

サツマイモ焼酎粕からの機能性糖の抽出による健康食品の創製 — 機能性糖の抽出条件および工業的製法の検討 —

安藤浩毅*, 米元俊一**

Development of Health Food using Functional Sugar Extracted from a Sweet Potato Shochu Distillery By-Product Treated
— Study on Produce Condition of Functional Sugar by Hot-Compressed-Water —

Hiroki ANDO and Toshikazu YONEMOTO

サツマイモ焼酎粕の水熱処理物に含まれる糖質成分を分析し、機能性糖を含む健康食品（サプリメント）の原料である濃縮エキスの製造方法を検討した。その結果、ビフィズス菌増殖促進に関わる主な糖は難消化性デンプン由来の糖類であることを確認した。これらの糖類は初期圧0.5MPa, 180°C, 4~10分程度の水熱処理で容易に生成することから、本条件を水熱処理の基本条件とし、エネルギーコストを抑えた濃縮エキスの製造方法を提案した。さらに濃縮エキス製造ブロックダイアグラムを作成し、実規模での製造技術を明確なものとした。

Keyword : サツマイモ焼酎粕, 水熱処理, 機能性糖, サプリメント

1. 緒 言

焼酎製造の際に副産物として発生する焼酎粕は、平成22酒造年度でその発生量は298千トン、このうちプラント等による処理が206千トン（69%）を占め、次いで、飼料利用が51千トン（17%）、農地還元が41千トン（14%）となっている¹⁾。バイオマスとしての有効利用は行われているが、十分付加価値の高い利用がされているとはいえない。

一方、サツマイモ焼酎粕には食物繊維、アミノ酸、糖類、有機酸などの有用な成分が含まれ、栄養面や健康機能の観点から、もろみ酢²⁾や乳酸菌飲料³⁾、ビフィズス菌飲料⁴⁾など新たな飲料素材としての開発が進められている。

そのような中、焼酎粕を遠心分離機で固液分離した上澄みの液部（以下、上澄み液）を直接利用するより、焼酎粕を一度160~180°Cの温度で水熱処理することで、熱を加えない未処理の焼酎粕に比べて整腸作用ビフィズス菌の増殖促進や、抗酸化能の増加など機能が向上することが見いだされた⁵⁾。

図1は、水熱処理した焼酎粕の上澄み液を45%加えた試験培地でビフィズス菌の増殖を調べたものであるが、ブランクの水に対し、焼酎粕の上澄み液では約2.7倍に増加し、水熱処理を5分施した焼酎粕の上澄み液を添加すると、処理温度が高くなるに従いビフィズス菌数は増加し、180°Cで5分処理したものでは、水熱処理を施さない未処理に比べて約2倍に増加した。

サツマイモ焼酎粕は、94~95%の水分と5~6%の固形物からなり、その固形物（乾物）中には、11.9%のデンプ

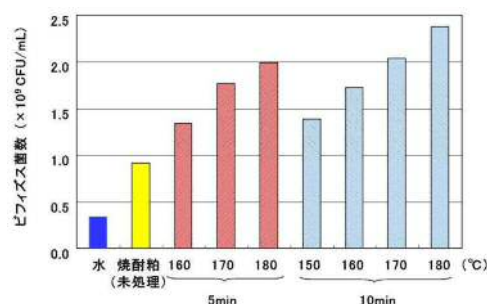


図1 熱水処理されたサツマイモ焼酎粕の上澄み液を含む培地中でのビフィズス菌の増加⁵⁾

ン、1.6%のペクチン質、13.8%のヘミセルロース、48.9%のセルロース、19.1%のリグニン及び灰分、4.7%のその他の成分が含まれている⁶⁾。飽和蒸気圧以上に加圧された100~300°Cの液体状態の熱水（加圧熱水）の中では、酸やアルカリなどの触媒を加えなくても加圧熱水のみで植物の構成成分であるヘミセルロースやセルロースなどを容易にオリゴ糖・単糖化する⁷⁾。このことから、ビフィズス菌の増殖促進には特定の水熱処理条件下で生成するオリゴ糖や単糖類の関与が考えられる。

