

焼酎粕の栄養成分及び機能性成分の含量調査

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	向井,伸彦 森本,朋子 福家,成美 吉田,聡子 熊崎,努 寺本,拓生 上佐古,大貴 佐藤,龍一 西堀,奈穂子 金井,宗良 山田,修 藤井,力
発行元	日本醸造協会
巻/号	112巻10号
掲載ページ	p. 695-706
発行年月	2017年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



焼酎粕の栄養成分及び機能性成分の含量調査

向井伸彦^{1*}・森本朋子¹・福家成美¹・吉田聡子¹・熊崎努¹・寺本拓生²・
上佐古大貴²・佐藤龍一²・西堀奈穂子¹・金井宗良¹・山田修¹・藤井力^{1,2}

¹ 独立行政法人酒類総合研究所 〒739-0046 広島県東広島市鏡山 3-7-1

² 広島大学大学院生物圏科学研究科 〒739-8528 広島県東広島市鏡山 1-4-4)

平成 28 年 11 月 24 日受理

Investigation of the content of nutrients and functional ingredients in shochu distillation residue

Nobuhiko MUKAI^{1*}, Tomoko MORIMOTO¹, Narumi FUKU¹, Satoko YOSHIDA¹, Tsutomu KUMAZAKI¹,
Takumi TERAMOTO², Daiki UESAKO², Ryuichi SATO², Nahoko NISHIBORI¹, Muneyoshi KANAI¹,
Osamu YAMADA¹ and Tsutomu FUJII^{1,2}

¹ National Research Institute of Brewing 3-7-1, Kagamiyama, Higashihiroshima, Hiroshima, 739-0046

² Graduate School of Biosphere, Hiroshima University 1-4-4, Kagamiyama, Higashihiroshima, Hiroshima, 739-8528)

Shochu distillation residue (SDR), generated as a shochu distillery by-product, includes abundant nutrients. We collected 54 samples of SDR made from various raw materials from 30 shochu manufacturers. SDR was separated into cake and liquid parts by centrifuges. The cake ratio of SDR was 28.0% on average, and the cake of SDR contained 79.1 g/100 g of moisture on average. The cake of SDR included 32.1 g of protein, 12.7 g of lipid, 51.7 g of carbohydrate, and 3.4 g of ash, 450.1 kcal of calorific value, 381.1 μg of folate (the sum of tetrahydrofolic acid (THF) and 5-methyltetrahydrofolate (5-MTHF)), 0.72 mg of vitamin B₆, 14.5 mg of S-adenosylmethionine (SAM) and 9.1 mg of polyamines (the sum of putrescine (PUT), spermidine (SPD) and spermine (SPM)) at an average level per 100 g (dry weight). The liquid part of SDR included 10.3 μg of folate, 0.15 mg of vitamin B₆, 3.0 mg of SAM and 1.3 mg of polyamines at an average level per 100 ml. It was revealed that SDR contains relatively large amounts of folate, vitamin B₆, SAM and polyamines in comparison with other foods and drinks. These results can lead to new utilizations and value-added improvements for SDR.

Key words: 焼酎粕・葉酸・ビタミン B₆・S-アデノシルメチオニン (SAM)・ポリアミン

緒言

単式蒸留焼酎の主産地である熊本国税局管内では、平成 26 酒造年度に 419,389 kl (アルコール分 25 度換算) の単式蒸留焼酎が製造され、1.6 倍に当たる 684,872 kl の焼酎粕が副産物として処理された¹⁾。

焼酎粕は酵母など豊富な栄養分を含む天然素材として有効利用が期待されている。焼酎粕にはたんぱく質、ビタミン類、ミネラル類など様々な栄養成分が含まれていることが知られている²⁾。しかしながら、個々の調査はあるものの様々な焼酎粕を対象にした栄養成分及び機能性成分に関する幅広い調査はほとんど実施さ

* コレスポンディングオーサー

れていなかった。

ところで、清酒酵母はS-アデノシルメチオニン (SAM)³⁾や葉酸⁴⁾を高蓄積することが知られている。また、清酒酵母を含む酒粕やにごり酒にSAMや葉酸が多く含まれていること^{5,6)}、酒粕にポリアミン (プトレスシン (PUT), スペルミジン (SPD) 及びスペルミン (SPM) の合計) が多く含まれていることが報告されている⁷⁾。さらに、ビタミンB₆は酵母や酒粕に多く含まれることが知られており、食品成分データベース⁸⁾によると酒粕はビタミンB₆を0.94 mg/100 g含有しており、にんにく、まぐろ (びんが) 等とともに顕著に含有する食品である。

葉酸は生体内でテトラヒドロ葉酸に変換された後、炭素1分子を含むメチル基、メチレン基、ホルミル基、メテニル基などの転移酵素の補酵素として作用する。葉酸は貧血、胎児の神経管閉鎖障害、動脈硬化症、心臓病、脳卒中、痲ほう症、うつ病、アルツハイマー病、大腸ガン、膀胱ガン、上皮ガン等の発症リスクを軽減することが知られている。また、アメリカではFDA (アメリカ食品医薬局) が葉酸を穀物製品に添加することを義務付けている。ビタミンB₆は生体内でリン酸と結合しピリドキサルリン酸として多くの反応の補酵素として作用し、アミノ酸代謝、神経伝達物質の合成などの反応に関与している。ビタミンB₆は飲酒習慣の多い男性に対する大腸ガンの予防効果が知られている。SAMはアデノシンとメチオニンから合成される化合物で、生体内のメチル化反応のメチル基供与体等として作用する。SAMは、①うつ、②肝障害、③関節炎に対する改善効果が報告されており、これらの疾患に対するサプリメント成分・医薬品としてヨーロッパやアメリカで利用されている⁹⁾。また、清酒酵母のSAM生産能が高いことから、SAMを豊富に含んだ清酒酵母粉末が製造・販売されている⁸⁾。ポリアミンは、第一級アミノ基が2個以上結合した直鎖脂肪族炭化水素の総称であり、主なポリアミンとしてPUT、SPD及びSPMがある。ポリアミンはマウスの寿命延長効果が確認された初めての物質である¹⁰⁾。

焼酎粕は酒粕と同様醸造用酵母を多く含んでおり、栄養成分や機能性成分を豊富に含んでいると考えられる。そこで、我々は様々な全国の焼酎製造者から様々な原料や製造方法で製造された焼酎粕を幅広く収集し、栄養成分 (たんぱく質他、葉酸及びビタミンB₆) 及

び機能性成分 (SAM及びポリアミン) の含量の調査を行ったので報告する。

実験方法

1. 焼酎粕試料

全国各地の焼酎製造者へ提供を依頼し、蒸留後速やかに冷蔵便にて送付してもらった。なお、製造条件 (原料、蒸留方法、麹菌の種類、麹歩合、酵母の種類等) はできるだけバラエティが豊富になるようにした。到着した焼酎粕はポリビーカーに移し均一になるように攪拌した後、2,700 × g, 20分間、4℃で遠心してケーキと液部に分けた。ケーキはたんぱく質他分析用の試料とするとともに、一部を凍結乾燥 (FREEZE DRY SYSTEM, LABCONCO), 破碎した。これをビタミン類、機能性成分分析に用いた。液部は9,800 × g, 10分間、4℃で再度遠心し、上清を焼酎粕液部試料とした。ケーキ及び液部試料は、分析に供するまで冷凍貯蔵した。

