サツマイモ焼酎粕固液分離液を利用したパンの特性

章 超[§], 倉田理恵*, 奥野博紀, 高瀬良和, 吉元 誠*

霧島酒造株式会社

* 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター

Characteristics of Breads Made with Sweet Potato-Derived Shochu Distillery By-product Supernatants

Cho Sho[§], Rie Kurata*, Hironori Okuno, Yoshikazu Takase and Makoto Yoshimoto*

Kirishima Shuzou Co., Ltd. 4-28-1 Shimokawahigashi, Miyakonojo, Miyazaki 885-8588

* National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region (KONARC), 6651-2 Yokoichi, Miyakonojo, Miyazaki 885-0091

Physiological function of breads made with the centrifugal supernatants of sweet potato shochu distillery by-products (SDBS) was determined from the viewpoint of its effective utilization in breads. SDBS supernatants derived from the Koganengan sweet potato with yellow flesh and the Murasakimasari sweet potato with purple flesh were tested in this study. Both SDBS supernatants were low in calories, with various kinds of nutritional and functional ingredients. Sensory evaluation and content of functional components such as γ -aminobutylic acid, citric acid, and polyphenolic components were higher in the SDBS breads than the control. SDBS breads showed significantly higher DPPH radical scavenging activity than the control, reflecting the polyphenolic content. The resultant sweet potato SDB is approved as a food material, which can be used to produce healthier foods. (Received Oct. 15, 2007; Accepted Mar. 25, 2008)

Keywords : sweet potato, shochu distillery by-products, bread, polyphenolic, physiological function

キーワード : サツマイモ, 焼酎蒸留粕, パン, ポリフェノール, 機能性

近年の焼酎ブームにより焼酎生産量が増え、それと同時に焼酎粕も大量に産出されている。平成 17 酒造年度南九州では、年間 494 146 トンのサツマイモ焼酎粕が排出され、このうち 149 388 トンが海洋投棄処分されている¹⁾。ロンドン条約により焼酎粕の海洋投棄が禁止され、これに替わる環境低負荷型の陸上処理技術が要求されている。焼酎製造企業にとって、処理費用の削減のためにも、環境に負荷をかけない、高付加価値処理法の確立が早急の課題となっている。これまで環境保全の見地から、バイオマスとしての有効利用やリサイクルが推進されており、飼料²⁾³⁾としての利用が主な処理法であった。近年、サツマイモ焼酎粕の成分特性を活用した食品素材として再資源化が積極的に研究されている⁴⁾⁵⁾。食品素材以外のその他の新用途としては、サツマイモ焼酎粕に植物成長阻害物質としてカフェエチルが単離・同定され、雑草生長の抑制剤としての利用が期待されている⁶⁾。また、焼酎粕液及びこれを原料とした醸造酢に過酸化脂質ラジカル生成阻害やアンギオテンシ

ン I 変換酵素阻害などの作用も報告されている⁷⁾。これらの報告は、サツマイモ焼酎粕に食品素材として活用可能な栄養成分や機能性成分が含まれていることを示唆している。

著者らは、サツマイモ焼酎粕に含まれる栄養、機能性成分に着目し、付加価値の高い食品素材としての利用について検討してきた。本報告ではサツマイモ焼酎粕の成分特性を明らかにし、水の代わりに焼酎粕固液分離液を利用して焼酎粕パンを試作し、成分特性や機能性を評価した。

実 験 方 法

1. サツマイモ焼酎粕試料

肉色が紫色のムラサキマサリ及び黄色のコガネセンガンの 2 種類の常圧蒸留焼酎粕は霧島酒造(株)の工場(宮崎県都城市)で採取した。焼酎粕原液を 1500 × g, 20 分, 25℃ で遠心分離後、上清を固液分離液として供試した。

2. 焼酎粕固液分離液の成分分析

(1) 焼酎粕固液分離液のエネルギー (平成 15 年厚生労働省告示代 176 号の栄養表示基準によるエネルギー換算係数: たんぱく質, 4; 脂質, 9; 糖質-クエン酸, 4; 食物繊維, 2; クエン酸, 3), 水分 (常圧加熱乾燥法), たんぱく質