そこで、焼酎粕に含まれる水に溶けない固形物を水熱処理により効率良く加水分解し、ビフィズス菌の増殖に関与する糖類、およびそれらが効率良く生成する水熱処理条件を詳細に調べた。

また、サツマイモ焼酎粕から健康食品（以下、サプリメント）を作るための製法を検討し、サプリメント原料である濃縮エキスを製造する実用的な製法を提案すると共に、サツマイモ焼酎粕の水熱処理エキスの試作を行った。

*食品・化学部

**薩摩酒造株式会社

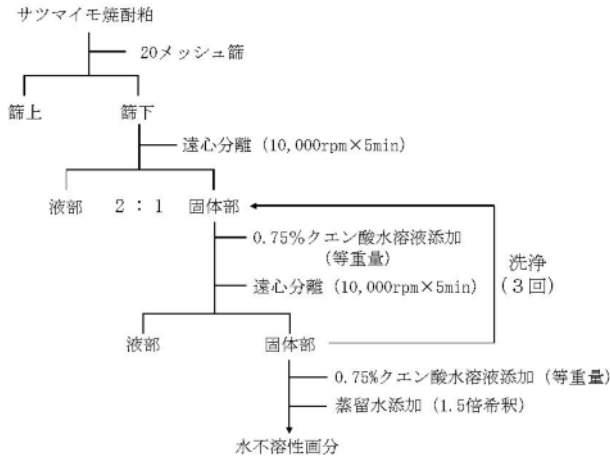


図2 水不溶性画分の試料調製

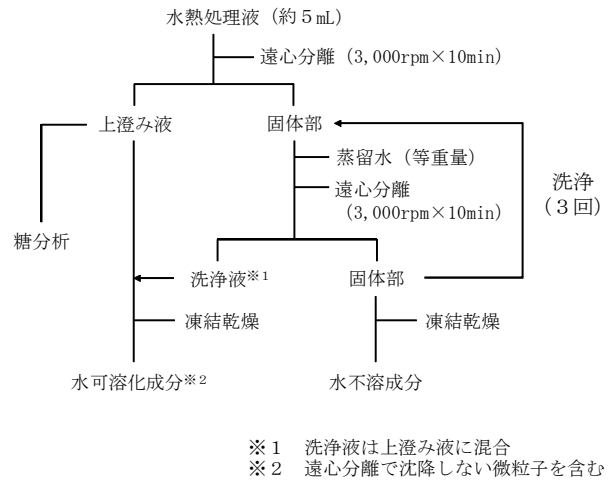


図4 分析手順

※1 洗浄液は上澄み液に混合
 ※2 遠心分離で沈降しない微粒子を含む

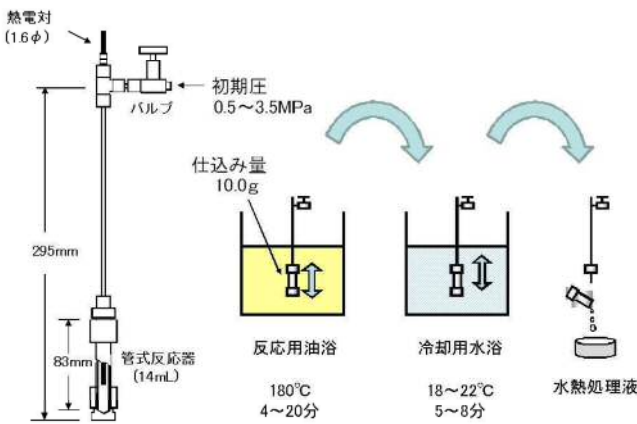


図3 反応装置および水熱処理の操作

2. 実験方法

2.1 供試試料

焼酎工場より排出されるサツマイモ焼酎粕を原料とし、図2に示す手順で水不溶性画分を調製し、供試試料として用いた。

2.2 水熱処理実験

水熱処理実験は、図3に示す管式反応器に水不溶性画分を10g仕込み、初期圧0.5~3.5MPa、180°Cに設定した油浴または塩浴に入れて、所定時間(4~20分)上下に振とうさせ、水熱処理後、直ちに水浴に入れて冷却した。水熱処理後の水不溶性画分は、図4に示すように約5mLを遠心分離(3,000rpm×10min)により上澄み液を回収し、残りの固体部に等重量の水を加えて残存する水可溶化成分を溶出させ回収した。なお、この操作を3回繰り返し、上澄み液はまとめて凍結乾燥し、水可溶化成分として回収した。同様に遠心分離後の固体部も凍結乾燥し、水不溶成分として回収した。

