水熱反応によるサツマイモ焼酎粕の機能性の向上

米元俊一^{*1,3}・森山正宗¹・竹迫寿一¹・安藤浩毅²・侯徳興³・藤井信³
(¹ 薩摩酒造(株)・² 鹿児島県工業技術センター・³ 鹿児島大学大学院連合農学研究科)

平成 21 年 10 月 28 日受理

Enrichment of functional ingredients of a sweet potato *Syochu* distillery by-product treated
by hydrothermal reaction

Toshikazu YONEMOTO^{1,3}・Masamune MORIYAMA¹・Toshikazu TAKESAKO¹・Hiroki ANDO²・
De-Xing Hou³・Makoto FUJII³

(¹ Satsuma Syuzo Co., Ltd, 26 Tategamihonmati, Makurazaki, Kagoshima, 898-0025,

² Kagoshima Prefectural Institute of Industrial Technology, 1445-1 Oda, Hayato, Kirishima, Kagoshima, 899-5105,

³ The United Graduate School of Agricultural Science, Kagoshima University, 1-21-24, Korimoto, Kagoshima-City, 890-0065)

Amounts of *Syochu* distillery by-product (SDB) have increased recently according to the demands for *Syochu* in Japan. SDB was reported to have high nutritious and physiological functions. Subsequently effective utilization was requested from the viewpoint of ecology. Especially, supernatants of SDB have been researched recently with various kinds of nutritious and functional ingredients to make new drinks and foods as new basic materials. We researched the hydrothermal reaction to this SDB to produce oligosaccharide and promote functional properties. Supernatants of SDB treated by hydrothermal reaction showed significantly lower waste-like smell and higher Bifidobacterium activity and DPPH radical scavenging activity than controls, and the content of resistant starch to digestive starch was increased. The main components of oligosaccharide was xylo-oligosaccharide. The resultant sweet potato SDB treated by hydrothermal reaction (160-180°C, 5-10min) is recognized to be a significant material which can be used to produce healthier foods and drinks.

Key words : 焼酎粕, ビフィズス菌, 水熱処理, 機能性

緒 言

本格焼酎製造過程で排出される焼酎粕は、本格焼酎の増産によりその量も大幅に増加している。平成 17 酒造年度の焼酎粕排出量は南九州 4 県で 82 万トン、鹿児島県で 48 万トンにも上り、平成 13 酒造年度の約 2 倍に達した¹⁾。しかし、ロンドン条約により海洋投入の削減が要請されており、焼酎粕の処理法はメタン発酵や濃縮・乾燥による飼料・肥料化など陸上処理へ

移行しつつある。

一方、サツマイモ焼酎粕には食物繊維、アミノ酸、糖類、有機酸、ビタミン、ミネラル、ポリフェノールなどが含まれ、栄養面での有用性が再認識される中、新たな機能性も多々報告^{2~4)}されており、廃棄物という概念から脱却した新しい機能性食品素材としての研究開発が盛んになってきている。特に固液分離した液部はパン⁵⁾、もろみ酢⁶⁾や乳酸菌飲料⁷⁾、ビフィズス菌飲料⁸⁾など新たな飲料素材としての研究が進められ、

商品化もされている。しかし、サツマイモ焼酎粕の固形部にはセルロース 48.9%, ヘミセルロース 13.8%, デンプン 12.9%, ペクチン 9.8%が含まれ、植物系バイオマスとしての一面も持ち合わせている⁹⁾にもかかわらず、十分に有効利用されているとはいえない。

植物系バイオマスは、最近の地球環境の問題や石油資源枯渇の問題からバイオリファイナリーの概念が注目されている¹⁰⁾。しかし、それを利用するためには前処理が重要な課題となっている。現在、酵素法、硫酸法（希硫酸法）、水熱処理法、メカノケミカル法など様々な方法が検討されている¹¹⁾が、中でも加圧熱水を用いた水熱処理法¹²⁾は、水分を多く含む植物系バイオマスに対して有効であり、水熱処理を適用した機能性食品の開発にも期待されている^{13)~16)}。