〒885-8588 宮崎県都城市下川東 4-28-1

* 〒885-0091 宮崎県都城市横市町 6651-2

[§] 連絡先 (Corresponding author), zhang_chau@kirishima.co.jp

(ケルダール法, たんぱく質換算係数 6.25), 炭水化物 (平成 15 年厚生労働省告示代 176 号の栄養表示基準による計算式: $100 - (\text{水分} + \text{たんぱく質} + \text{脂質} + \text{灰分} + \text{植物繊維})$), 脂質 (酸分解法), ミネラル (原子吸光光度法また ICP 発光分析法), ビタミン (高速液体クロマトグラフ法また微生物定量法), 食物繊維 (酵素-重量法), アミノ酸 (アミノ酸自動分析法), 有機酸 (高速液体クロマトグラフ法) の分析は日本食品分析センターと宮崎県公衆衛生センターに依頼分析した. 仕込み時期が異なるコガネセンガン由来焼酎蒸留粕の固液分離液 3 種類については各 2 回, ムラサキマサリでは 3 回分析し, それらの平均値と標準偏差 (コガネセンガンは $n=6$, ムラサキマサリは $n=3$) を算出した.

(2) 糖質成分の定量は, 高速液体クロマトグラフィー (HPLC) により Shodex 社の方法に従い測定した⁸⁾. 焼酎粕固液分離液を PTFE メンブレンフィルター ($0.45\ \mu\text{m}$, ADVANTEC) でろ過し, その $10\ \mu\text{l}$ を HPLC に注入した. HPLC 装置 (島津製作所, 京都) は, ポンプ; LC-10 ADVP, カラムオープン; CTO-10AVP, 示差屈折計検出器; RID-10A, クロマトパック; C-R1B を用いた. 分析条件は, カラム; Shodex Asahipak NH2P-50 4E カラム ($150 \times 4.6\ \text{mm I.D.}$), カラム温度; 40°C , 移動相; 60% アセトニトリル, 流速; $0.5\ \text{ml/min}$ とした. 糖アルコール試薬; グリセリン, エリスリトール, キシリトール (和光純薬工業(株), 大阪), 糖類標準品; グルコース, マルトース, トレハロース, ラフノース, イソマルトトリオース (Sigma-aldrich Co., St.Louis, U.S.A.) を使用した. 焼酎製造期間中に, コガネセンガン固液分離液を月 1 回ごとに 8 回, ムラサキマサリ固液分離液を週 1 回ごとに 4 回サンプルを採取し, 分析結果の平均値と標準偏差 (コガネセンガンは $n=8$, ムラサキマサリは $n=4$) を算出した.

(3) 総ポリフェノール含量は, Folin-Ciocalteu 法⁹⁾ により測定し, クロロゲン酸 (Sigma 社, St. Louis, U.S.A.) 相当量とした. 96 穴マイクロプレート (IWAKI 社製) の各ウェルにサンプル $25\ \mu\text{l}$ を採取し, これらにフェノール試薬 (ナカライテスク (株), 京都) の 10 倍希釈水溶液 $125\ \mu\text{l}$ を添加して, 3 分間攪拌した. その後, 10% 炭酸ナトリウム (関東化学(株), 東京) 水溶液を添加し, 15 分間攪拌後, マイクロプレート測定付属装置 (MPA-9300) 付きのフライングスポットスキニングデンストメーター CS-9300 (島津製作所, 京都) を用いて, $660\ \text{nm}$ の波長を測定した. なお, サンプルは糖質分析と同一であり, 測定に 3 反復し, 平均値と標準偏差 (コガネセンガンは $n=18$, ムラサキマサリは $n=9$) を算出した.

3. サツマイモ焼酎粕パン

(1) パンの作製

パンの材料配合は, 強力粉 (日清製粉): ドライイースト (日清フーズ(株) DON): 焼酎粕固液分離液または脱イオン交換水を $100\ \text{g} : 1\ \text{g} : 75\ \text{ml}$ とした. 製パンはホームベー

カリ (National SD-BT6) を用い, 発酵及び焼成時間は 4 時間 15 分とした. サツマイモ焼酎粕固液分離液を添加したパンはサツマイモ焼酎粕パン, 焼酎粕固液分離液の代わりに脱イオン水を添加したパンはコントロールパンとした.