2.3 成分分析

水熱処理前後の上澄み液に含まれる糖分析は、既報⁷⁾に従って、陰イオン交換カラム(DIONEX, CarboPac PA-1)

による糖分析装置(DX500, 日本ダイオネクス製)を用いて分析した。また、標準試薬として和光純薬工業(株)製、生化学用のマルトース(M2)および3~8糖のマルトオリゴ糖、試薬一級のα-D-ガラクトuron酸(1水和物)を使用した。また、単糖はSIGMA製のアラビノース、ガラクトース、グルコース、キシロースを用いた。

2.4 サツマイモ焼酎粕水熱処理エキスの試作

サツマイモ焼酎粕に含まれる皮、粗繊維をあらかじめパルパーフィニッシャー((有)セイケンエンジニアリング製)を用いて取り除き、これを水熱処理エキスの粗原料とした。粗原料は、スクリュージェカンター(齋藤遠心機工業(株)製)を用いて固液分離(2500G)を行い、固体部と上澄み液は等重量で混合した後、攪拌・加熱殺菌を行った。加熱殺菌については、その後に行われる水熱処理が連続的に行われる場合は不要である。固液混合した混和粕は、水熱処理装置(マイクロ波加熱による連続式高温・高圧処理装置, 日本化学製造(株)製)を用いて、2MPa下で180°C、5分程度(滞留時間)の水熱処理を行い、得られた処理液に等重量の水を加えてスクリュージェカンターで上澄み液を分離した。この時の水の添加は、水熱処理液の粘性を下げ、作業性をよくすると共に、固液分離を容易にするためである。固液分離後の上澄み液は、濃縮機(NXミキサー, 日本化学機械製造(株)製)でサプリメントの原料となる濃度(Brix 20%)まで減圧濃縮を行った。

3. 結果及び考察

3.1 反応器内の温度変化

水熱処理による管式反応器内の温度変化を図5に示す。この結果から、所定温度に達するまでの時間は、平均すると3分程度を要し、また常温まで、もどる冷却時間も2~3分を要した。なお、ここでの処理時間(反応時間)は、管式反応器を反応用油浴または塩浴に投入してから取り出

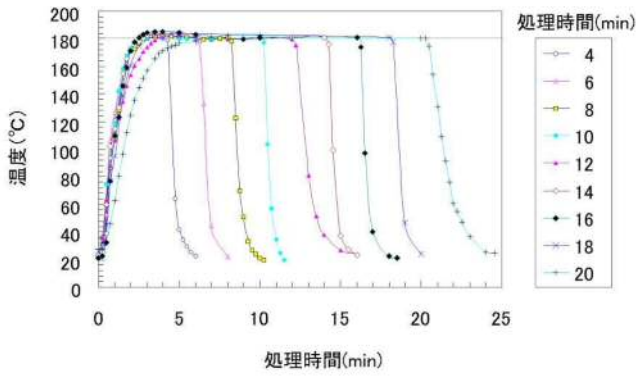


図5 反応器内の温度変化

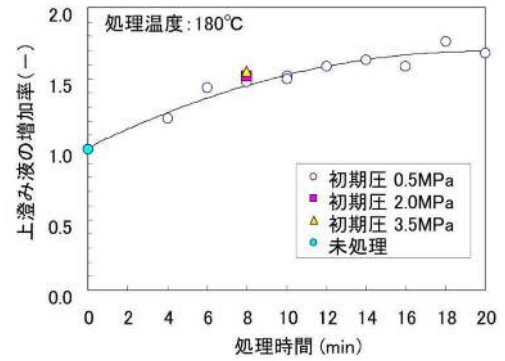


図7 水熱処理による上澄み液の増加率（未処理基準）



図6 水不溶性画分の水熱処理液（上段）および遠心分離後（下段）の状態



図8 水熱処理後の水可溶性成分の凍結乾燥物

すまでの時間とした。

3. 2 水熱処理後の状態

水熱処理後の処理液および遠心分離後の状態を図6に示す。また、3,000rpmの遠心分離で得られる上澄み液の増加率（未処理基準）を図7に示す。この結果から、処理時間が長くなるに従って褐変反応は進み、上澄み液は増加し、8分で0分（未処理）の約1.5倍、18分で1.8倍に増加した。初期圧の影響については180°C、8分、0.5～3.5MPaの条件下ではほとんど影響は認められなかった。

