

# 焼酎粕を利用した発酵調味料および発酵栄養補助飲料の開発

別府大学 食物栄養科学部 発酵食品学科

塩屋 幸樹

## 1. 研究の目的と背景

焼酎はイモ類、穀類等を原料として麹菌および酵母を用いて発酵した後、蒸留した蒸留酒である。焼酎粕は蒸留後に排出される副産物で、焼酎の2倍ほどの焼酎粕が排出される。特に焼酎製造の盛んな九州・沖縄地域では、年間80-90万トンの焼酎粕が発生し、その多くは海洋投棄されていたが、産業廃棄物の海洋投棄を規制するロンドン条約により、2007年以降焼酎粕の海洋投棄は厳しく規制されるようになった。それ以降、焼酎粕はメタン発酵、堆肥化、家畜飼料などに有効利用されるようになった<sup>1</sup>。しかし、これらの処理は費用がかかり、中小企業にとっては負担となっている。一方、焼酎粕の食品への応用はほとんど行われていない。その理由として、水分が多く加工しにくいこと、栄養分が多いため腐敗しやすいこと、クエン酸が大量に含まれており独特の酸味や香りがあることなどがあげられる。そのため、黒糖焼酎粕を利用したもろみ酢開発など、食品への利用は限られている<sup>2,3</sup>。

一方、同じ日本の代表的な酒類である清酒製造の副産物である酒粕には、血圧降下作用のあるアンジオテンシン変換酵素阻害活性を有するペプチドやうつ改善などが報告されているS-アデノシルメチオニンなどの機能成分を含んでいることが報告されている<sup>4</sup>。また、葉酸やビタミンB6などのビタミンも豊富に含まれている。栄養価が高く、香りも良いということで、酒粕汁、甘酒や漬物の材料など昔から利用されており、近年ではパンなどの材料や調味料にも利用されている。醸造への応用としては、酒粕を原料とした粕取り焼酎も製造されている。このように酒粕は機能性にも注目され、幅広く利用されている。

焼酎粕にも、豊富なアミノ酸やビタミンが含まれており、さらにクエン酸も大量に含まれている。クエン酸は、柑橘類などの酸味の素になる成分であり、体内では疲労物質である乳酸の生成を抑える働きを持っている。クエン酸にはこのような疲労の予防・回復効果やキレート作用などが報告されている。このクエン酸は、焼酎製造に用いられる麹菌である黒麹菌 (*Aspergillus luchuensis*) あるいは白麹菌 (*Aspergillus luchuensis* mut. *kawachii*) が生産しており、蒸留後の焼酎粕には多く残存している。

本研究では、このクエン酸を含む栄養価に着目し、様々な種類の焼酎粕を用いて食品や調味料を製造するとともに、その機能性を評価し、焼酎粕を含む発酵調味料および機能性食品への応用を検討した。

## 2. 研究の方法

### 2-1. 各種焼酎粕を活用した食品、飲料の開発

本研究で使用した焼酎粕は、九州圏内の芋焼酎、麦焼酎、そば焼酎、泡盛の焼酎粕を各企業よりいただいた。焼酎粕は使用するまで-20度で保存した。

焼酎粕の活用は、食品、調味料、飲料、おやつで検討した。調理は、焼酎粕を水の代わりに全量あるいは少量使用したり、フリーズドライにして使用するなどして行った。

### 2-2. 各種焼酎粕の成分分析

試料を8,000 rpm, 15分, 4℃で遠心分離し、上精をフィルター濾過 (DISMIC-13CP, pore size : 0.20 μm, ADVANTEC 社) した。

#### (1) 液体クロマトグラフィー (HPLC)

有機酸成分の検出にはHPLC装置 (SHIMADZU) を用いた。カラムにROA-Organic Acid H + (8%) (150 × 4.6 mm, REZEX), 検出器にSPD-20Aを用いた。液体クロマトグラフィーの条件は以下の通りである。流速: 0.45ml/min, 注入量: 10 μl, 移動相: 0.005N 硫酸, カラム温度: 40℃, 検出波長: 210 nmとした。

#### (2) GC-MS-O

香気成分の検出には、Agilent Technologies製の7890B GC Systemと連結した5977A MSDを用いた。カラムは、DB-WAX(0.25 mm I.D. × 30 m, 膜厚0.25 μm, Agilent Technologies)を用いた。カラム温度は、40℃で2分保持した後、8分かけて100℃まで昇温した。その後230℃まで8℃/minで昇温し、解析時間は24.25分とした。キャリアガスにはヘリウムを使用し、流速は1.6 mL/minとした。