2. たんぱく質他の分析

水分、たんぱく質、脂質、炭水化物及び灰分の分析は、一般財団法人食品分析開発センター SUNATEC に依頼した。分析法は「栄養表示基準における栄養成分等の分析方法等について (衛新第13号平成11年4月26日)」によった。なお、窒素-たんぱく質換算係数は一律に6.25を使用した。

ケーキ及び液部の各成分含量を分析し、ケーキ割合 (焼酎粕の全体重量に占めるケーキの重量割合) から焼酎粕換算の各成分の含量を計算で求めた。なお、計算にあたり液部の比重は1.00とみなした。また、ケーキ (湿重量) あたりの各成分の含量とケーキの水分量から、ケーキの乾燥重量100 gあたりの各成分含量を計算で求めた。

3. 葉酸の分析

酵母の葉酸を高速液体クロマトグラフ (HPLC) 法にて分析したところ、主な葉酸の形態はテトラヒドロ葉酸 (THF) 及び5-メチルテトラヒドロ葉酸 (5-MTHF) であったことが報告されている^{11,12)}。そこで、焼酎粕ケーキ及び液部中のTHF及び5-MTHFをHPLC法¹³⁾で分析し、合計値を葉酸含量とした。

焼酎粕ケーキの凍結乾燥粉末約70～90 mgに抽出溶媒 (100 mM リン酸緩衝液 (pH 6.1), 2% アスコルビン酸ナトリウム, 0.1% 2-メルカプトエタノール)

10 ml を加え、窒素置換後 12 分間煮沸抽出を行った。水冷後、 $17,800 \times g$ で 4°C 、10 分間遠心した。上清 1 ml にあらかじめ透析処理を行った正常ラット血清（和光純薬工業株式会社）50 μl を添加し、窒素置換後、 37°C 、24 時間、暗黒下で振とうしてコンジュガーゼ処理を行った。処理後、 100°C 、5 分間処理して酵素を失活させ、水冷後、 $17,800 \times g$ 、10 分間、 4°C で遠心した。上清を抽出溶媒で希釈後、HPLC に供した。

焼酎粕液部は上記抽出溶媒で 5 倍希釈後、コンジュガーゼ処理、HPLC 前処理はケーキと同様に行い、HPLC に供した。

HPLC（株式会社島津製作所）による分析は以下のとおり行った。蛍光検出器：励起光 290 nm、蛍光 360 nm、カラム：AQUASIL C18 カラム 3 μm 、150 mm \times 4.6 mm（Thermo Fisher Scientific）、ガードカラム：TCI OPTI-GUARD Fit ODS（東京化成株式会社）。移動相：流速 0.4 ml/min で、アセトニトリル（A 液）と 30 mM リン酸緩衝液（pH 2.3）（B 液）を以下の割合で流した。0 - 5 分：A 液を 6% で保持、5 - 25 分：A 液を 6% から 25% へ勾配を付けて上昇、25 - 27 分：A 液を 25% で保持、オートインジェクターの注入量：20 μl 。

ケーキの湿重量あたりの葉酸含量は、乾燥重量割合を用いて乾燥重量あたりの含量から計算で求めた。焼酎粕換算の含量は湿重量あたりの含量、液部の含量及びケーキ割合を用いて、計算で求めた。液部の比重は 1.00 とした。なお、ビタミン B₆、SAM、ポリアミンの含量も同様に計算で求めた。

4. ビタミン B₆ の分析

ビタミン B₆ 含量は微生物定量法により分析した。

焼酎粕ケーキの凍結乾燥試料 100 mg あるいは液部 100 μl に 0.1 M 硫酸を 10 ml 加え、 121°C 、1 時間オートクレーブを行って加水分解した。冷却後、2.5 M 酢酸ナトリウム溶液を 3 ml、タカジアスターゼ（SIGMA-ALDRICH）30 mg、酸性ホスファターゼ（SIGMA-ALDRICH）1 mg を加え、 37°C で 12 時間振とうし、リン酸エステル型ビタミン B₆ の脱リン酸化反応を行った。反応後、 95°C で 30 分間煮沸後、ろ紙でろ過し、ろ液に精製水を加え全量を 50 ml とした。

培地はビタミン B₆ 定量用基礎培地（日水製薬株式会社）を使用した。*Saccharomyces cerevisiae* ATCC9080 株を YPD プレート上に植菌し、一部を採

って OD₆₀₀ が 0.5 程度になるようにリン酸緩衝生理食塩水に懸濁し植菌液とした。

ビタミン B₆ の定量は以下のとおり行った。5 ng/ml ピリドキシン標準溶液（ピリドキシン塩酸塩標準品、和光純薬工業株式会社）及び抽出液をそれぞれ 0 ~ 1.5 ml（精製水と合計して 2.5 ml）、定量用培地 2.5 ml を加え、煮沸水に 20 分間浸した後冷却し、植菌液を 30 μl ずつ添加した。 30°C 、20 時間振とう培養後、吸光度 OD₆₀₀ を測定した。

5. SAM の分析

SAM 含量はキャピラリー電気泳動法を用いて分析した¹³⁾。

焼酎粕ケーキの凍結乾燥粉末約 300 mg に精製水 5 ml を加えて懸濁し、 -30°C で一晩以上凍結した後融解し抽出した。9,100 $\times g$ 、10 分間、 4°C で遠心して上清を得、精製水で 5 倍希釈後、キャピラリー電気泳動に供した。

焼酎粕液部は精製水で 5 倍希釈後、キャピラリー電気泳動に供した。

キャピラリー電気泳動システムは G1600 型（Agilent Technologies）、キャピラリーは Agilent CE capillary, bare fused silica, 75 μm /72 cm（Agilent Technologies）を使用した。電気泳動用緩衝液は 40 mM リン酸ナトリウム緩衝液（pH 2.5）を使用した。

6. ポリアミン

ケーキ及び液部中の PUT、SPD 及び SPM を HPLC 法で分析し、合計値をポリアミン含量とした。

焼酎粕ケーキの凍結乾燥粉末 20 ~ 50 mg に 0.5 mm 径ビーズ 1.0 g と 6% トリクロロ酢酸溶液 0.2 ml を加え、マルチビーズショッカー（安井器械株式会社）を用いて、2,500 rpm、240 秒間（30 秒間破碎、30 秒間冷却のサイクルを 4 回）破碎した。破碎後、6% トリクロロ酢酸溶液 1 ml を加えボルテックスで攪拌し、 $17,800 \times g$ 、 4°C 、10 分間遠心した。上清 0.8 ml は新しいチューブへ移し、沈殿に 6% トリクロロ酢酸を 0.9 ml 加えて同様に処理して上清を得、先の 0.8 ml と合わせポリアミン抽出液とした。