上澄み液の液量は沈殿物の圧密の程度や含水率にも左右されることから、図8に示すように水熱処理により水可溶性成分を凍結乾燥し、その重量を定量した。その結果を図9に示す。この結果から、未処理では3,000rpmの固液分離で沈殿しなかった微粒子が0.5gを示し、180°C、4分間の水熱処理で、調製した水不溶性画分100g（水分95～96%）から、乾物として約3gの水可溶性成分が生成した。

一方、図10に示すように、未処理の時点で水不溶性成分は4.2g存在していたが、180°C、10～20分の水熱処理により1.7gまで減少していた。従って、2.5g（=4.2-1.7）が水に可溶化したことが確認され、水への可溶化率は約

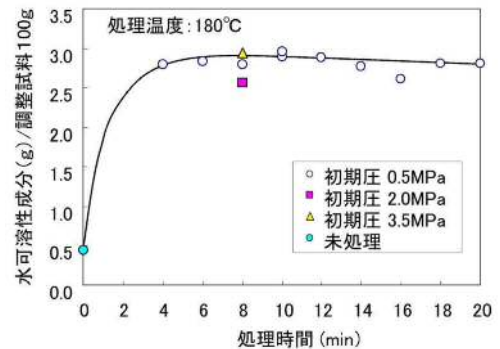


図9 上澄み液に含まれる水可溶性成分の重量変化

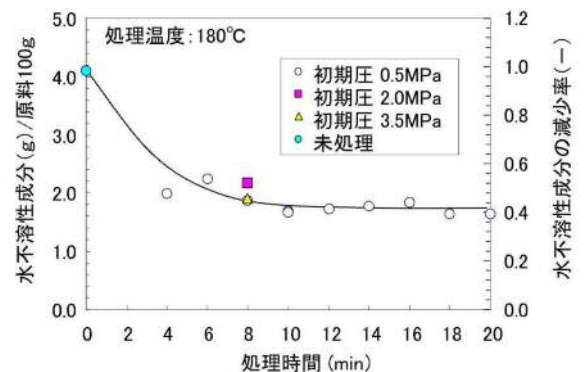


図10 固体部に含まれる水不溶性成分の重量変化

60%（=100-1.7/4.2×100）であることがわかった。

初期圧の影響については、水不溶性成分および水可溶性成分の乾物重量を測定することで、若干の違いは見られた