(2) パンの官能評価

焼酎粕パンとコントロールパンについて, 堀らの方法¹⁰⁾ に一部改変して, 無特定パネラー 52 名に対し 3 点採点法¹¹⁾ (scoring, 3 点満点) による官能評価を行った. 官能評価の平均値 ($n=52$) を算出し, 結果をグラフに示した.

(3) パンの成分と特性

焼成後の焼酎粕パンとコントロールパンは常温で 2 時間冷却し, そのままポリエチレン袋で真空包装し, 冷凍状態で日本分析センターに郵送した. パンのクエン酸, ミネラル, γ -アミノ酪酸, ビタミン類を 2 回分析 (分析方法は焼酎粕固液分離液方法と同一である) し, 平均値と標準偏差 ($n=2$) を算出し, 成分特性を調べた.

また, 焼成後パンは常温 (25°C) 冷却を行い, 1 時間後そのままポリエチレン袋に入れ, 口を閉めて常温貯蔵し, 高野らの方法¹²⁾ を一部改変してパンの硬さを測定した. 厚さ $20\ \text{mm}$ のパンに対し 25% 圧縮するのに要する圧縮応力 (N/m^2) を硬さ¹³⁾ とした. パンを $20\ \text{mm}$ の厚さにスライスしたのち, パンの中心部クラム部分を測定試料とし, FUDOH レオメーター (RHEOTECH FUDOH RHEO METER, 株式会社レオテック, 東京) を用いて測定を行った. 測定条件は試料台移動速度 $5\ \text{mm/min}$, 荷重範囲フルスケール $2\ \text{kg}$, プランジャーはアルミ製平板型で直径 $15\ \text{mm}$ (面積 $176.6\ \text{mm}^2$), 圧縮率はスライス厚さの 25%, 圧縮回数は 1 回圧縮のみとした. 1 回で 6 点測定, これを 4 回行い, パンクラムの硬さ平均値と標準偏差 ($n=24$) を算出した. 多重検定 (Dunnett の方法) で有意差を検定した.

(4) パンの機能性成分測定

各パンの凍結乾燥粉末 $50\ \text{mg}$ をキャップ付きガラス遠心管に精秤し, 80% エタノール $5\ \text{ml}$ を添加して, 5 分間煮沸してポリフェノール類を抽出し, $1500 \times \text{g}$, 10 分, 25°C で遠心分離後, 上清を供試した. 総ポリフェノール含量は, Folin-Ciocalteu 法により, $660\ \text{nm}$ の波長測定により算出した. ポリフェノール含量はクロロゲン酸相当量とした. DPPH ラジカル消去能の測定は須田らの方法¹⁴⁾ に従った. 96 穴マイクロプレート (IWAKI 社製) の各ウェルにサンプル $75\ \mu\text{l}$ を入れ, これらに $0.1\ \text{M}$ MES (PH 6.0) $150\ \mu\text{l}$ を添加して, 30 分間攪拌した. その後, 100% エタノールで溶かした DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl, 和光純薬工業(株), 大阪) $75\ \mu\text{l}$ を添加し, SHIMADZU CS-9300 PC を用いて, $520\ \text{nm}$ の波長を測定した. ラジカル消去能 (IC_{50}) は Trolox (6-Hydrox-2,5,7,8-TetramethylChroman-2-C50arboxylic Acid, 和光純薬工業(株), 大阪) 相当量で示した. なお, 測定は 1 サンプルに 3 回測定の平均値を 1 反復とし, 19 回反復の平均値と標準偏差 ($n=57$) を算出