焼酎粕液部 400 μl に 6% トリクロロ酢酸溶液を 1.3 ml 加え（トータル 1.7 ml）、これをポリアミン抽出液とした。

ポリアミン抽出液のベンゾイル誘導体化は以下のとおり行った。上記ポリアミン抽出液に 0.1 M 塩酸溶液

0.3 ml, 2 M 水酸化ナトリウム溶液 1 ml, 塩化ベンゾイルを 10 μ l 加え, ボルテックスで攪拌した。恒温水槽で 30 $^{\circ}$ C, 40 分間ベンゾイル化した後, 飽和塩化ナトリウム溶液を 2 ml, ジエチルエーテルを 3 ml 加え反応を停止した。1,600 \times g, 10 分間遠心し, 上層を回収し, アスピレーターで減圧乾固させた。減圧乾固後の試料にメタノール 1 ml を加えて HPLC に供した。

HPLC (株式会社島津製作所) による分析は以下のとおり行った。紫外検出器: 波長 254 nm, カラム: LiChrospher 100 RP-18 (5 μ l) Hibar RT 250-4 (Merk), ガードカラム: LiChroCART 4-4 LiChrospher 100 RP-18 (5 μ l) (Merk) を用いた。移動相は, 流速 0.8 ml/min で, メタノール (A 液) と精製水 (B 液) を以下の割合で流した。0 - 5 分: A 液を 50% で保持, 5 - 25 分: A 液を 50% から 85% へ勾配を付けて上昇, 25 - 38 分: A 液を 85% で保持。オートサンプラーの注入量: 20 μ l。

実験結果

1. 焼酎粕試料

全国の焼酎製造者 30 社より焼酎粕 54 点を収集した (Table 1)。一般成分は 49 点, ビタミン類及び機能性成分は 54 点を分析に供した。収集した焼酎粕の内訳は Table 2 に示したとおり, 蒸留方法 (常圧蒸留, 減圧蒸留), 麹菌の種類 (白麹, 黒麹, 黄麹), 麹原料の種類 (米麹, 麦麹, 甘藷麹), 麹歩合 (全麹タイプも含む), その他の製造条件 (データは示さないが酵母の種類など) が様々であった。

収集した焼酎粕は, 遠心分離によりケーキと液部に

分けた。焼酎粕のケーキ割合は平均で 28.0% であり, 酒粕製常圧蒸留粕は 2 点とも液部は存在しなかったことからケーキ割合は 100%, 一方, 黒糖製減圧蒸留粕では平均 8.0% と低かった (Table 3)。また, ケーキの乾燥重量割合 (凍結乾燥前の重量に対する凍結乾燥後の重量の割合) は, 平均 21.4% であり, 酒粕製常圧蒸留粕は平均 36.9% と高く, 甘藷製常圧蒸留粕は平均 12.3% と低かった。

2. 一般成分

ケーキ (湿重量) 100 g あたりの水分含量は平均 79.1 g 含まれ, 甘藷製常圧蒸留粕が 89.2 g と最も多く, 酒粕製常圧蒸留粕は 60.4 g と最も少なかった。液部の水分含量は平均 94.8 g であり, 液部の存在しなかった酒粕製常圧蒸留粕を除きいずれも 90 g を超えていた。ケーキと液部を合わせた焼酎粕換算では, 100 g あたり水分含量は平均 89.7 g で, 甘藷製常圧蒸留粕が 94.2 g と最も多く, 酒粕製常圧蒸留粕は 60.4 g と最も少なかった (Fig. 1)。

ケーキ (乾物) 100 g 換算のたんぱく質含量は平均 32.1 g であり, 米製減圧蒸留粕が 44.2 g と最も多く, 次いで泡盛減圧蒸留粕が 42.7 g 含まれていた。脂質は平均 12.7 g 含まれ, 米製減圧蒸留粕と麦製減圧蒸留粕が 17.3 g と最も多かった。炭水化物は平均 51.7 g 含まれ, 酒粕製常圧蒸留粕が 68.8 g と最も多く, 次いで甘藷製常圧蒸留粕が 66.2 g であった。また, 灰分は平均 3.4 g 含まれ, 酒粕製常圧蒸留粕が 12.8 g と最も多く, 次いで甘藷製常圧蒸留粕が 5.6 g 含まれていた。熱量は平均 450.1 kcal で, 米製減圧蒸留粕が 482.0 kcal と最も多かった。焼酎粕 100 g 換算では平

Table 1 The number of samples of shochu distillation residue.

Type of shochu	Distillation pressure	Number of manufacturers	Number of samples (for general nutrient ingredient)	Number of samples (for vitamin and functional ingredient)
Awamori	Atmospheric	7	7	8
	Reduced	1	1	1
Rice shochu	Reduced	4	3	7
Barley shochu	Atmospheric	3	5	5
	Reduced	6	7	7
Sweet potato shochu	Atmospheric	4	12	12
Buckwheat shochu	Reduced	2	3	3
Brown sugar shochu	Atmospheric	1	1	1
	Reduced	2	4	4
Sake cake shochu	Atmospheric	2	2	2
	Reduced	3	4	4
Total		30*	49	54

*: Repeated manufacturers were excepted.

Table 2 The details of shochu distillation residue.

Type of shochu	Sample number	Distillation pressure	Type of Koji (classification)	Type of koji (raw material)	All koji type	Remark
Awamori	1	Atmospheric	Black koji	Rice	All koji type	-
	2	Atmospheric	Black koji	Rice	All koji type	-
	3	Atmospheric	Black koji	Rice	All koji type	-
	4	Atmospheric	Black koji	Rice	All koji type	Direct-fired evaporator
	10	Atmospheric	Black koji	Rice	All koji type	-
	11	Atmospheric	Black koji	Rice	All koji type	-
	21	Atmospheric	Black koji	Rice	All koji type	-
	33*	Atmospheric	Black koji	Rice	All koji type	-
	38	Reduced	Black koji	Rice	All koji type	-
Rice shochu	8	Reduced	White koji	Rice	-	-
	14	Reduced	White koji	Rice	-	-
	17	Reduced	White koji	Rice	-	-
	49	Reduced	White koji	Rice	-	-
	51*	Reduced	White koji	Rice	All koji type	-
	52*	Reduced	White koji	Rice	All koji type	-
	53*	Reduced	White koji	Rice	All koji type	-
Barley shochu	7	Atmospheric	White koji	Barley	All koji type	-
	5	Atmospheric	White koji	Barley	-	-
	44	Atmospheric	White koji	Barley	-	-
	42	Atmospheric	White koji	Rice	-	-
	43	Atmospheric	White koji	Rice	-	-
	16	Reduced	White koji	Barley	All koji type	-
	6	Reduced	White koji	Barley	-	-
	9	Reduced	White koji	Barley	-	-
	15	Reduced	White koji	Barley	-	-
	41	Reduced	White koji	Barley	-	-
56	Reduced	White koji	Barley	-	-	
18	Reduced	White koji	Rice	-	-	
Sweet potato shochu	22	Atmospheric	White koji	Rice	-	-
	25	Atmospheric	White koji	Rice	-	-
	31	Atmospheric	White koji	Rice	-	-
	55	Atmospheric	White koji	Rice	-	-
	24	Atmospheric	Black koji	Rice	-	-
	30	Atmospheric	Black koji	Rice	-	-
	34	Atmospheric	Black koji	Rice	-	-
	54	Atmospheric	Black koji	Rice	-	-
	35	Atmospheric	Black koji	Sweet potato	-	-
	26	Atmospheric	Yellow koji	Rice	-	-
	32	Atmospheric	Yellow koji	Rice	-	-
	36	Atmospheric	Yellow koji	Rice	-	-
Buckwheat shochu	13	Reduced	White koji	Barley	-	-
	57	Reduced	White koji	Barley	-	-
	60	Reduced	White koji	Rice	-	-
Brown sugar shochu	19	Reduced	White koji	Rice	-	-
	20	Reduced	White koji	Rice	-	-
	23	Reduced	White koji	Rice	-	-
	45	Reduced	White koji	Rice	-	-
	59	Atmospheric	Black koji	Rice	-	-
Sake cake shochu	47**	Atmospheric	-	-	-	Mixed with chaff
	61**	Atmospheric	-	-	-	Mixed with chaff
	12	Reduced	-	-	-	Re-fermentation
	39	Reduced	-	-	-	Re-fermentation
	46	Reduced	-	-	-	Re-fermentation
	37**	Reduced	-	-	-	Microwave distillation

