

甘藷澱粉粕の高度利用に関する研究

- 食物繊維の新規製造法とその物理的特性 -

食品工業部 高峯和則, 岩屋あまね, 下野かおり, 間世田春作, 安部淳一*, 檜作 進**

Study on Advanced Utilization of Sweetpotato Starch Residue

- A New Manufacturing Process for Dietary Fiber from Sweetpotato Residue and Its Physical Characteristics -

Kazunori TAKAMINE, Amane IWAYA, Kaori SHIMONO, Shunsaku MASEDA, Jun-ichi ABE and Susumu HIZUKURI

甘藷澱粉粕から効率よく食物繊維を製造する技術を開発した。この製造技術は粉碎・分級の2工程から成り、クエン酸発酵粕からの製造法や酵素法と比べ、工程が簡略化された。得られた食物繊維は、市販されているビートファイバーやコーンファイバーと比べ、保水・保油性とも同等又は優れ、その白色度は高かった。また、官能的にはほぼ無臭であった。

1. 緒言

鹿児島県の基幹農作物である甘藷は澱粉用として年間21万トン生産されている。甘藷から澱粉を分離した残留物である甘藷澱粉粕は、年間約6万トン(水分75%として)排出されている。澱粉粕の一部はクエン酸発酵の原料として使用されているが、大部分は適当な処理法がなく畑地還元処分されている。澱粉粕は主に袋状の細胞壁(45~50%)とその細胞壁内に存在する澱粉(40~45%)からなり、細胞壁は食物繊維として有効利用できる。澱粉粕から澱粉を除去する方法として酵素処理が有効であるが、反面、反応槽の体積が大きくなることや、高濃度の酵素処理液の利用方法が問題である。一方、澱粉粕を原料にしてクエン酸発酵を行い、クエン酸抽出残渣から薬品処理等を行い、食物繊維が製造販売(商品名:さつまいもファイバー)されていた。このさつまいもファイバーは保水・保油性といった物理的特性に優れていたが、乾燥するとその特性を失ってしまうことや、製造コストが高いことなどの難点がある。

本研究では、澱粉粕から効率よく澱粉を除去することで、食物繊維の新規な製造方法を開発した。更に、得られた食物繊維画分の物理的特性について市販の食物繊維と比較検討した。

2. 実験方法

2.1 試料

水分を含んだ甘藷澱粉粕は腐敗しやすいため、温風乾燥した甘藷澱粉粕を、開口径840 μ mの篩いで皮と筋の部分(乾物比で1.2w/w%)を取り除き、使用直前に水分75%に調製(以後、澱粉粕)し用いた。なお、温風乾燥甘藷澱

粉粕は九州化工(株)から供与された。コーンファイバーは日本食品化工(株)から購入した日食セルフアール#200を、ビートファイバーは日本甜菜製糖(株)から購入したベスタを使用した。

2.2 澱粉粕の粉碎

澱粉粕を振動ミル、ボールミルおよび乳鉢にそれぞれ15g, 100gおよび50gを加え粉碎した。なお、振動ミルは内容量約135mlのセラミック製ポットと直径3.5cm, 高さ5cmの円錐形のセラミック製ロッドを用いた。ボールミルは3,000mlの磁器製のポットと直径2.5cmの磁器製のボールを用いた。乳鉢は直径16.5cm, 高さ8.5cmのセラミック製を使用した。

2.3 粒度分布の測定

澱粉粕の粒度分布は、開口径45, 100, 150, 250, 350, 500および710 μ mの篩いを用い、電磁式ふるい振とう器で30分間自動的に湿式分級し、各篩い上に得られた澱粉粕の乾物重量から求めた。澱粉および粉碎した澱粉粕の粒度は、蒸留水に懸濁後ホモジナイザーで分散させ、レーザ回折式粒度分布測定装置で測定した。

2.4 澱粉粕および食物繊維画分の一般成分

澱粉含量は、試料1.0g(乾物当たり)を用い、 α -アミラーゼ(Novo社製, termamy1120L)とグルコアミラーゼ(Sigma社製, アミログルコシダーゼ)で澱粉を分解後、得られた分解液について、グルコースB-テスト(和光純薬工業社製)を用いてグルコースを定量し、その値に0.9を乗じた値として求めた。食物繊維はプロスキー法¹⁾で定量した。脂質はソックスレー抽出法、タンパク質はケルダール法で求めた。灰分は550 $^{\circ}$ Cで加熱灰化して求めた。

澱粉粕を α -アミラーゼで脱澱粉後、エタノール沈殿させた画分および澱粉粕を粉碎・分級して調製した食物繊維

*鹿児島大学農学部, **鹿児島大学地域共同研究センター

に含まれるペクチン、ヘミセルロース、セルロースおよびリグニンの定量は、以下の通りである。

ペクチンは乾物当たり0.5gを0.5%シュウ酸アンモニウム溶液100mlに添加した。95℃で3時間時々攪拌しながら放置し抽出した。この抽出液に2倍量の1%塩酸を含むエタノールを添加し、沈殿部をエバポレータでエタノールを除去し、凍結乾燥物をペクチンとして定量した²⁾。