そこで本報では、サツマイモ焼酎粕の固形部に含まれるヘミセルロースやペクチン、難消化性のデンプンを水熱処理により低分子化し、可溶化することによるサツマイモ焼酎粕の機能性向上について検討を行ったので報告する。

実験方法

1. 水熱処理

サツマイモ焼酎粕の水熱処理は Fig.1 に示すマイクロ波加熱による連続高温高圧処理装置（日本化学機械製造㈱）を用いた。すなわち、100 ℓ のサツマイモ焼酎粕を所定の処理速度になるようにモノポンプで連続供給し、制御温度（T3）が所定温度で安定し、かつ装置内の滞留時間が一定となった後、圧力調節弁（PC）から流出してきた液を 3 ℓ ずつサンプリングした。サンプリング液は急冷後、4℃で冷蔵貯蔵し、各種成分分析および評価試験に使用した。処理条件は処理温度が 150℃～180℃、処理時間は 5 分、10 分とした。

なお本報では、以後サツマイモ焼酎粕を SDB（Shochu Distillery By-product）、水熱処理した SDB を SDB-HR（Hydrothermal Reaction）、さらに固液分離（8,000rpm,10min）して得られた上澄液を SDB および SDB-HR の末尾に S（Supernatants）を加えた SDB-S 及び SDB-HR-S で示す。

Fig. 1 Apparatus for hydrothermal reaction

- T1:Temperature of pipe face
- T2:Temperature of irradiation
- T3:Temperature of control
- T4:Temperature of maintenance
- A:Part of heating
- B:Part of maintenance
- C:Micro-wave transmitter
- D:Treated SDB
- PC:Pressure controller
- M1:Mixer
- M2:Material feeding pump

2. 物理的、化学的評価及び官能評価

1) SDB と SDB-HR の顕微鏡観察

SDB と SDB-HR の性状については顕微鏡観察を行った。

SDB を中和しヨウ素溶液 (2% KI, 0.2% I₂) を加え光学顕微鏡 (ニコン社製, ECLIPSE-800) による観察, また SDB の凍結乾燥品を電子顕微鏡 (キーエンス社製, 3D リアルサーフェイスビュー顕微鏡 VE-9800) で観察した。

2) 難消化性デンプンの定量

難消化性デンプンの定量はレジスタントスターチ・アッセイキット (K-RSTER, メガザイム社) を用いた¹⁷⁾。

3) 固液分離性

SDB 又は SDB-HR を遠心分離 (8000rpm, 10 分) し液部と固形部の容量比率 (%) を求め, その価が高いほど固液分離性が良いと判断した。

4) 遠心分離上澄液の着色度および官能評価

遠心分離上澄液についてその着色状態を写真観察し, 研究所員 6 名をパネラーとして官能検査を行った。

5) 成分分析方法

糖類は高性能イオン交換カラムとパルスドアンヒドメトリー (PAD) を装備した DIONEX 社製の糖分析装置 DX500 で分析した。《分析条件 カラム: Carbpac PA-1 (4 × 250mm), 溶液: A: Water, B: 100mM NaOH, C: 100mM NaOH in 0.5M CH₃COONa, グラジエント: A 90%, B10%, 0-40min → B 95%, C5%, 40-50min → B 90%, C10%, 50-60min → C 100%, 60-75min → B100%, 75-85min → A 90%, B10% 85-100min, 流速: 1.0ml/min, カラム温度: 40℃, 検出器: PAD》以下 HPAE-PAD と記する。

全糖はフェノール硫酸法, 還元糖はソモギーネルソン法, 可溶性タンパク質はローリー法で定量した。

ゲルろ過クロマトグラフィーは Sephadex G-25 (GE Healthcare 社製) を充填したカラム (直径 7cm × 長さ 45cm) を用い, 水を溶離液として溶出液を 100ml ずつ分取した。多糖 (フェノール硫酸法でグルコースとして 5mg 相当量) を 1N 硫酸 10ml 中で 100℃, 3 時間加水分解し, 水酸化バリウム飽和水中で中和した後, 前述の HPAE-PAD で構成糖の糖組成を求めた。