* : The analysis of the general nutrient ingredients was not carried out.

** : Only the solid part was present (no liquid part)

Table 3 Cake ratio and cake dry weight ratio of shochu distillation residue

Type of shochu	Awamori Atmospheric	Awamori Reduced	Rice Reduced	Barley Atmospheric	Barley Reduced	Sweet potato Atmospheric	Buckwheat Reduced	Brown sugar Atmospheric	Brown sugar Reduced	Sake cake Atmospheric	Sake cake Reduced	Total	
Distillation pressure	8	1	7	5	7	12	3	1	4	2*	4**	54	
Number of samples													
Cake ratio*** (%)	Average	18.3	17.4	13.0	17.4	25.9	38.1	35.0	13.2	8.0	100.0	45.8	28.0
	Standard deviation	9.1	-	1.4	2.0	5.6	6.0	11.4	-	1.8	-	36.7	21.0
	Median	15.8	-	13.5	17.8	26.4	37.8	36.7	-	7.9	-	30.9	22.1
	Maximum	32.8	-	14.9	19.9	31.4	47.7	45.4	-	10.3	-	100.0	100.0
	Minimum	7.1	-	11.0	15.4	17.9	29.3	22.8	-	6.1	-	21.3	6.1
Cake dry weight ratio**** (%)	Average	24.3	22.2	24.3	21.6	23.4	12.3	23.0	18.6	20.7	36.9	25.6	21.4
	Standard deviation	1.9	-	1.6	3.4	1.6	1.6	0.1	-	2.6	9.1	16.0	7.2
	Median	24.9	-	24.1	19.5	23.4	12.7	23.0	-	21.0	36.9	20.3	22.4
	Maximum	26.2	-	27.2	26.4	26.4	14.6	23.1	-	23.4	43.3	48.8	48.8
	Minimum	21.2	-	22.1	18.8	22.0	9.7	23.0	-	17.4	30.4	12.9	9.7

* : Liquid part did not exist in either of 2 samples.

** : Liquid part did not exist in 1 of 4 samples.

*** : Cake ratio = (cake weight / total weight (= cake weight + liquid part weight)) × 100

**** : Cake dry weight ratio = (cake dry weight / cake wet weight) × 100

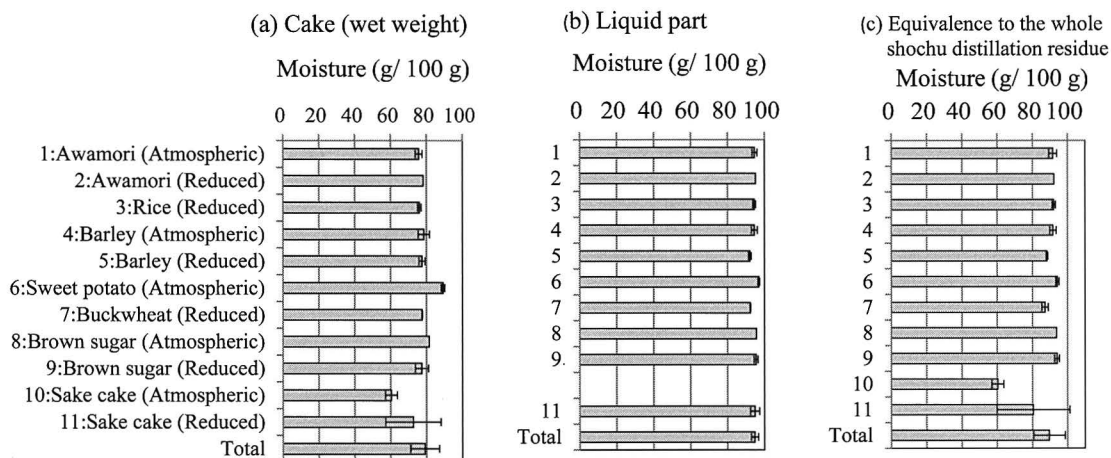


Fig. 1 The content of moisture in shochu distillation residue

均で、たんぱく質 3.2 g, 脂質 0.7 g, 炭水化物 5.9 g, 灰分 0.6 g, 熱量 42.4 kcal であった (Fig. 2 及び Fig. 3)。

3. 葉酸

葉酸はケーキ、液部ともに THF に比べ 5-MTHF が多く含まれていた。ケーキ (乾物) は 100 g あたり葉酸 (THF と 5-MTHF の合計) が平均 381.1 μg 含まれ、米製減圧蒸留粕が 676.2 μg と最も多く、次いで甘藷製常圧蒸留粕が 573.9 μg であった。液部は 100 ml あたり葉酸が平均 10.3 μg 含まれ、甘藷製常圧蒸留粕が 20.9 μg と最も多く、次いで泡盛常圧蒸留粕が 18.7 μg であった。また、焼酎粕換算では 100 g あたり葉酸が平均 34.1 μg 含まれ、酒粕製常圧蒸留粕が 236.3 μg と最も多く、次いでそば製減圧蒸留粕が 52.3

μg であった (Fig. 4)。ここで、米製減圧焼酎粕に関して全麹タイプと全麹タイプ以外の含量を比較すると、ケーキ (乾物) は 100 g あたり全麹タイプが平均 1,038.7 μg, 全麹タイプ以外は平均 404.4 μg, 液部 100 ml あたりでは全麹タイプが平均 4.4 μg, 全麹タイプ以外は平均 5.5 μg, 焼酎粕換算では 100 g あたり全麹タイプが平均 37.5 μg, 全麹タイプ以外は平均 17.8 μg であり、全麹タイプは全麹タイプ以外に比べ 2.1 倍葉酸含量が多かった。なお、同じく米を原料とした全麹タイプである泡盛常圧蒸留粕のケーキ (乾物) は 100 g あたり平均 271.6 μg, 液部は 100 ml あたり平均 18.7 μg, 焼酎粕換算では 100 g あたり平均 27.4 μg であり、焼酎粕換算では米製の全麹タイプと全麹タイプ以外との中間的な値であったが比較的含有