ヘミセルロースは上記のシュウ酸アンモニウム溶液抽出残渣を、0.1%水素化ホウ素ナトリウムを含む4Mの水酸化カリウムで緩やかに攪拌しながら室温でヘミセルロース画分を抽出した。抽出液は酢酸で中和後、透析・凍結乾燥しヘミセルロースとして定量した³⁾。

セルロースは上記の水酸化カリウム抽出残渣をガラスフィルター上で、中性になるまで蒸留水で洗浄した。得られた残渣を凍結乾燥し、予め求めた灰分およびリグニンの値を差し引いてセルロースとして定量した。

リグニンは72w/w,%硫酸に懸濁させ、冷蔵庫内で緩やかに攪拌しながら一夜放置後、72w/w,%硫酸に不溶な残渣としてガラスフィルターで回収し定量した。

2.5 食物繊維画分の物理的特性

食物繊維画分の保水性および保油性は、McConnell等の遠心法⁴⁾を改変して求めた。すなわち、乾物当たりの試料3.0gを50ml容の遠心チューブに入れ、蒸留水または菜種油を加えて30.0gとし、ホモジナイザーで10秒間攪拌し懸濁液を得た。この懸濁液を1,670×gで30分間遠心分離した。保水性および保油性は、得られた沈殿画分の重量を測定することで、乾物当たりの試料1.0gが保持する水または油の量から求めた。食物繊維画分の色調は、測色色差計(スガ試験(株))を用い測定し、標準白色板(L=90.49, a=-2.16, b=1.85)との色差(E)、白色度および黄色度を求めた。

3. 結果及び考察

3.1 澱粉粕の性状

澱粉粕を生物顕微鏡で観察した結果を図1に示した。崩壊されていない卵型をした細胞壁に澱粉がぎっしりと詰まっており、崩壊された細胞壁においても一部澱粉が残っていることがわかった。

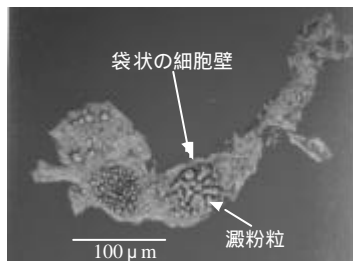


図1 澱粉粕の顕微鏡写真

また、図2に示したように、150~350 μmの粒径の澱粉粕が全体の約80%を占め、ほとんどが粒径100 μm以上であった。また、図3に示すように澱粉の中心粒径は15~20 μmにあり、最大で30 μmであった。

これらの結果から、澱粉粕を粉砕後、開口径が30 μm

より大きくかつ100 μmより小さい範囲で分級することで、食物繊維に富む画分(以後、SPDFとする)が得られると考えられた。

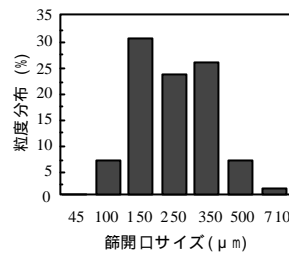


図2 澱粉粕の粒度分布

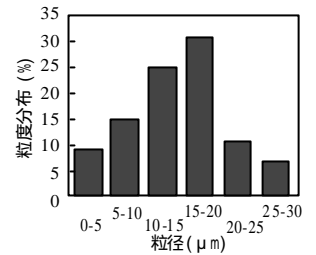


図3 澱粉の粒度分布

3.2 澱粉粕の粉砕

振動ミル、ボールミルおよび乳鉢を用いて澱粉粕を自動的に粉砕し、一定時間ごとにサンプリングし、その粒度分布をレーザ回折式粒度分布測定装置を用いて測定した。その結果、図4に示したとおり、振動ミルを使用すると最も短時間で粉砕できることがわかり、30~100 μm画分が最大となる粉砕時間は20分間であった。ボールミルでは1,000分間の粉砕においてもほとんど粉砕されなかった。乳鉢では、30~100 μm画分が300分間で最大となり、澱粉粕をすべて100 μm以下に粉砕するためには1,000分間以上を要した。また、振動ミル、乳鉢およびボールミルでそれぞれ20分間、300分間および1,000分間粉砕した澱粉粕を電子顕微鏡で観察した結果、乳鉢では大まかに粉砕されるが、振動ミルでは澱粉粕の表面が荒くなりかつ細かく粉砕された。一方、ボールミルではほとんど粉砕されていないことが確認された。これは、甘藷の食物繊維組織がバレイショやキャッサバなどの他のいも類と比べ強固であり、そのため澱粉製造において粉砕にエネルギーを必要とすると報告⁵⁾されており、そのために、ボールミルのような穏和な粉砕装置では、澱粉粕は粉砕され難かったと考えられる。振動ミ