3. ビフィズス菌増殖試験

ビフィズス菌は, 市販品によく使用され, 酸素耐性を有し, ヒト腸管への付着性の強い *Bifid bacterium lactis* BB-12 株 (Chr.Hansen 社, デンマーク)¹⁸⁾ を使用した。

増殖試験フローを以下示す。200ml 三角フラスコに脱脂粉乳 10g, 30% KOH で pH6.7 に調整した SDB-S または SDB-HR-S 45g および水 45g を加えた後, アルミホイルで蓋をし, 90℃ で 10 分間殺菌した。40℃ 以下に冷却してから前培養液 10g を投入し, 37℃ で 8 時間静置培養 (培養時間は, 対数増殖期を経て安定期に入る直前) した。続いて, よく攪拌した培養終了後の液 1ml を滅菌生理食塩水で順次 10 倍希釈し, 希釈液 1ml を TOS プロピオン酸寒天培地で混釈後, 脱酸素剤入り密閉容器にて 37℃, 72 時間嫌気培養した。添加した SDB-S, SDB-HR-S 1ml 当たりの colony formation unit (CFU) を求め, 増殖の指標とした。

4. ポリフェノール含量の定量, 抗酸化能評価

SDS-S 及び SDS-HR-S のポリフェノール含量はフォリン-デニス法によりクロロゲン酸相当量として求めた¹⁹⁾。また抗酸化能は食品機能研究法¹⁹⁾を一部改変して測定した。SDS-S 又は SDS-HR-S, 900μl, 200mM-MES 緩衝液 900μl, 99.5% エタノール 900μl の混合液に 400μM DPPH 900μl を加え攪拌し, 正確に 30 分間反応後に, 520nm における吸光度を測定した。抗酸化能はトロロックスで作成した検量線よりトロロックス相当量として表した。また, SDS-S 及び SDS-HR-S の 100ml にポラパック Q (メタノール-水で洗浄) 5ml を加え, 1 時間攪拌して抗酸化成分を吸着させた。吸着成分を 50ml メタノールで溶出し, 10ml に濃縮した。この操作によって遠心分離上澄液中の抗酸化成分の約 90% が濃縮液中に回収できたので濃縮液 10μl を HPLC に注入した。《分析条件 カラム: ODS HYPERCIL C18 (4.0 × 150mm), カラム温度: 35℃, 流速: 1ml/min, 溶液: A: Water, B: Methanol, グラジエント: B5%, 0-10min → B (5% → 40%), 10-30min → B (40% → 70%), 30-40min → B70%, 40-50min → B (70%), 50-55min. 検出には 280nm を用いた。》

結果及び考察

1. SDB の物理的、化学的性質に及ぼす水熱処理の影

響

(1) SDB の性状変化

SDB と SDB-HR を電子顕微鏡と光学顕微鏡で観察した結果を Fig.2 に示す。電子顕微鏡写真 A と B に示すように、SDB には球状に近い酵母菌が多数観察されたが、SDB-HR には正常酵母菌が少なく、水熱処理の酵母溶解作用が示唆された。後述するように可溶性タンパク質の増加を考慮すると酵母菌体成分の溶出も推察された。

光学顕微鏡写真 C と D では、ヨウ素反応で青く染まる粒子は SDB には観察されず、水熱反応後に青く

染まる部分が多く見られた。SDB-HR を α -アミラーゼで処理すると青色粒子が消滅したことから、未消化のデンプン粒であることを確認した。デンプンのヨウ素染色はアミロースの螺旋構造にヨウ素が取り入れられ発現されると言われる。このことを考えると水熱処理前後でデンプンのヨウ素染色が異なる理由としてデンプン特にアミロースの形態的な違いが示唆されたので、醗酵によって消化されない難消化性デンプン含量を求めた。Table1 に示すように SDB 中のデンプンは難消化性デンプンであったのに対し、SDB-HR のデンプンは殆どが消化性デンプンであり、その量は SDB の