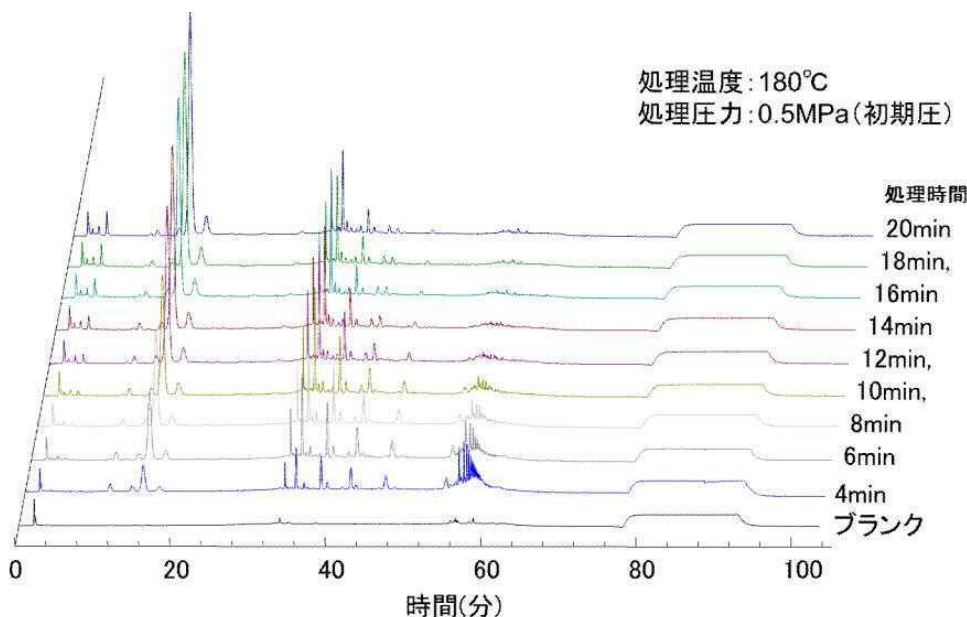


図11 水溶性成分のイオンクロマトグラムの変化

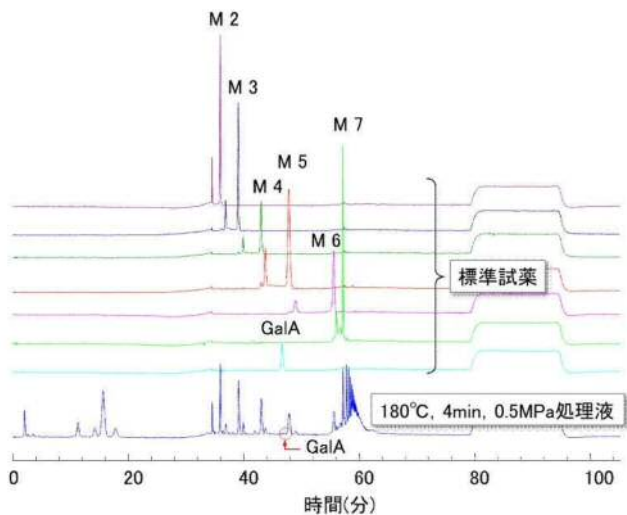


図12 マルトース (M2), マルトオリゴ糖 (M3~7) およびガラクトツロン酸 (GalA) との比較

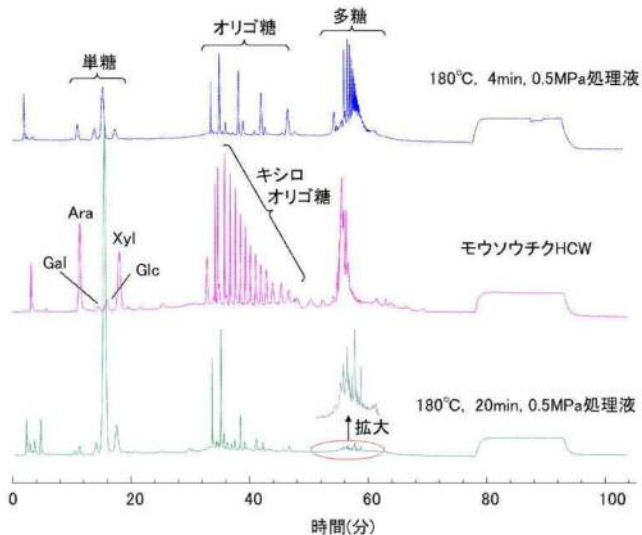


図13 モウソウチク由来キシロオリゴ糖との比較

が、バラツキの範囲内であり、180°C、8分、初期圧を0.5～3.5MPaでの範囲では有意な差が見られなかった。

3. 3 水熱処理後に生成する糖質成分

水熱処理後の上澄み液の糖分析結果を図11に示す。この結果から、保持時間55～60分に現れるピークは、処理時間が4分から20分と長くなるほど減少する傾向を示し、それに対して保持時間10～20分、および30～50分に見られるピークは増加傾向を示した。

水不溶性画分の水熱処理では、サツマイモ焼酎粕に含まれる多糖であるヘミセルロース、セルロース、難消化性デンプン、ペクチンから単糖・オリゴ糖や多糖が生成することが考えられる。そこで、ヘミセルロース由来としてはキシラン由来のキシロオリゴ糖およびキシロース、セルロー