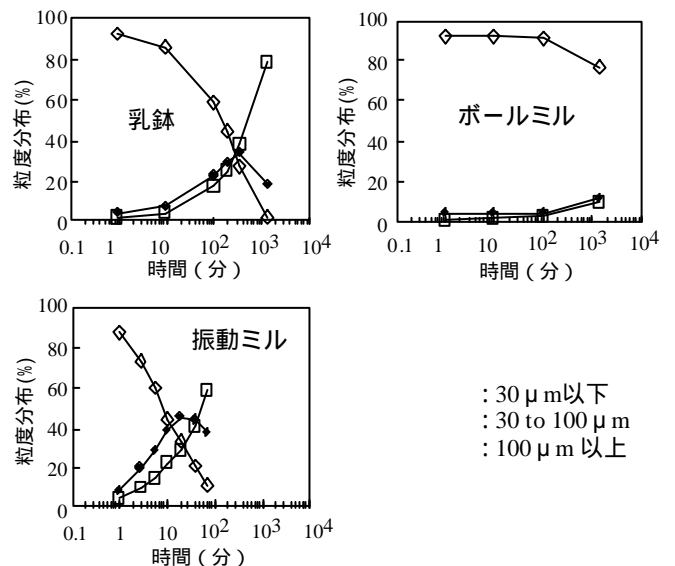


図4 粉砕澱粉粕の粒度分布の経時変化

ルおよび乳鉢で澱粉粕をそれぞれ20分間および300分間粉砕した後、開口径45 μ mおよび100 μ mの篩を用いて電磁式ふるい振とう器で30分間自動的に湿式分級した結果、SPDFの回収率は、それぞれ54.3%および62.3%であり、澱粉含量はそれぞれ、2.9%および3.8%であった。このように澱粉粕を粉砕し開口径45 μ mおよび100 μ mの篩を用いて分級することによって効率よくSPDFの回収が可能となった。

3.3 澱粉粕からSPDFの回収

水分75%に調製した澱粉粕50.0gを乳鉢を用いて300分間粉砕後、開口径100および45 μ mの篩いで電磁式ふるい振とう器を用いて湿式分級した。100 μ mの篩い上に残った澱粉粕は、ガーゼで脱水し、これと未粉砕の澱粉粕50.0gを乳鉢で300分間粉砕し、湿式分級した。この操作を繰り返し、澱粉粕500gからSPDFが乾物当たり53.6g得られた。この値と表1の食物繊維の値をもとにした澱粉粕からの食物繊維の回収率は76%であった。得られたSPDFは、凍結乾燥、スプレードライヤーおよび60の温風乾燥機を用い乾燥させた。

3.4 澱粉粕およびSPDFの一般成分

澱粉粕およびSPDF(60温風乾燥)の一般成分を分析した結果について表1および2に示す。SPDFの澱粉含量は乾物当たり4.7%と澱粉粕の約1/10に低下し、タンパク質と脂質は約1/2に低下した。灰分はわずかに増加しているが、これは澱粉、タンパク質、脂質が減少したために相対的に増加したものと見える。SPDF中の食物繊維は88.1%と、市販されているビートファイバーやコーンファイバーと比べ遜色ない値であった。

表1 澱粉粕とSPDFの一般成分(w/w%)

	澱粉粕	SPDF
澱粉価	43.5	4.7
タンパク質	2.0	1.1
脂質	0.4	0.2
灰分	4.4	5.9
食物繊維	49.7	88.1

また、食物繊維の成分であるセルロース、ヘミセルロース、ペクチンおよびリグニンはそれぞれ33.6、23.4、39.5および3.5%であった。SPDFのペクチンが澱粉粕と比べてわずかであるが低下したが、これはSPDFの回収時に一部流出したためと考えられる。

成分	食物繊維の成分(w/w%)	
	澱粉粕	SPDF
セルロース	32.9	33.6
ヘミセルロース	22.8	23.4
ペクチン	41.3	39.5
リグニン	3.0	3.5

がわかった。

3.5 SPDFの物理的性質

得られた乾燥物の物理的特性について、保水性および保油性をビートファイバーおよびコーンファイバーを対照にして求めた。その結果、図5に示したとおり保水性および保油性とも、凍結乾燥物が最も優れており、特に保油性は顕著であった。温風乾燥したSPDFはビートファイバーと遜色ない性質を示した。スプレードライしたSPDFは保水性において凍結乾燥物の約2/3程度であった。