表 1 サツマイモ焼酎粕固液分離液の成分比較 (100 g 当り)*

	コガネセンガン	ムラサキマサリ
エネルギー (kcal)	13.0±2.0	16.0±1.0
水分 (%)	96.3±1.6	95.5±0.7
タンパク質 (g)	0.8±0.1	0.8±0.1
脂質 (g)	微量	微量
炭水化物 (g)	2.4±0.7	3.2±0.3
灰分 (g)	0.5±0.1	0.5±0.1
ナトリウム (mg)	5.6±0.12	4.2±0.07
カルシウム (mg)	1.1±0.35	1.5±0.16
カリウム (mg)	249±38	219±23
マグネシウム (mg)	13.8±1.1	14.2±0.6
リン (mg)	29.3±3.1	35.1±0.8
鉄 (mg)	0.44±0.13	0.17±0.09
銅 (μg)	38±11	31±6
亜鉛 (mg)	0.42±0.13	0.26±0.09
ビタミン B1 (mg)	0.03±0.01	0.04±0.01
ビタミン B2 (mg)	0.07±0.03	0.05±0.01
ビタミン B6 (mg)	0.13±0.03	0.12±0.02
ビタミン C (mg)	3.0±0.5	4.0±0.2
食物繊維 (mg)	300±60	390±30
クエン酸 (mg)	401±52	427±60
ポリフェノール (クロロゲン酸相当量 mg)	98±19.3	339±13.1
アントシアニン (デルフィニジンとして mg)	0.0±0.0	70.0±7.0

* ± : 標準偏差

した。多重検定 (Dunnett の方法) で有意差を検定した。

4. 統計処理

実験データは平均±標準偏差で表した¹⁵⁾。有意差検定は統計ソフトウェア「SPSS for Windows 10.0.7J」を用いて、コガネセンガン焼酎粕パン、ムラサキマサリ焼酎粕パンをコントロールパンと比較し、有意水準を5%に設定し、統計処理を行った。パンの硬さ (n=24)、パンの総ポリフェノール (n=57) と DPPH ラジカル消去能 (n=57) の測定は Dunnett の多重検定法により有意差の検定 (p<0.05) を行った。

実験結果および考察

1. サツマイモ焼酎粕固液分離液の栄養および機能性成分

コガネセンガン及びムラサキマサリ焼酎粕固液分離液の成分含量を表1に示した。両試料ともに水分は約95%、エネルギーは約15 kcal/100 g 前後であった。栄養成分として、炭水化物、蛋白質、脂質、ミネラル類、ビタミンB類、ビタミンC、食物繊維、クエン酸、ポリフェノールなどを含有していた。上記成分は、両焼酎粕固液分離液ともに検出されたが、ムラサキマサリ焼酎粕固液分離液はアントシアニンを約70±7.0 mg/100 g を含んでおり、コガネセンガン焼酎粕固液分離液では検出されなかった。ポリフェノール含量は、ムラサキマサリおよびコガネセンガン焼酎粕固液分離液で、それぞれ339±13.1 mg クロロゲン酸相当量/100 g および98±19.3 mg クロロゲン酸相当量/100 g で

あった。ムラサキマサリ焼酎粕固液分離液のポリフェノール含量はコガネセンガン焼酎粕固液分離液の約3倍であり、これはアントシアニンがポリフェノールとして検出されたためである。以上の結果から、サツマイモ焼酎粕固液分離液には多種類の栄養および機能性成分が含まれていることが示された。

2. サツマイモ焼酎粕パンの成分特性

コガネセンガンまたはムラサキマサリ焼酎粕固液分離液を水の代わりに添加して製造したパンの一般成分を表2に示した。サツマイモ焼酎粕パンはコントロールパンよりミネラル類およびビタミン類の含量が高かった。特に、コントロールパンに対して、サツマイモ焼酎粕パンではカリウム、γ-アミノ酪酸 (GABA) が約2倍、クエン酸は約15倍増加した。カリウムおよびGABAは血圧降下作用、クエン酸は疲労回復等の機能性が認められており、焼酎粕固液分離液の添加はパンの機能性向上への寄与が期待できる^{16)~18)}。

3. サツマイモ焼酎粕パンの機能性

サツマイモ焼酎粕パンとコントロールパンのポリフェノール含量とDPPHラジカル消去能を比較した (図1)。コントロールパンに対して、ムラサキマサリ焼酎粕パンでは総ポリフェノールが約6倍、DPPHラジカル消去能は約22倍、コガネセンガン焼酎粕パンでは総ポリフェノールが約4倍、DPPHラジカル消去能は約13倍に増加した。ラジカル消去能の上昇は焼酎粕固液分離液に含まれるポリ