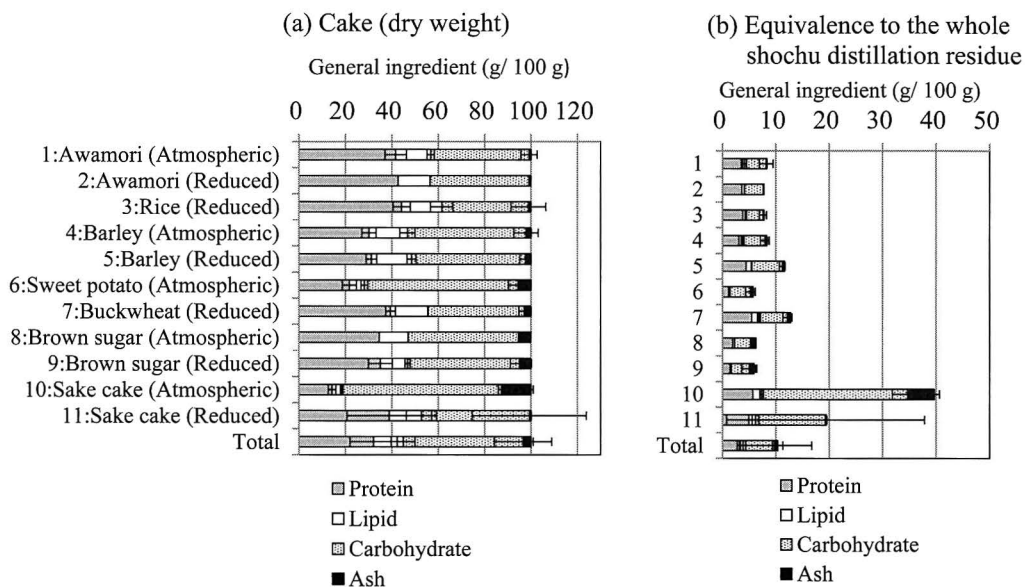


Fig. 2 The content of general ingredients in shochu distillation residue

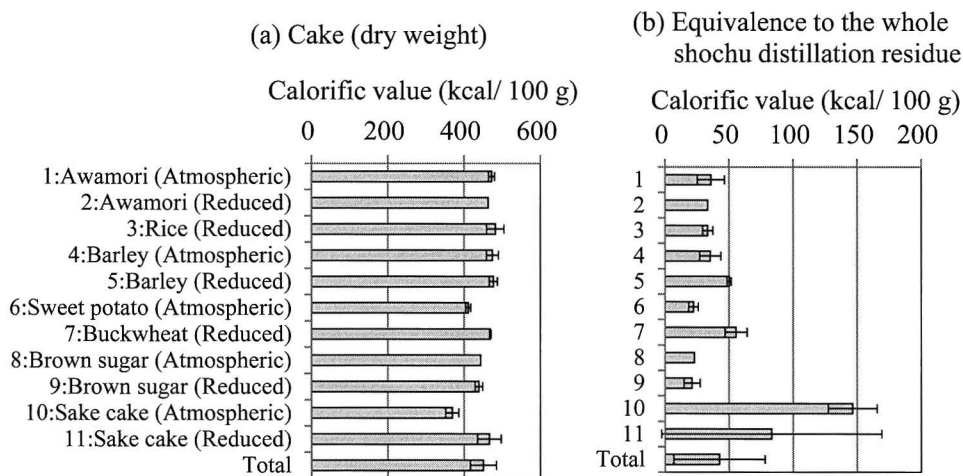


Fig. 3 The content of calorific value in shochu distillation residue

が多かった。

4. ビタミン B₆

ビタミン B₆ に関しては、ケーキ（乾物）は 100 g あたり平均 0.72 mg 含有し、黒糖製常圧蒸留粕が 1.44 mg と最も多く、次いで酒粕製減圧蒸留粕で 1.43 mg であった。液部は 100 ml あたり平均 0.15 mg 含まれ、酒粕製減圧蒸留粕が 0.36 mg と最も多く、次いで黒糖製常圧蒸留粕が 0.30 mg であった。また、焼酎粕換算では 100 g あたり平均 0.17 mg 含まれ、酒粕製常圧蒸留粕が 0.44 mg と最も多く、次いで酒粕製減圧蒸留粕

が 0.35 mg であった (Fig. 5)。

5. SAM

SAM はケーキ（乾物）では 100 g あたり平均 14.5 mg 含有し、酒粕製減圧蒸留粕で 73.9 mg と最も多く、次いで米製減圧蒸留粕で 40.4 mg であった。液部は 100 ml あたり平均 3.0 mg 含まれ、米製減圧蒸留粕が 11.1 mg と最も多く、次いで酒粕製減圧蒸留粕が 9.4 mg であった。また、焼酎粕換算では 100 g あたり平均 3.7 mg 含まれ、酒粕製減圧蒸留粕が 19.9 mg と最も多く、次いで米製減圧蒸留粕が 10.9 mg であった。