測定は、バイアル瓶に試料960 μl分注し、内部標準液 (カプロン酸メチル) を40 μl加えたのちに密閉し、40℃で加熱した。香気成分の比較は、得られた香気成分の各ピーク面積と内部標準のピーク面積比で評価した。

#### (3) 抗酸化作用

抗酸化作用は、DPPH Antioxidant Assay kit ((株) 同人化学研究所) を用いて測定した。測定方法は、付属の説明書に従った。検出はiMarkマイクロプレートリーダー (BIO-RAD) を用いて、520 nmのフィルターにて測定した。

## 2-3. 各種焼酎粕のマウスへ投与実験

### (1) マウスへの焼酎粕の投与実験

1 週間馴化後 (6 週齢) の C57BL/6J マウス (ケービーティーオリエンタルより購入) を用いて焼酎粕の投与実験を行った。高脂肪食 (HFD-60, ケービーティーオリエンタル) と水は自由摂取とした。100  $\mu$ L の泡盛焼酎粕あるいは麦焼酎粕を週 2 回で経口投与した。また、対照群として PBS (sham) を経口投与した。30 日飼育し、体重測定を週 3 回で行なった。

### (2) マウス血液中の成分測定

飼育 30 日後に採血を行い、血糖値、コレステロール値、クレアチン値を測定した。血糖値は、実験動物用血糖測定器 (おしえて! グル子, フォラケア・ジャパン) を用いて測定した。また、血液中のコレステロールおよびクレアチン値はラボアッセイ<sup>TM</sup> コレステロール (コレステロールオキシダーゼ・DAOS 法, 富士フィルム和光純薬) およびラボアッセイ<sup>TM</sup> クレアチンキット (Jaffé 法) を用いて測定した。測定方法は、付属の説明書に従った。検出は iMark マイクロプレートリーダーを用いて、それぞれ 600 nm および 520 nm のフィルターにて測定した。

## 3. 研究内容

本研究で、各種焼酎粕を用いて以下の 2 点について検討を行った。①焼酎粕の成分解析および焼酎粕を用いた食品の開発、②焼酎粕のマウス投与によるマウス生体への影響評価。本研究では、焼酎粕をもちいた新規調味料や新規食品の開発および、機能性食品の開発を試みた。

## 4. 研究の実施経過

### 4-1. 焼酎粕を利用した食品、調味料の開発

各種焼酎粕を用いて様々な食品、飲料、調味料、おやつを試作した。焼酎粕には、芋焼酎粕、麦焼酎粕、そば焼酎粕、泡盛焼酎粕を用いた。飲料に関しては、大分県の特産品であるカボスやその他果汁などを加えてみたが、クエン酸を多く含むため酸味が強く、また焼酎粕の香りが強く、官能評価でも低評価だった。また、ゼリー状の飲料の試作も行なったが、焼酎粕の香りが強く、官能評価は低かった。なお、官能評価は 6 名で行った。

食品については、パン製造が高評価であった。パン製造は酒粕を用いても行われており、焼酎粕でも試作を行った。特に泡盛焼酎粕を用いたパンは、通常のパンに比べて体積が 1.2 倍、比容積が約 1.4 倍と高くなっており、通常のパンよりふっくらとしたパンとなっていた。また、調理中に加熱したことにより酸味を感じることもなく、微かに残る焼酎の香りがアクセントとなっていた。

おやつについては、クッキー、アイス、ゼリーなどを試作した。しかし、焼酎粕に水分量が多いため、通常レシ

ピに水を加えないものについては、歯応えがなくなったり、成形できないなどの問題があった。さらに、水分をなくするため凍結乾燥機を用いて焼酎粕のフリーズドライを作成した。しかし、溶解性が悪く、外観の悪い食品となってしまった。その中でも、試作したクラッカーについては、少し柔らかくなってしまったが、焼酎粕の香りが残り味もよいという結果となった (data not shown)。