ス由来はセロオリゴ糖およびグルコース、難消化性デンプン由来はマルトオリゴ糖やマルトース、グルコース、またペクチンに関してはガラクトツロン酸を測定することでそれぞれのオリゴ糖および単糖類の生成を確認した。なお、キシロオリゴ糖についてはモウソウチク由来加圧熱水抽出物 (HCW) に含まれるキシロオリゴ糖、多糖の保持時間で比較し、その他の単糖およびオリゴ糖は、標準試薬の保持時間と比較した。

その結果、図12に示されるように、180°C、4min、0.5MPa処理液の30～50分の保持時間に現れる主要ピークは、主に難消化性デンプン由来のマルトオリゴ糖であることが確認された。またクロマトチャートを拡大することでペクチン由来のガラクトツロン酸もわずかであるが検出された。

また、図13に示されるように、180°C、20min、0.5MPa処

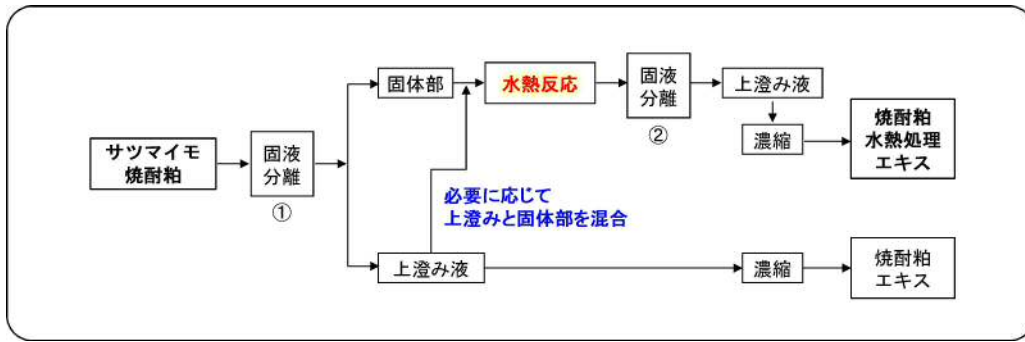


図14 サプリメント原料用濃縮エキスの製造方法

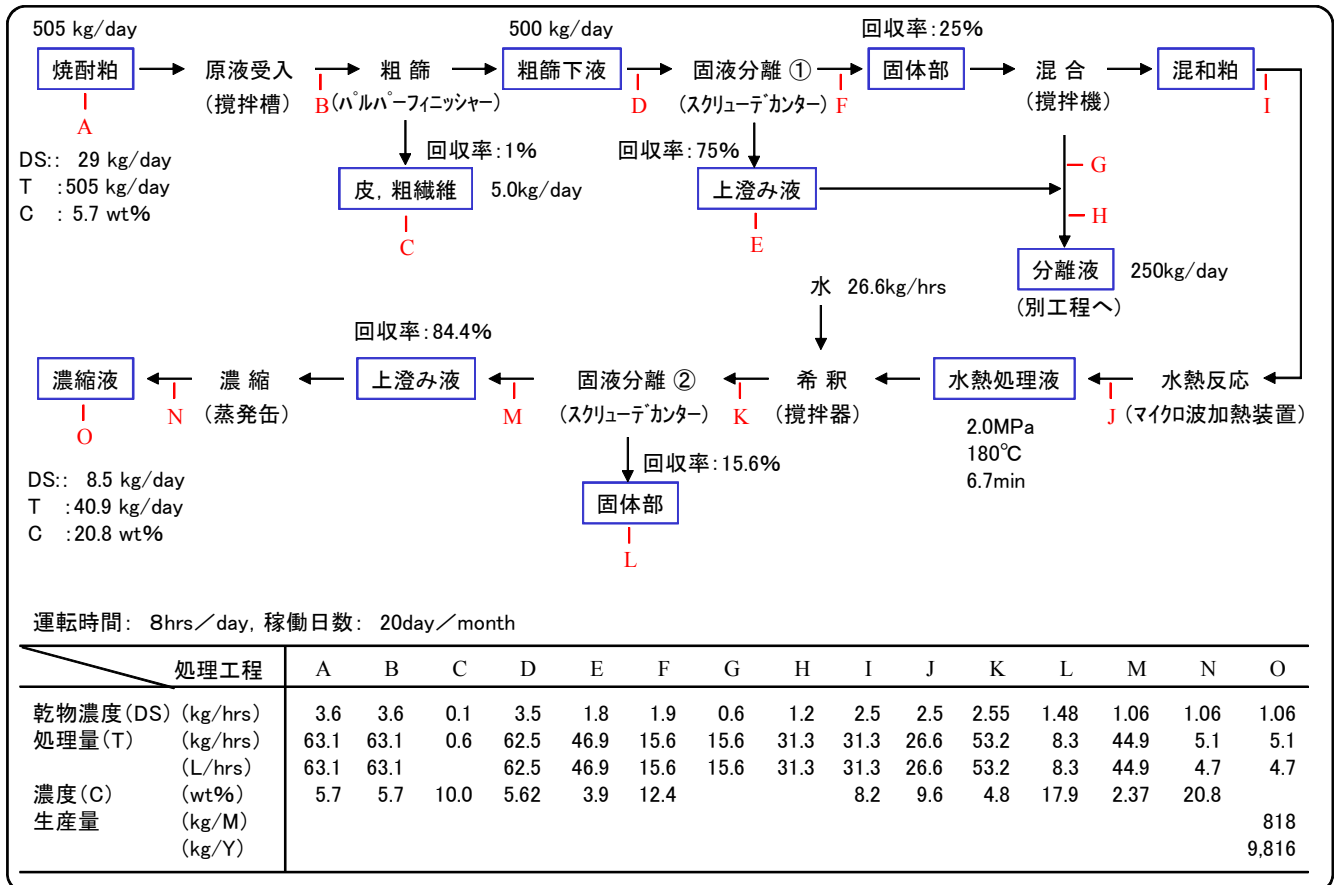


図15 サツマイモ焼酎粕水熱処理エキス製造のブロックダイアグラム

理液では55～60分の保持時間に現れる難消化性デンプン由来の多糖はほとんど消失し、キシラン由来の多糖が若干検出された。従って、180℃、20minの条件ではオリゴ糖や多糖の損失が大きいことが確認された。