表 2 焼酎粕パンとコントロールパンの成分比較

	コガネセンガン (黄色)	ムラサキマサリ (紫色)	コントロール (白色)
	mg/100 g ± 標準偏差		
クエン酸	170 ± 20	140 ± 30	10 ± 10
γ-アミノ酪酸	8.0 ± 2.0	7.0 ± 1.0	3.0 ± 0.1
カリウム	177 ± 29	172 ± 23	91 ± 8
ナトリウム	4.2 ± 0.4	2.8 ± 0.2	1.7 ± 0.1
マグネシウム	25.1 ± 1.7	24.6 ± 1.3	19.8 ± 0.02
亜鉛	0.62 ± 0.08	0.61 ± 0.03	0.51 ± 0.01
鉄	0.56 ± 0.07	0.59 ± 0.04	0.48 ± 0.02
マンガン	0.30 ± 0.05	0.36 ± 0.08	0.26 ± 0.02
リン	80.0 ± 2.1	78.7 ± 1.3	68.2 ± 0.3
ナイアシン	1.57 ± 0.14	1.82 ± 0.08	1.44 ± 0.12
ビタミン B1	0.12 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.01
ビタミン B2	0.10 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.04 ± 0.01
ビタミン B6	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.06 ± 0.01

図 1 焼酎粕パンとコントロールパンの総ポリフェノールと DPPH ラジカル消去能 (各値は平均値 ± 標準偏差)

* コントロールパンと比較した焼酎粕パンの有意差 (P < 0.05), エラーバー: 標準偏差 (±SD)

フェノールによると推察される¹⁹⁾。

4. サツマイモ焼酎粕パンの物理学的特性

サツマイモ焼酎粕パンとコントロールパンの硬さについて比較した。厚さ 20 mm のパンに対し 25% 圧縮するのに要する圧縮応力 (N/m²) を硬さとし、焼成後 1 時間 (0 日) から、4 日間の貯蔵中におけるパンの硬さを図 2 に示した。焼成後の各パンの硬さは、コントロールとコガネセンガン焼酎粕パンは同程度で、 1.11×10^3 N/m² の値を示し、ムラサキマサリ焼酎粕パンの硬さは 1.66×10^3 N/m² であった。貯蔵 4 日後のコントロールパン、コガネセンガン焼酎粕パン、ムラサキマサリ焼酎粕パンの硬さは、それぞれ 6.66×10^3 N/m², 5.13×10^3 N/m², 5.96×10^3 N/m² に変化した。統計処理では、貯蔵 2 日目、3 日目、4 日目のコガネセンガン焼酎粕パン及び貯蔵 4 日目のムラサキマサリ焼酎粕パンはコントロールパンより有意的に硬くなり、にくい結果を示し

た。これらの結果は、焼酎粕を添加したことに起因すると示唆された。澱粉加工品の老化防止には、糖類が関与しているので、焼酎粕固液分離液の糖成分について分析し、結果を表 3 に示した。グリセリン、エリスリトール、キシリトール、グルコース、マルトース、トレハロース、ラフィノース、イソマルトトリオースが検出された。グルコース、マルトース、ラフィノース、イソマルトトリオースは発酵残留糖質、糖アルコールはアルコール発酵の副産物である²⁰⁾。トレハロースは焼酎酵母由来²¹⁾と考えられる。分析した糖質及び関連成分において、イソマルトトリオース以外はムラサキマサリ焼酎粕固液分離液が相対的に高い値を示した。特に、グリセリンとトレハロースは約 2 倍、キシリトール及びマルトースは約 3 倍の高い値を示した。これらの成分組成はムラサキマサリ焼酎粕パンがコガネセンガン焼酎粕パンより硬くなり、にくいことに反映している。以

図 2 焼酎粕パンとコントロールパンの硬さの変化 (各値は平均値±標準偏差)

* コントロールパンと比較した焼酎粕パンの有意差 (P<0.05), エラーバー: 標準偏差 (±SD)