調味料についても、醤油、味噌などと組み合わせ様々なものを試作した。その結果、泡盛の焼酎粕で製造したマヨネーズが高評価になった。

### 4-2. 焼酎粕の成分・機能性評価

まず、これまで報告されている高クエン酸濃度を確認するため HPLC にて各種有機酸の濃度を測定した。なお、成分評価および次項のマウスの投与実験には、麦焼酎および泡盛焼酎粕のみを使用した。麦焼酎粕と泡盛焼酎粕のクエン酸濃度は 600 および 1100 mg/100 ml、乳酸が 300 および 140 mg/100 ml、酢酸が 150 および 80 mg/100 ml であり、粕中にクエン酸をはじめ多くの有機酸を含んでいることを確認した (表 1)。

表 1 焼酎粕中の有機酸濃度 (mg/100ml)

有機酸	麦焼酎粕	泡盛焼酎粕
クエン酸	600	1100
リンゴ酸	100	150
乳酸	300	140
酢酸	150	80

次に、GC-MS-O にて香気成分を測定した結果、オイリーなナッツ・ワイン粕的な甘い匂いであるデカン酸エチルやバラの香りであるフェネチルアルコール、花様の香りを示すラウリン酸エチルが検出された (表 2)。特にフェネチルアルコールはそれぞれ 60 ppm および 120 ppm と高い値を示していた。

表 2. 焼酎粕中の香気成分  
(内部標準物質を 1 としたときの相対値)

香気成分	麦焼酎粕	泡盛焼酎粕
デカン酸エチル	3.70	0.82
ラウリン酸エチル	0.75	0.94
フェネチルアルコール	4.14	8.48
パルミチン酸エチル	3.77	2.50

次に抗酸化作用を DPPH ラジカル消去能で評価した。泡盛焼酎粕の IC<sub>50</sub> は 267mg/ml、麦焼酎は 62mg/ml、Trolox を基準とした TEAC ( $\mu$ g TE/mg) はそれぞれ 0.16, 0.68 となった。麦焼酎の方が約 4 倍高い抗酸化力を示した。

#### 4-3. マウスへの投与実験

体重測定の結果、コントロール群と比較し泡盛焼酎粕を投与したマウス群で体重増加が著しく抑えられた。一方、麦焼酎粕ではコントロール群と差が見られなかった（図1）。この体重増加の抑制は、3回目の投与（焼酎粕投与1週間後）から顕著に確認された。肝臓重量においては3群で差は見られなかった。

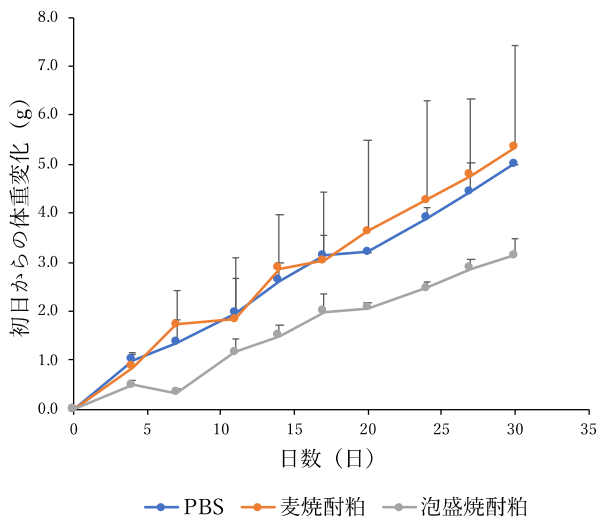


図1 マウスの体重変化（初日を0とした体重変化）

次に30日後の血糖値を測定した結果、それぞれ対照群：282.0 ± 10.03 mg/100ml, 麦焼酎粕群：259.3 ± 43.05 mg/100ml, 泡盛焼酎粕群：220.0 ± 28.61 mg/100ml となり、焼酎粕を投与した方が血糖値の上昇を抑えられ、特に泡盛焼酎粕投与群では、20 %程度血糖値の上昇を抑えることができた（図2）。血液中のコレステロールを測定した結果、泡盛焼酎粕投与群で対照群よりわずかな減少が見られたが、3群で有意差は観察されなかった。さらに、血液中のクレアチン量を測定したが、3群で差はなかった（data not shown）。なお、解剖後、肝臓および腎臓の大きさと重さを比較したが、3群で大きな差は見られなかった（data not shown）。