以上の結果から、水熱反応により生成された糖類の主成分は難消化性デンプン由来の多糖、マルトオリゴ糖、2糖のマルトース、単糖のグルコースであり、これらの糖類の生成によりビフィズス菌の増殖が促進したものと考えられた。また、これらを得るには180℃の温度条件で4～10分程度の水熱処理で十分であることがわかった。

3. 4 事業化を想定した製造技術の検討

サツマイモ焼酎粕にはビフィズス菌の増殖促進効果があることに加え、米元はアレルギー抑制効果を有することも

報告している⁸⁾。焼酎粕の水分は94～95%であり、そのまま水熱処理を行うと加熱によるエネルギーコストが問題となるだけでなく、水熱処理を施すことでアレルギー抑制効果は低下することも示している⁹⁾。

そこで、2つの問題に対応するため、図14に示す製法を提案した。焼酎粕全量を一度固液分離し、その後の固形部に水熱処理を施し、上澄み液はそのまま濃縮してアレルギー抑制効果を有するエキスとしてサプリメントの原料として混合する。また、上澄み液の一部は必要に応じて固体部にもどしてもよい。この製法はビフィズス菌の増殖促進や抗酸化能の向上に加え、アレルギー抑制効果も付与した機能強化したサプリメントの製造も期待できる。なお、図14に示す固体部と上澄み液の混合比については、固液分離①