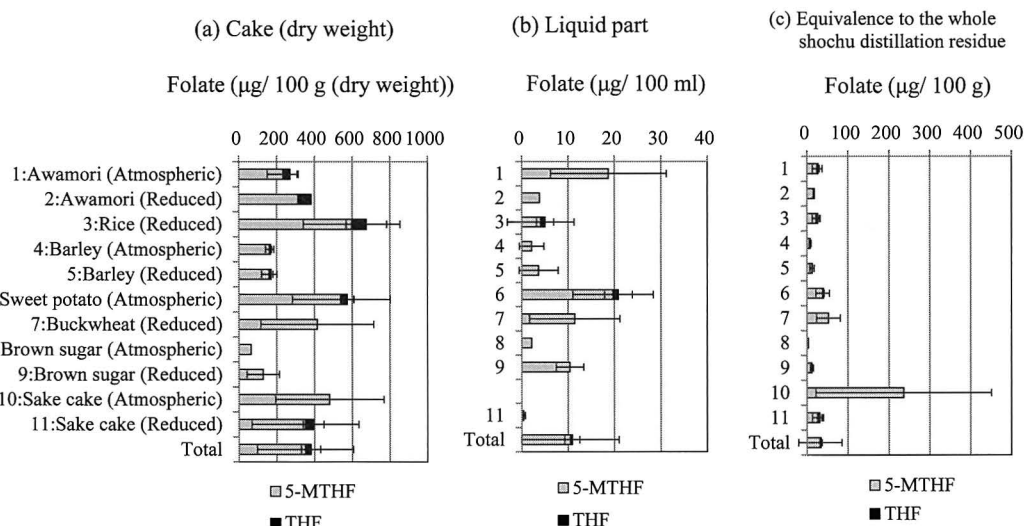


Fig. 4 The content of folate in shochu distillation residue

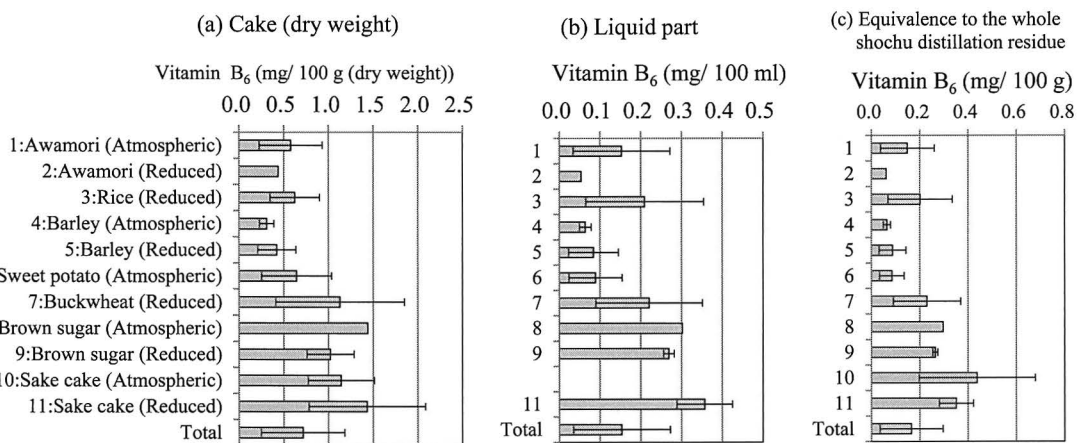


Fig. 5 The content of vitamin B6 in shochu distillation residue

SAMは減圧蒸留粕では含有していたが、常圧蒸留粕ではほとんど検出されなかった (Fig. 6)。ここで、米製減圧蒸留粕に関して全麴タイプと全麴タイプ以外を比較すると、ケーキ(乾物)は100gあたり全麴タイプが平均47.1mg、全麴タイプ以外は平均35.3mg、液部100mlあたりでは全麴タイプが平均14.9mg、全麴タイプ以外は平均8.2mg、焼酎粕換算では100gあたり全麴タイプが平均14.4mg、全麴タイプ以外は8.3mgであり、全麴タイプは全麴タイプ以外に比べ1.7倍SAM含量が多かった。

6. ポリアミン

ポリアミンの種類としては、ケーキ、液部とも

PUTが主体であった。ポリアミン (PUT, SPD, SPMの合計)はケーキ(乾物)では100gあたり平均9.1mg含まれ、酒粕製減圧蒸留粕が14.9mgと最も多く、次いでそば製減圧蒸留粕が13.0mgであった。液部は100mlあたり平均1.3mg含まれ、泡盛常圧蒸留粕が平均2.3mgと最も多く含まれ、泡盛減圧蒸留粕が2.1mgであった。また、焼酎粕換算では、100gあたり平均1.4mg含まれ、泡盛常圧蒸留粕と酒粕製減圧蒸留粕が2.3mgと最も多く含まれていた (Fig. 7)。ここで、焼酎粕ケーキ(乾燥重量あたりの)にポリアミンを高含有する泡盛粕(21.5mg及び28.5mg/100g乾燥重量)の製造諸条件を他の泡盛粕

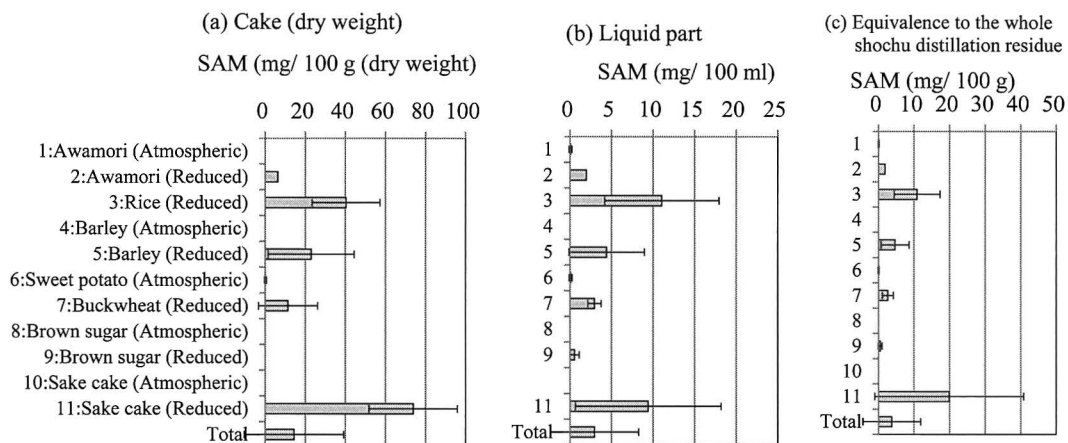


Fig. 6 The content of S-adenosylmethionine (SAM) in shochu distillation residue

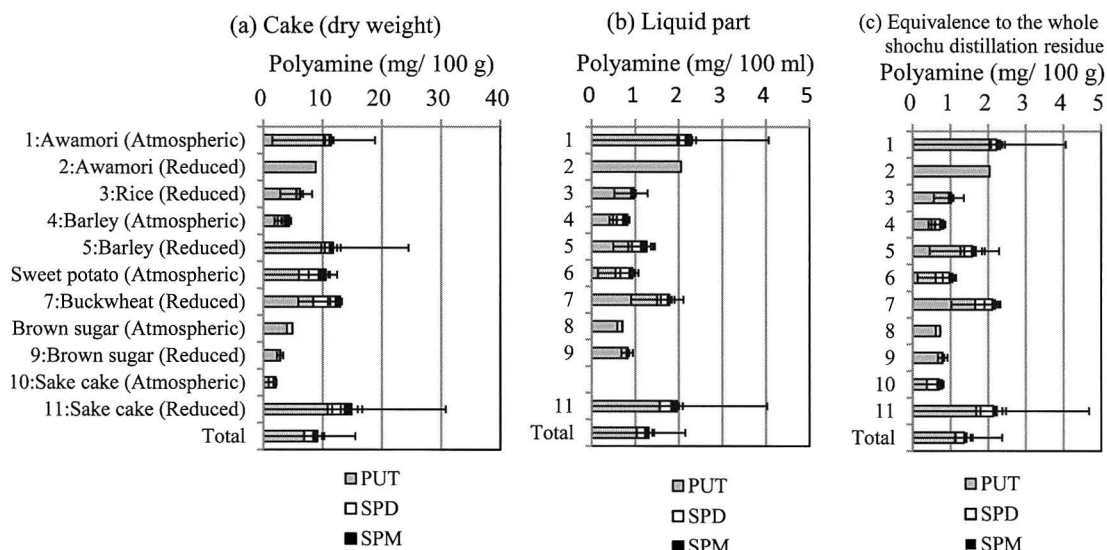


Fig. 7 The content of polyamines in shochu distillation residue

と比較したところ、いずれも三日麴を使用しているという特徴があった。また、米製減圧焼酎粕に関して全麴タイプと全麴タイプ以外の含量を比較すると、ケーキ(乾物)は100gあたり全麴タイプが平均9.3mg、全麴タイプ以外は平均3.9mg、液部100mlあたりでは全麴タイプが平均2.2mg、全麴タイプ以外は平均1.0mg、焼酎粕換算では100gあたり全麴タイプが平均1.4mg、全麴タイプ以外は平均0.8mgであり、全麴タイプは全麴タイプ以外に比べ1.8倍ポリアミン含量が多かった。