表 3 焼酎粕固液分離液の糖質成分

	コガネセンガン	ムラサキマサリ
	mg/100 g ± 標準偏差	
グリセリン	1380 ± 260	2570 ± 350
エリスリトール	310 ± 90	380 ± 80
キシリトール	80 ± 40	230 ± 40
グルコース	90 ± 40	120 ± 10
マルトース	60 ± 30	170 ± 20
トレハロース	100 ± 10	180 ± 20
ラフノース	190 ± 90	270 ± 80
イソマルトトリオース	20 ± 10	20 ± 10

上の結果から、焼酎粕パンの老化防止には、トレハロースやグリセリンなどの成分が関与していることが推察される²²⁾²³⁾。

5. サツマイモ焼酎粕パンの官能評価

パンの官能評価では、無特定パネラー 52 名により外観、色調、香り、味、総合評価の 5 項目¹⁰⁾のそれぞれについて 3 点法 (3 点満点, 1. 悪い, 2. 普通, 3. 良い) により評価した (図 3)。香りと味はコガネセンガン焼酎粕パン、色はムラサキマサリ焼酎粕パンが高い評価を得た。外観および色相は焼酎粕パンとコントロールパンで差が見られなかった。総合評価でもサツマイモ焼酎粕パンはコントロールパンより高い評価を得た。

焼酎粕を添加したパンでは、焼酎粕特有の臭いが緩和され、自然の甘みを感じられ、さらにしっとり感も無添加のパンに比べて優れていた。これは、表 3 に示した糖類や糖アルコール類を反映していることが推察された。

今回焼酎粕固液分離液を添加したパンにおいてラジカル消去能の上昇に貢献していると推察されるポリフェノール組成については言及しなかったが、コガネセンガン焼酎粕

図 3 焼酎粕パンとコントロールパンの官能評価結果 (平均値) (採点法)

のポリフェノール組成については報告されている¹⁹⁾。現在、ムラサキマサリ焼酎粕固液分離液のアントシアニンを含めたポリフェノールの組成について検討中であり、今後報告予定である。

要 約

サツマイモ焼酎粕の有効利用の一環として、サツマイモ焼酎粕とサツマイモ焼酎粕パンの成分特性について検討した。

(1) サツマイモ焼酎粕固液分離液には栄養成分および機能性成分が豊富に含まれている。

(2) サツマイモ焼酎粕パンにはミネラル、ビタミン、 γ -アミノ酪酸、クエン酸、ポリフェノール等の成分が豊富に含まれている。

(3) サツマイモ焼酎粕パンはコントロールパンよりラジカル消去能が高い。

(4) サツマイモ焼酎粕固液分離液を添加したサツマイモ焼酎粕パンは食味、香り、色調が良く、硬くなりにくい。

以上のことから、焼酎粕の成分特性を活かした高付加価値、良食味のサツマイモ焼酎粕パンの開発を通して、サツマイモ焼酎粕固液分離液が、食品素材として利用可能なことが明らかとなった。

