋洋. 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. 第3回アグリビジネスフォーラム. 2007. 11. 要旨集 p 42. 関東地区農学系大学連盟主催.
6. 荒木朋洋. 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 —醸造かすを出さないゼロエミッションプロジェクト—. 東海大学産学連携フェア 2007, 2007. 12. 東海大学研究シーズ集 2008, p21. 東海大学主催.
7. 荒木朋洋. 健康を支える「農」の科学—東海大学農学部で紹介と生理活性成分および機能性食品研究— 健康ビジネスマッチングフォーラム. 2009. 2. 要旨集 p 10. 熊本県主催
8. 荒木朋洋. 紫芋を用いた高度循環型醸造に関する産官学研究. 東海大学産学連携フェア 2009, 2009. 12. 東海大学研究シーズ集 2010, p19. 東海大学主催.
9. Tomohiro ARAKI*, Naohiko TAGA, Tatsuro MURATA, Kensho HONDA, Shin YASUDA, Kiyotaka KABATA, Yasushi MATSUDA, Takeshi SHIBATA. Zero emission brewing system using purple-colored sweet potato. 16th Asian Agricultural Symposium (Thai).2010.8
10. Yasuda, S., Ono, M., Igoshi, K. Challenges in Development of Functional Foods at Tokai University. 16th Asian Agricultural Symposium and 1st International Symposium on Agricultural Technology “Sufficiency Agriculture” (Proceedings of 16th AAS & 1st ISAT, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, Aug. 25-27, 2010), pp.50-52.
11. 荒木朋洋, 「ムラサキマサリ」を活用した産官学連携循環型醸造プロジェクト. 日本醸造協会第26回焼酎講演会. 2011.6.24 講演要旨集