考察

焼酎粕換算100gの一般成分は約90%が水分であったが、焼酎粕(乾物)では100gあたり、平均でたんぱく質32.1g、脂質12.7g、炭水化物51.7g、灰分3.4g、熱量450.1kcalとなる。ところで、食品成分データベース⁸⁾の酒粕及び米麴の成分を乾物100gに換算すると、酒粕はたんぱく質30.5g、脂質3.1g、炭水化物48.7g、灰分1.0g、熱量464kcal、米麴ではたんぱく質8.7g、脂質2.5g、炭水化物88.4g、灰分0.4g、熱量427kcalとなる。乾物100gで比較すると、

たんぱく質は焼酎粕、酒粕ともに約 30 g 含まれ、脂質は焼酎粕が酒粕の 4.1 倍含まれていることから、焼酎粕は酒粕と同様にたんぱく質や脂質といった栄養が豊富に含まれることがわかった。

米製減圧蒸留粕では、全麹タイプの焼酎粕が全麹タイプ以外に比べて葉酸含量が多く、また、泡盛常圧蒸留粕についても比較的葉酸含量が多かったことから、麹歩合が葉酸含量に影響を与えている可能性がある。葉酸は焼酎発酵工程中に酵母により生産されると考えられるが、各原料由来の焼酎粕で含量が大きく異なっている。甘藷製常圧蒸留粕で比較的多く含まれることなど、酵母による生産の影響だけではなく、原料に含まれる葉酸の影響も大きいと思われる。今後、甘藷焼酎の製造工程中の葉酸の挙動について調べ、原料や酵母、蒸留の影響について明らかにしたい。なお、葉酸の形態は様々存在することから、THF、5-MTHF 以外の形態の葉酸についても考慮する必要がある。

葉酸が多く含まれる食品・飲料としては、食品成分データベース⁸⁾によると可食部 100 g あたりの含量として焼きのり 1,900 μg (水分 2.3 g)、鶏肝臓 (レバー) 1,300 μg (水分 75.7 g)、牛肝臓 (レバー) 1,000 μg (水分 71.5 g)、玉露浸出液 150 μg などがあり、酒粕は 170 μg (水分 51.1 g) 含まれている。酒粕は乾物換算すると 100 g あたり 347.6 μg の葉酸を有しており、焼酎粕ケーキ (乾物) 100 g は平均 381.1 μg の葉酸を有していることから、酒粕 (乾物) と同等以上の葉酸を含有していることになる。葉酸摂取の推奨量は、成人男子で 240 $\mu\text{g}/\text{day}$ 、成人女子で 240 $\mu\text{g}/\text{day}$ 、さらに妊婦では付加量としてプラス 240 $\mu\text{g}/\text{day}$ とされている。焼酎粕ケーキ (乾物) 100 g は成人の推奨量 (1 日あたり) の 1.6 倍の葉酸を含有している。

ビタミン B₆ は黒糖製焼酎粕などに多く含まれていたが、焼酎発酵中の酵母による生産のほか、原料由来するビタミン B₆ の影響も考えられる。なお、食品成分データベースによると黒砂糖中にはビタミン B₆ が 100 g あたり 0.72 mg と比較的多く含まれている⁸⁾。

ビタミン B₆ を多く含む食品・飲料として、食品成分データベース⁸⁾によると可食部 100 g あたり、にんにく (りん茎、生) 1.53 mg (水分 63.9 g)、みなみまぐろ (赤身、生) 1.08 mg (水分 77.0 g)、酒粕 0.94 mg (水分 51.1 g)、清酒 (純米吟醸酒) 0.14 mg、トマトジュース 0.09 mg などがある。酒粕を乾物換算す

ると 100 g あたり 1.92 mg となり、焼酎粕ケーキ (乾物) は 100 g あたり平均 0.72 mg のビタミン B₆ を有していることから酒粕 (乾物) の 0.4 倍のビタミン B₆ を有していることになる。液部 100 ml は 0.15 mg のビタミン B₆ を含有しており、清酒 (純米吟醸酒)、トマトジュースと同等以上に含まれている。ビタミン B₆ の推奨量は、成人男性で 1.4 mg/day、成人女性で 1.2 mg/day とされている¹⁴⁾。焼酎粕ケーキ (乾物) 100 g は成人男性の推奨量 (1 日あたり) の 0.5 倍のビタミン B₆ を含有していることになる。

SAM は麦製常圧蒸留粕では検出されず、減圧蒸留粕でのみ検出される¹⁵⁾ことが報告されており、我々の結果も同様の傾向であった。常圧蒸留の焼酎粕では SAM がほとんど検出されなかった理由としては、SAM が熱に不安定であることが知られており、蒸留温度の違いにより常圧蒸留の粕では不安定であることが考えられる。また、酒粕製減圧蒸留粕に顕著に含まれる理由としては、SAM が清酒酵母で高生産されること及び蒸留方法が減圧蒸留によるため熱によるダメージを受けにくいことが考えられる。また、全麹タイプの焼酎粕が全麹タイプ以外に比べて SAM 含量が多く、麹歩合が SAM 含量に影響を与えている可能性があると考えられる。実際、麦焼酎もろみ中の SAM 濃度は麹歩合に依存して高くなり、減圧蒸留粕においては蒸留前の約 70% が残存される¹⁵⁾ことが報告されている。

SAM を多く含む食品・飲料として、酒粕 (試料 109 点) が平均 49.2 mg/100 g (3 ~ 210 mg/100 g)⁵⁾、豚レバー 1.8 mg/100 g、にごり酒 2.5 mg/100 ml⁹⁾などが知られている。焼酎粕ケーキ (乾物) 100 g の平均含量は酒粕製減圧蒸留粕で 73.9 mg、米製減圧蒸留粕で 40.4 mg であり、酒粕の水分含量を食品成分データベース⁸⁾記載の 51.1 g/100 g 可食部と推定すると酒粕 (乾物) の SAM は 100.6 mg/100 g となることから、酒粕 (乾物) と比較して、酒粕製減圧蒸留粕は 0.7 倍、米製減圧蒸留粕は 0.4 倍含まれていることになる。また、同様に豚レバーも乾物 100 g に換算すると 6.4 mg となり、酒粕製減圧蒸留粕は豚レバー (乾物) の 11.5 倍、米製減圧蒸留粕では 6.3 倍含まれていることになる。さらに、焼酎粕液部 100 ml は米製減圧蒸留粕が 11.1 mg、酒粕製減圧蒸留粕が 9.4 mg 含まれていることから、にごり酒と比較して米製減圧蒸留粕では 4.4 倍、酒粕製減圧蒸留粕では 3.8 倍含まれている