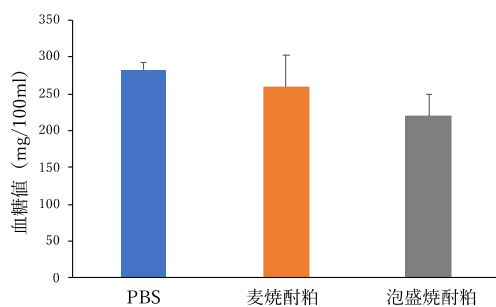


図2 血糖値の測定値

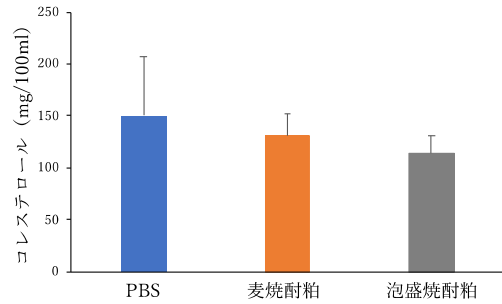


図3 コレステロールの測定値

#### 5. 研究から得た結論・考察

本研究では、各種焼酎粕を用いて食品の開発を試みた。以前より報告されていた水分が多いことや独特な香りが難点となった。そのなかで、パン、クラッカー、マヨネーズなど官能評価で高い評価をえた食品の開発が行えた。今後は、これらの商品については実際の商品化にむけて動いていく予定である。

次に焼酎粕の特徴を比較した結果、原料の違いで有機酸量や香気成分などに違いが示された。また、抗酸化作用のあるカテキンなどと比較すると低い値となったが、DPPHラジカル消去能があることも示された。これらの特徴は、商品価値を高める要因となることが期待される。さらに、これまで焼酎粕に多くの栄養素が含まれていることも報告されており、各焼酎粕にあった食品をつくることで、特徴ある商品開発が期待できる。

最後に、より詳細に焼酎粕の効果を評価するためにマウスへの経口投与実験を行った。高脂肪食を与えたC57BL/6Jマウスに週2回の頻度で焼酎粕を経口投与し、1ヶ月体重変化を観察した。その結果、泡盛焼酎粕で体重増加を抑えることができた。また、血糖値および血中コレステロール量も対照群より低くなっていた。一方、麦焼酎粕投与群では対照群と差が見られなかったことより、泡盛焼酎粕特有の作用だと考えられる。さらに、詳細に調べるためには、今後原料の麦や米の影響や、麴の影響などを解析する必要がある。

#### 6. 残された問題、今後の課題

新型コロナウイルスの影響で焼酎をはじめ酒類関連の企業は大きなダメージを受けている。巣籠もり需要で家庭での飲酒量は増えているが、飲食店での消費が大幅に減少している。焼酎粕は製造過程で必ず排出されるもので、これに高価値を付加することで、焼酎関連企業の手助けになることが期待できる。本研究では焼酎粕を用いて様々な試作品をつくり、最大6名で官能評価を行なった。しかし、新型コロナウイルス感染予防対策にとともに、多人数によ

る味覚試験が行えなかったので、今後も継続的に検討していく必要がある。さらに、本研究では焼酎粕を中心に機能解析を行っており、食品としての機能性評価を行えていないため、今後食品としての機能を明らかにする必要がある。

また、同じ焼酎粕でもロット差があることがわかり、機能性を担保する必要も感じた。さらに、研究期間中に安定的に焼酎粕を入手することができず、比較実験できない部分があったため、全ての焼酎粕での比較を行うことも課題である。最後に動物実験についても、焼酎粕の成分解析、生体組織診断や遺伝子発現変化など詳細な実験を行うことで、焼酎粕の機能をより詳細に明らかにすることが期待できる。さらに、高齢マウスあるいは運動時などのマウスをもちいた実験を行うことで、機能性食品としての応用が広がることが期待できる。

## 7. 謝辞

本研究を遂行するにあたって、(公財)東洋食品研究所から多大なるご支援を戴きました。関係者の皆様に深く感謝致します。

## 8. 参考文献

- 1 林國興．焼酎粕の飼料利用．日本暖地畜産学会報．2012, **55**, p. 101-107.
- 2 瀬戸口眞治ほか．焼酎粕の栄養成分評価と飲料への応用．*Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, 2007, Special Issue, p. 51-55.
- 3 向井伸彦ほか．焼酎粕の栄養成分及び機能性成分の含量調査．*J. Brew. Soc. Japan.*, 2017, **112**, p. 695-706.
- 4 峰時俊貴．酒粕の機能特性とそれを活かした商品開発．日本醸造協会誌．2014, **109**, p. 11-20.