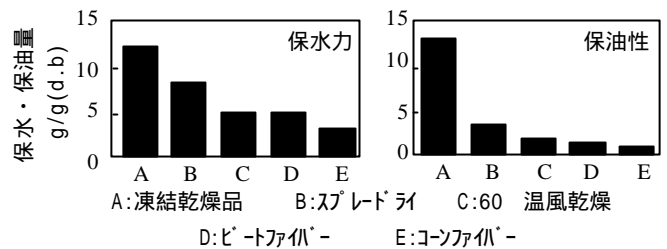


図5 食物繊維の保水・保油力

食物繊維に保持される水分は、組織表面への吸着水、組織内孔に取り込まれる水分および食物繊維の粒子間を埋める遊離水の3つのタイプに分けられる⁶⁾。凍結乾燥したSPDFに取り込まれる水分や油分の大部分はのタイプで、その他の試料はのタイプであると考えられた。また、保水性および保油性の差は、電子顕微鏡による観察の結果、凍結乾燥したSPDFがスポンジ状になった柔らかな構造をしているのに対し、ビートファイバーおよびコーンファイバーと温風乾燥したSPDFは、表面が強固な構造をしているためと考えられた。

長谷場ら⁷⁾は、本格いも焼酎蒸留粕に含まれる食物繊維画分の保水性について、永浜⁵⁾はさつまいもファイバーの保水性について市販の食物繊維と比べ、遙かに優れていることを報告している。しかし、いずれの食物繊維とも、温風乾燥すると保水性が認められなくなることが知られている(未発表)。これは、著者らが本格いも焼酎蒸留粕から松久保ら⁸⁾の方法に従い回収した食物繊維画分の分析を行った結果、可溶性食物繊維であるペクチンが12.7%に低下し、不溶性食物繊維であるセルロースが57.2%を占めていることと、さつまいもファイバー成分の80%以上がセルロースである⁵⁾ことから、温風乾燥すると繊維分子間の水素結合が強化され、繊維の膨潤が抑制されるためと考えられた。一方、温風乾燥したSPDFは表2に示すように、可溶性食物繊維であるペクチンが39.5%を占めているため、温風乾燥しても保水・保油性が維持されると考えられた。

3.6 試料の色調および官能評価

温風乾燥したSPDF、ビートファイバーおよびコーンファイバーの色調を求めた結果を表3に示した。温風乾燥し

た SPDF は標準白色板との差 (E) および白色度の値がそれぞれ, 9.6 および 81.5 と最も白色に近いことがわかった。更に, 黄色度は 16.7 と最も低く, その値はコーンファイバーの 1/2 以下であった。タンパク質や脂質がほとんど含まれていないため, 無臭に近かった。

表3 食物繊維の色調

	E ^a	白色度	黄色度
SPDF	9.6	81.5	16.7
ビートファイバー	15.8	75.0	23.5
コーンファイバー	19.7	72.3	39.5

a : 標準白色板との色差

4. 結 言

甘藷澱粉粕から効率的な新しい食物繊維の製造法を開発した。この製造法は粉碎・分級の2工程から成り, クエン酸発酵粕からの製造法や酵素法と比べ, 工程の簡略化が可能となった。得られた食物繊維は, 市販されている食物繊維と比べ, 保水・保油性とも優れていた。温風乾燥して得られた食物繊維の保水・保油性は組織表面への吸着によるものと考えられた。一方, 凍結乾燥して得られた食物繊維のそれらは, 組織内孔に取り込むものであると考えられた。

温風乾燥して得られた食物繊維の色調は標準白色板との差 (E) および白色度の値がそれぞれ, 9.6 および 81.5 と白色に近く, 黄色度は16.7と低い値であった。白色度はビートファイバーやコーンファイバーと比べ高かった。また, 官能的にはほぼ無臭であった。

参 考 文 献

- 1) AOAC: Official Methods of Analysis, 15th Ed., Association of Official Chemists, Arlington, VA, Vol. II, Sec. 985, 29, 1105 (1990).
- 2) 千葉英雄, 橋爪斌, 柝倉辰六郎: "食品工学実験書", 満田久輝編集, 養賢堂, 東京, p.393 (1970)
- 3) T. Noda, Y. Takahata, T. Nagata, and N. Shibuya: *Starch/Stärke*, 46, 232 (1994)
- 4) A.A. McConnell, M.A. Eastwood, and W.D. Mitchell, : *J. Sci. Food Agric.*, 25, 1457 (1974)
- 5) 永浜伴紀: 農業技術, 50, 227 (1995)
- 6) 印南敏, 桐山修八編集: "食物繊維", 第一出版, 東京, p60 (1995)
- 7) 長谷場彰, 前田フキ, 松久保好太郎: 鹿児島県工業試験場年報, 33, 47 (1986)
- 8) 松久保好太郎, 沖園清忠, 長谷場彰: 鹿児島県工業試験場年報, 32, 61 (1985)