文 献

- 1) 熊本国税局, 蒸留粕の処理状況, 平成 17 酒造年度 しょうちゅう調査書, pp. 8 (2006).
- 2) 林國興, 大谷敬亨, 上野倫睦, 濱元 優, 大塚 彰, 吉永和美, 中川一朗, 乳牛飼料ならびにサイレージ添加物としての固液分離甘藷焼酎粕の利用, 日畜会報, **46**, 35-37 (2003).
- 3) Mahfudz, L.D., Hayashi, K., Ikeda, M., Hamada, K., Ohtsuka, A. and Tomita, Y., the effective use of shochu distillery by-product as a source of broiler feed. *Jpn. Poult. Sci.*, **33**, 1-7 (1996).
- 4) 横山定治, 垂水彰二, 乙類焼酎粕を利用した減塩調味料の生産および性質, 生物工学, **79**, 211-217 (2001).
- 5) 森村 茂, 河野邦晃, 韓蓮淑, 関 孝弘, 重松 亨, 木田建次, 芋焼酎蒸留残渣からの醸造酢の製造および醸造酢凍結乾燥物の食餌投与による抗腫瘍活性評価, 生物工学, **82**, 573-578 (2004).
- 6) 奥野成倫, 田原秀隆, 浮田和貴, 森山和之, 平井伸博, 吉元誠, サツマイモ焼酎廃液に含まれる植物生長阻害物質カフェ酸エチルの単離と同定. 食科工, **53**, 207-213 (2006).
- 7) Ye, X.J., Morimura, S., Han, L.S., Shigematsu, T. and Kida, K., *In vitro* evaluation of physiological activity of vinegar produced from barley, sweet potato, and rice-shochu post-distillation slurry, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **68**, 551-556 (2004).
- 8) 単糖, 二糖, 糖アルコール (カラム NH2P-50 4E), *Shodex Chromato News*, **78**, 1-4 (1998).
- 9) Islam, M.S., Yoshimoto, M., Yahara, S., Okuno, S., Ishiguro, K. and Yamakawa, O., Identification and characterization of foliar polyphenolic composition in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes. *J. Agric. Food. Chem.*, **50**, 3718-3722 (2002).
- 10) 堀 光代, 長野宏子, 岐阜県内産小麦粉の製パン性について, 岐阜市女子短期大学研究紀要, 第 54 輯, pp. 113-117 (2005).
- 11) 山口静子, 味の科学 (官能評価), 「発酵と醸造Ⅲ」, 第 1 版, 東 和男編, (光琳, 東京), pp. 260-267 (2004).
- 12) 高野博幸, パンの品質, 「製パンプロセスの科学」, 第 1 版, 田中康夫, 松本博編, (光琳, 東京) pp. 226-233 (1991).
- 13) 菊地淑子, 島津裕子, 遠山 良, ゆきちからの製パン特性, 岩手県工業技術センター研究報告, 第 12 号, pp. 20-25 (2000).
- 14) 須田郁夫, 緒方裕子, 水城尚美, 高畑康浩, 西場洋一, DPPH 分光法による有色農産物・食品のラジカル消去能の測定, 九州農業研究, **61**, 32 (1999).
- 15) 武藤真介, 記述統計, 「統計解析ハンドブック」, 第 1 版 (朝倉書店, 東京), pp. 38-39 (1995).
- 16) 佐伯 宏, 排水処理 (食品素材としての利用), 「本格焼酎製造技術」, 第 1 版, 日本醸造協会編, (三盛社, 東京), pp. 317-318 (1991).
- 17) 松原 大, 上野裕文, 宗行哲, 只野健太郎, 陶山 徹, 今泉記代子, 鈴木淑水, 曲田清彦, 菊地範昭, 中道 昇, 熊谷裕生, 猿田享男, γ -アミノ酪酸 (GABA) 含羞錠剤食品の血圧に及ぼす影響と安全性の評価, 薬理と治療, **30**, 963-972 (2002).
- 18) 北本勝ひこ, 本格焼酎とその副産物 (焼酎粕) の機能性, 「醸造物の機能性」, 第 1 版, 外園英樹, 大森俊郎, 岡崎直人編, (日本醸造協会, 東京), pp. 13-17 (2007).
- 19) Yoshimoto, M., Azuma-K, R., Fujii, M., Hou, D. X., Ikeda, K., Yoshidome, T., and Osako, M., Phenolic composition and radical scavenging activity of sweetpotato-derived shochu distillery by-products treated with koji. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **68**, 2477-2483 (2004).
- 20) 秋田 修, アルコール, 「醸造物の成分」, 第 1 版, 日本醸造協会編, (新日本印刷, 東京), pp. 21-27 (1999).
- 21) Zhang, Y.L., Morimura, S. and Kida, K., Effect of Fermentation Temperature on Relationship between Cell Viability and Trehalose Content of *Seccharomyces cerevisial* KF-7 in Repeated-Batch Fermentior. *J. Ferment. Bioeng.*, **80**, 204-207 (1995).
- 22) 鈴木綾子, 新しい食品糖質と調理・食品加工, 「糖質の科学」, 第 1 版, 新家 龍, 南浦能至, 北畑寿美雄, 大西正健編, (朝倉書店, 東京), pp. 141-145 (2003).
- 23) 木原敏博, 川島清輝, 平成 11 年度「食品添加物の一日摂取量調査研究」の結果について, 札幌市衛研年報, 第 27 巻, pp. 91-97 (2000).

(平成 19 年 10 月 15 日受付, 平成 20 年 3 月 25 日受理)