Fig. 2 Microphotograph of SDB and SDB-HR (180°C, 10min)

- A:Electron microscope of SDB
- B:Electron microscope of SDB-HR
- C:Optical microscope SDB
- D:Optical microscope SDB-HR

- a:Yeast cell
- b:Collapsed yeast cell
- c:Cell debris not dyed with iodined
- d:Cell debris dyed blue with iodine
- e:Scale bar 100μm
- f:Scale bar 100μm

難消化性デンプンの約 1/2 であった。このことは水熱処理によってアミロースの形態的变化がおき、難消化性デンプンが消化性デンプンに変わり、消化性デンプンは加水分解及び生じた還元糖の解裂を受けたと考えることが出来る。生じた還元糖の開裂は後述する Fig.5 の水熱処理による還元糖の減少からも推察できる。水熱反応による SDB 中の未利用デンプンのヨウ素反応発現や難消化性から消化性への変換の現象は新たな知見であり水熱反応は SDB 中の未利用デンプンの再利用にも応用できると考えられる。

(2) 固液分離性の向上

Fig.3 に示すように、SDB および SDB-HR の液割合は、未処理の SDB (control) の 75.9% に対し 160℃ から 180℃ まで全ての水熱処理 SDB-HR で 80% を上回

り、固液分離性が向上することがわかった。また沈殿物は SDB ではゆるやかな沈殿であったのに対し SDB-HR では締った沈殿で、固相と液相の分離が極めて容易であるといった利点があった。

(3) 上澄液の着色度

SDB-HR-S の着色状態を Fig.4 に示す。水熱処理の温度が高くなるにつれて、アミノ-カルボニル反応に起因すると思われる褐変着色が強くなった。SDB-HR-S の官能検査を行った結果を Table2 に示す。この結果では処理温度が高くなるにつれて SDB 特有の臭気は弱くなり、コゲ臭が強くなると評価された。香りの相対的なバランスは 160～170℃ が最も良好で、その上澄液は紅茶様の色合いを呈した。

Table 1 Digestive and resistant starch contents in SDB and SDB-HR

Treatment	Digestive starch (%)	Resistant starch (%)	Total (%)
SDB	0.04	0.52	0.56
SDB-HR (180℃ 10min)	0.25	0.01	0.26

Fig. 3 Effect of hydrothermal treatment on the liquid/solid proportion (%) of SDB.

■ Solid
▨ Liquid

Fig. 4 Appearance of SDB-S and SDB-HR-S

Table 2 Evaluation of flavor of SDB treated by hydrothermal reaction

Condition of treatment	Comment of SDB-S & SDB-HR-S
Control (SDB-S)	odor of <i>syochu</i> waste, odor of acetic acid
150°C /10min	weak odor of <i>syochu</i> waste, odor of acetic acid
160°C /10min	weak odor of <i>syochu</i> waste, odor of acetic acid, weak burnt smell
170°C /10min	weak odor of <i>syochu</i> waste, odor of acetic acid, weak burnt smell, bitter, baked flavor of sweet potato
180°C /10min	odor of acetic acid, weak roast smell, strong bitter, baked flavor of coffee
160°C /5min	odor of <i>syochu</i> waste, odor of acetic acid
170°C /5min	weak odor of <i>syochu</i> waste, odor of acetic acid, weak burnt smell
180°C /5min	weak odor of <i>syochu</i> waste, odor of acetic acid, weak burnt smell, bitter

(4) 成分変化

Fig.5 に示すように、全糖は処理温度が180°Cで処理時間が10分間で最大値となり、未処理のSDB (control) の約1.5倍になった。全糖の増加量は処理温度が高いほど多くなるが、処理時間については170°C以上で処理時間5分から10分になると全糖が増加する傾向にあった。一方、還元糖は全糖挙動と異なり、未処理 (control) に7mg/ml含まれた還元糖は水熱処理によって4～4.5mg/mlに減少した。しかし、その減少量と水熱処理条件との関連性は明確でなかった。