ことになる。なお、各疾患に対する推奨摂取量は、①うつ：45～1,600 mg/day、②肝障害：100～1,600 mg/dayなどと推定されている⁹⁾。

ポリアミン含量は全麹タイプの米製減圧蒸留粕や泡盛常圧蒸留粕や三日麴を使用したもので多かったことから、麴歩合や製麴方法がポリアミン含量に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

ポリアミン含量 (PUT, SPD 及び SPM の合計) が多い食品としては大豆 15.9 mg/100 g, 小豆 14.9 mg/100 g, マッシュルーム 9.6 mg/100 g, 飲料ではビール 0.4 mg/100 ml がある (いずれも mg/100 g あるいは mg/100 ml に換算)¹⁰⁾。焼酎粕ケーキ (乾物) 100 g は平均 9.1 mg のポリアミンを有しており、大豆の水分含量を食品データベース¹³⁾記載の大豆・全粒・国産・黄大豆・乾の 12.4 g/100 g 可食部と仮定すると大豆 (乾物) は 18.2 mg/100 g となり、大豆 (乾物) と比較して焼酎粕ケーキ (乾物) は 0.5 倍含まれていることになる。焼酎粕液部はポリアミンが平均 1.3 mg/100 ml 含まれ、ビールと比較して 3.3 倍含まれている。なお、ポリアミンはマウスの寿命延長効果が確認された初めての物質であり、ポリアミン含量を高めた餌を正常マウスに投与したところ、血中ポリアミン濃度の増加や、老化に伴う病理学的指標の進行が抑制され、生存率が上昇したと報告されている¹⁰⁾。マウスの寿命促進効果が示されたポリアミン含量 (SPD と SPM の合計) は 30 mg/100 g (食餌中含量) であった (mg/100 g に換算)¹⁰⁾。

焼酎粕の水分含量については、原料や仕込み配合の違いのほか、蒸留時の加熱方法の違い (水蒸気をもろみに直接導入する直接加熱法を用いるか、直接導入しない間接加熱法を用いるか) により変動する。また、本研究において焼酎粕ケーキ中には平均約 80% の水分を含有していたが、ケーキ中の水分含量は、用いた固液分離方法の違いにより影響を受ける。ケーキ中の栄養成分、機能性成分含量はケーキ中に含まれる液に由来する当該成分の影響を受けるため、各製造場では実際の固液分離方法に基づいて得られた試料中の栄養成分、機能性成分含量を分析する必要がある。

焼酎粕は他の食品、飲料と比較して、葉酸、ビタミン B₆、SAM 及びポリアミンを比較的多く含むことが明らかとなった。これらの成果は、焼酎粕の新たな有効利用や付加価値の向上につながるものと期待される。

まとめ

焼酎製造者 30 社から様々な原料や製造条件で製造された焼酎粕 54 点を収集した。収集した焼酎粕は遠心分離によりケーキと液部に分けた。焼酎粕のケーキ割合は平均 28.0% あり、焼酎粕ケーキは平均で水分が 79.1 g/100 g 含まれていた。焼酎粕ケーキ (乾物) 100 g 中には、平均でたんぱく質 32.1 g, 脂質 12.7 g, 炭水化物 51.7 g, 灰分 3.4 g, 熱量 450.1 kcal, 葉酸 (テトラヒドロ葉酸 (THF) 及び 5-メチルテトラヒドロ葉酸 (5-MTHF) の合計) 381.1 µg, ビタミン B₆ 0.72 mg, S-アデノシルメチオニン (SAM) 24.7 mg, ポリアミン (プトレスシン (PUT), スペルミジン (SPD), スペルミン (SPM) の合計) 9.1 mg を含有していた。焼酎粕液部 100 ml 中には平均で葉酸 10.3 µg, ビタミン B₆ 0.15 mg, SAM 3.0 mg, 及びポリアミン 1.3 mg が含まれていた。葉酸はケーキ (乾物) では米製減圧蒸留粕に、液部では甘藷製常圧蒸留粕に多く含まれた。ビタミン B₆ はケーキ (乾物) では黒糖製常圧蒸留粕及び酒粕製減圧蒸留粕に、液部は酒粕製減圧蒸留粕に多く含まれた。SAM はケーキ (乾物)、液部ともに酒粕製減圧蒸留粕及び米製減圧蒸留粕に多く含まれた。ポリアミンはケーキ (乾物) では酒粕製減圧蒸留粕に、液部は泡盛常圧蒸留粕に多く含まれていた。焼酎粕は他の食品、飲料と比較して、葉酸、ビタミン B₆、SAM 及びポリアミンを比較的多く含むことが明らかとなった。これらの成果は、焼酎粕の新たな有効利用や付加価値の向上につながるものと期待される。

謝辞

本研究を実施するにあたり、試料焼酎粕をご提供いただきました全国の焼酎製造者に感謝いたします。また、本研究は日本酒造組合中央会からの委託を受けて実施した研究が含まれます。日本酒造組合中央会に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 熊本国税局, 平成 26 酒造年度 しょうちゅう調査書, (2016)
- 2) 財団法人日本醸造協会編, 醸造物の成分 (財団法人日本醸造協会), 139-141 (1999)

- 3) S. SHIOZAKI, S. SHIMIZU and H. YAMADA: Agricultural Biological Chemistry, **48**, 2293-2300 (1984)
 - 4) 金井宗良ら：特開 2013-063065
 - 5) 森本朋子ら：醸協, **107** (10), 809 (2012)
 - 6) 藤井力ら：日本農芸化学会関西・中四国・西日本支部 2013年度合同大会講演要旨集：94 (2013)
 - 7) 寺本拓生ら：日本農芸化学会 2014年度大会講演発表データベース, 2A08p16 (2014)
http://jsbba.bioweb.ne.jp/jsbba_db/index.html
 - 8) 文部科学省：食品成分データベース, <http://fooddb.mext.go.jp/index.pl>
 - 9) 関口喜則：食品と開発, **45** (8), 57-59 (2010)
 - 10) K. SODA et. al. : Experimental Gerontology, **44** (11) , 727-732 (2009)
 - 11) S. HJORTMO et. al. : Trends in Food Science & Technology, **16**, 311-316 (2005)
 - 12) J. D. M. PATRING et al. : Journal of Agricultural and Food Chemistry, **53**, 2406-2411 (2005)
 - 13) M. KANAI et. al.: Applied Microbiology and Biotechnology, **97** (3), 1183-1190 (2013)
 - 14) 厚生労働省：日本人の食事摂取基準（2015年版）の概要, <http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushinka/0000041955.pdf>
 - 15) 外薮英樹ら：醸協, **100** (12), 877-881 (2005)
 - 16) 西堀尚良：食品と科学, 2011-3, 72-76 (2011)
-