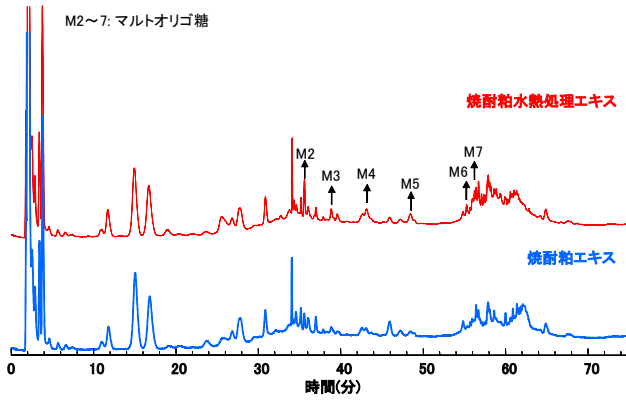


図16 サツマイモ焼酎粕水熱処理エキスの糖分析

後の状態および水熱処理装置への導入形態（ポンプによる連続送液が可能とする条件）を考慮して本実験では等重量（固体部：上澄み液＝1:1）とした。

サツマイモ焼酎粕水熱処理エキスの試作において、既存の装置（実機又はテスト機）を用いて物質収支を測定した結果を図15に示す。また、本結果を用いて、0.5トン/日の焼酎粕からBrix20の焼酎粕水熱処理エキスを製造するブロックダイアグラムを作成した（図15）。

実機又はテスト機で各工程の物質収支を測定した結果、チョッパーパルパーを用いた皮および粗繊維の除去工程で1%の皮および粗繊維が除去され、スクリーデカンターによる粗篩下液の固液分離①試験では、固体部が25%で上澄み液が75%であった。また、水熱処理後の固液分離②試験では、固体部が15.6%で上澄み液が84.4%であった。固液分離②の回収率に関しては水熱処理後の加水で大きく変わるが、本試験ではこの水の添加量を水熱処理液に対して等重量とした。水熱処理装置の条件は2.0MPa下で180℃、滞留時間を5分程度としたところ、実際の滞留時間は6.2～7.1分であり、平均すると6.7分であった。

最終的に今回の試作製造で得られた焼酎粕水熱処理エキスは、混和粕（図15に示すI）460kgに対して75kgであった。また、得られたエキス成分の糖を確認したところ、図16に示されるように焼酎粕を固液分離しただけの焼酎粕エキスに比べてマルトオリゴ糖の増分が確認された。

4. 結 言

焼酎粕の水熱処理によりビフィズス菌の増殖に関与する糖類を調べ、またそれらが生成する水熱処理条件を詳細に調べた結果、以下のことがわかった。

(1) 焼酎粕から水不溶性画分を調製し、その画分を初期圧0.5MPa、180℃、4～20分の水熱処理条件で処理を行っ

た結果、10～20分の処理で水可溶化率は最大約60%となった。

- (2) 水不溶性画分の水可溶化に関する初期圧の影響は、180℃、8分、0.5～3.5MPaの範囲で有意な差が見られなかった。
- (3) ビフィズス菌増殖に有効な糖類は、難消化性デンプン由来の多糖、マルトオリゴ糖、マルトースおよびグルコースであった。またそれらの糖類は初期圧0.5MPa、180℃、4～10分程度の短い時間で生成した。
- (4) ビフィズス菌増殖に有効な糖類として、ペクチン由来のガラクトuron酸やヘミセルロース由来の多糖も検出されたがわずかであった。

以上の結果を踏まえ、水熱処理におけるエネルギーコストの削減を図った製法、すなわち、焼酎粕全量を一度固液分離し、固体部に水熱処理を施すサプリメント原料の濃縮エキスの製造方法を提案した。

この方法に基づき、最終的に焼酎粕の原料からBrix20の濃縮エキスが得られることを確認した。また、サツマイモ焼酎粕水熱処理エキス製造のブロックダイアグラムを作成することで実規模での製造を明確なものとした。

なお、本研究は、平成21年度および平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業において実施したものである。

参 考 文 献

- 1) 鹿児島県：鹿児島県バイオマス活用推進計画（2012）
- 2) 森村茂，関孝弘，重松亨，木田健二：醸協，100，607-617（2005）
- 3) 鹿児島TL0編：焼酎粕と乳成分を用いた乳酸菌発酵とその機能性報告書（2007-2008）
- 4) 鹿児島TL0編：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）
- 5) 米元俊一，森山正宗，竹迫寿一，安藤浩毅，侯徳興，藤井信：日本醸造学会，第105巻，第5号，477-487（2010）
- 6) 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），（1991）
- 7) 安藤浩毅，古川郁子，神野好孝，坂木剛，上村芳三，播手泰雄：鹿児島県工業技術センター研究報告，14，45-51（2000）
- 8) 米元俊一：アレルギーの臨床，31巻，12月号，69-76（2011）
- 9) 特許出願中