可溶性タンパク質は、水熱処理温度が高くなるに従い増加した。処理時間との関係を見ると、180°C処理において5分処理と10分処理の差が顕著になった。

HPAE-PADによる糖分析結果をFig.6に示す。グルコースは150°C水熱処理区で最も少なくなり、未処理のSDBSに含まれるグルコースの98%が消失した。しかし処理温度が160°C以上になるとグルコースは増加傾向にあり、このことは水熱処理ではグルコースの解裂と多糖の加水分解によるグルコースの生成反応が

同時に進行していることを示唆している。

アラビノースおよびガラクトースは水熱処理で大きく変化することはなかったが、キシロースは処理温度が高くなるに従い増加傾向を示した。

水熱処理を施すことにより最も変化が現れる部分はクロマトグラム後半に出現するオリゴ糖画分 (Rt58～62分) にかけ現れるノコギリ状のピーク) で処理温度が高くなるに従い増加した。

そこで多糖、オリゴ糖画分のより詳細な情報を得るため、SephadexG-25カラムで分子量分画を行った。その結果、Fig.7に示すように、フェノール硫酸反応陽性物質 (糖類) は大まかに3画分に分けられた。分子量の大きい順にF1 (Tube No.5～9)、F2 (Tube No.10～12)、F3 (Tube No.13～17) とし、それぞれSDB-SおよびSDB-HR-S中の含量と増加したF1、F2画分の構成糖の割合をTable 3に示す。水熱処理 (180°C, 10min) によって、処理前に比較しF1は約2倍量に増加し、F2は微増、F3は微減となった。水熱処理が高分子糖の遊離、低分子糖の分解に作用したこ

Fig. 5 Effect of hydrothermal treatment on the sugar and protein content in the supernatant liquid of SDB

Total sugar
Reducing sugar
Protein

Fig. 6 HPAE chromatogram of SDB-S and SDB-HR-S (150-180°C, 10min)

a: Arabinose b: Galactose c: Glucose d: Xylose
 e: Control f: 150°C g: 160°C h: 170°C i: 180°C

Fig. 7 Gel permeation chromatogram of SDB-S and SDB-HR-S (180°C, 10min)
 Column: Sephadex G-25 (70 × 450mm)
 Eluent: Water, Flow rate: 10ml/min
 Fraction size: 100ml/Tube
 F1 (Tube 5-9), F2 (Tube 10-12), F3 (Tube 13-17)

○— SDB-S ■— SDB-HR-S

Table 3 Sugar composition of the fractions obtained by gel permeation of SDB-S and SDB-HR-S

	Fraction	Content of sugar (g/100ml)	Rate of composition of sugar (%)				
			Rha	Ara	Gal	Glc	Xyl
SDB-S	F1	0.26	6.6	14.7	18.1	8.9	38.9
	F2	0.13	2.5	10.6	14.3	43.1	9.1
	F3	0.35					
	Total	0.74					
SDB-HR-S (180°C 10min)	F1	0.52	4.8	4.1	10.3	16.2	61.3
	F2	0.17	8.1	21.9	9.2	21.5	21.8
	F3	0.32					
	Total	1.01					

Rha: Rhamnose Ara: Arabinose Gal: Galactose

Glc: glucose Xyl: Xylose GalUA: Galacturonic acid

Content of Sugar (g/100ml) : equivalent to glucose

とが考えられる。構成糖に関しては、F1 画分ではキシロースの変化量が顕著で、その割合は38.9%から61.3%に増加した。しかしF1 画分のガラクトチュロン酸は急減しており、ペクチンは水熱処理によって低分子化することが明らかである。F2 画分ではキシロースおよびアラビノースの割合が増加傾向を示す。このことより水熱処理はキシロースを構成糖とするオリゴ糖の遊離に大きく作用したと考えられる。

2. SDB-HR-S の機能性向上

(1) ビフィズス菌の増殖効果

SDB-HR-S を 45% 加えた試験培地でのビフィズス菌増殖試験結果を Fig.8 に示す。Water blank (SDB-S 又は SDB-HR-S の代わりに水を添加) に対し、SDB-S の添加区ではビフィズス菌数は 2.7 倍に増加した。処理時間 5 分の SDB-HR-S 添加区では、処理温度が高くなるに従いビフィズス菌数は増加し、180℃で 5 分処理の SDB-HR-S 添加区は SDB-S 添加区の 2 倍以上となった。

処理時間 10 分の SDB-HR-S 添加区のビフィズス菌増殖効果はさらに高まり、その効果は処理温度と正の相関にあった。最も効果の高かった 180℃で 10 分処理の SDB-HR-S 添加区では Water blank の 7 倍、SDB-S 添加区の 2.6 倍となった。

次に SDB-HR-S を 90% 添加した試験培地 (スキムミルク 10g, SDB-HR-S 90g) では、5 分処理では処理温度 170℃でビフィズス菌は最も多く、180℃では減少に転じた。10 分処理では処理温度が 160℃で最高に

なり、180℃では減少した。高濃度の SDB-HR-S を含む培地においてはビフィズス菌の増殖が弱まることを確認したが、これは過酷な水熱処理ではビフィズス菌増殖促進成分と同時に阻害成分も生成されるのではないかと考えられる。低濃度の SDB-HR-S を含む培地では阻害成分の濃度が低く、ビフィズス菌の増殖に影響を与えることはないが、高濃度の SDB-HR-S 培地では抑制効果が働いたと考えられる。今回の試験により、ビフィズス菌増殖効果の高い処理条件として 170℃で 5 分及び 160℃で 10 分が適当であると判断した。

(2) ポリフェノール含量および抗酸化能

固液分離上澄液のポリフェノール含量と抗酸化能を測定した結果を Fig.9 に示す。水熱処理温度が高くなるに従い、また処理時間が長いほどポリフェノール含量が増加し、抗酸化能も急激に増加した。これらの機能が最も高かった 180℃で 10 分間処理した SDB-HR-S の抗酸化能は、未処理の 4 倍にも達した。

抗酸化能の増加が、水熱処理による新規抗酸化成分の生成に起因するものかについての情報を得るため、ポラパック Q に吸着された抗酸化成分を C18 カラムで分離し、そのクロマトグラムを Fig.10 に示す。抗酸化成分は紫外外部吸収を伴うものが多いので、今回はポリフェノール等の検出に用いられる 280nm でモニターしたが、SDB-HR-S には SDB-S にはないピークが多数現れた。このことは水熱処理が新規抗酸化成分の生成に作用したことを示唆するもので、それぞれのピークの抗酸化能の確認、及び成分同定については今

Fig. 8 Multiplication of Bifidobacterium in the medium containing SDB-S and SDB-HR-S

A: Supernatant addition: 45%

B: Supernatant addition: 90%

Fig. 9 Effect of hydrothermal treatment on the polyphenol content and anti-oxidative activity in the supernatant liquid of SDB

■ Trolox suitable volume
□ Chlorogenic acid suitable volume

Fig. 10 HPLC of the anti-oxidant fraction of the SDB-S and SDB-HR-S
A: SDB-S (Control) B: SDB-HR-S (180°C, 10min)

後検討する予定である。

要 約

SDB の機能性を向上させるために水熱処理を行い、物理的、化学的、機能的変化を調査した。その結果、以下の知見が得られた。

1. SDB を水熱反応 (150 ~ 180℃) させることにより、難消化性デンプンが消化性デンプンに変わった。また SDB の固液分離性は向上し、遠心分離上澄液の割合は高まった。
2. SDB を水熱処理する SDB 独特の臭いは減少したが、処理が過剰になると焦げ臭の発生、褐変を伴った。飲料および食材としての利用を前提とすると 160℃ ~ 170℃ 処理が適当であると判断された。
3. 水熱処理によって SDB に含まれるグルコースは減少したが、キシロースを主体とする多糖は増加した。また可溶性タンパク質は水熱処理によって増加した。
4. SDB-HR-S を 45% 添加した試験培地においては処理温度が高く、処理時間が長い SDB-HR-S はどビフィズス菌の増殖効果は高まった。しかし 90% 添加した培地では、180℃ で 10 分処理した SDB-HR-S を添加した区で増殖が減少に転じた。増殖効率の高い条件として 90% 添加で 170℃ で 5 分、160℃ で 10 分あたりが適当と判断した。
5. 処理温度が高く、処理時間が長くなるほどポリフェノール量、抗酸化能は高くなった。また、水熱処理によって紫外外部吸収成分 (抗酸化能成分) が生成された。

謝 辞

本研究の一部は経済産業省地域資源活用型研究開発事業 (平成 20 ~ 21 年度) において実施した。水熱処理実験に協力していただいた日本化学機械製造(株)に、またご助言を頂きました (独) 産業技術総合研究所の坂木剛博士に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 熊本国税局編, 平成 17 年度しょうちゅう調査書, 8-9 (2005)
- 2) 古田吉史・外蘭理佐・高下秀春・大森俊郎・石崎文彬・園元謙二: 日本生物工学会誌, **85**, (4), 161-166 (2007)
- 3) 藤井力: 醸協, **104**, (2), 111-118 (2009)
- 4) 大森俊郎: 醸協, **99**, (6), 398-403 (2004)
- 5) 章超, 倉田理恵, 奥野博紀, 高瀬良和, 吉元誠: 日本食品科学工学会誌, **55**, (6), 287-292 (2008)
- 6) 森村茂, 関孝弘, 重松亨, 木田建次: 醸協, **100**, (9), 607-617 (2005)
- 7) 米元俊一, 中野智木, 竹迫寿一, 中治十成, 高峯和則, 青木孝良, 藤井信: 醸協, **104**, (12), 969-977 (2009)
- 8) 経済産業省九州産業局: 鹿児島の焼酎粕と乳成分を用いた新規高濃度ビフィズス菌飲料開発報告書 (2008-2009)
- 9) 鹿児島県: 鹿児島県工業技術センター編, 食品工業生産, リサイクル高度化システム技術開発研究成果報告書 (昭和 60 年度 ~ 平成元年度), 92-107 (1991)
- 10) (財) 地球環境産業技術研究機構, 図解バイオリファイナリー最前線, 10-26 (株) 工業調査会 (東京)
- 11) 遠藤貴士, 矢野伸一, 井上宏之, 澤山茂樹: 日本エネルギー学会誌, **87**, (6), 430-437 (2008)
- 12) 坂木 剛: BIO INDUSTRY., **15** (10), 28-36 (1998)
- 13) 安藤浩毅, 古川郁子, 新村孝善, 梶原進: 鹿児島県工業技術センター研究報告, **21**, 27-30 (2007)
- 14) 林信行, 土井研一: 出願特許 特開 2002-59118 (2002)
- 15) 林信行, 土井研一: 出願特許 特開 2005-314421 (2005)
- 16) 青山政和, 窪田實, 吉田兼之, 武士甲一, 砂川紘之, 岡田迪徳: Bamboo J., **11** (1), 36-40 (1993)
- 17) Megazyme 社編, Resistant Starch Assay Procedure (2002)
- 18) 片山員典, 濱崎芳活, 府中英孝, 阿比留義博, 杉山雅昭, 山口正茂, 辨野義己: 健康・栄養食品研究, **7** (2), 1-9 (2004)
- 19) 篠原和毅, 鈴木建夫, 上野川修一: 食品機能研究法, 213-318 (株) 光琳 (東京) (2000)