

タケノコ加工残渣を原料とした機能性食品素材の開発

安藤浩毅*, 古川郁子*, 新村孝善**, 梶原 進***

Development of Functional food materials from Bamboo Shoot Residue

Hiroki ANDO, Ikuko FURUKAWA, Takayoshi SINMURA and Susumu KAJIHARA

タケノコの皮や基部は固い繊維質のため、そのままでは食用として利用されていない。しかし、加圧熱水処理技術を用いて、オリゴ糖や水溶性食物繊維などを抽出し、分離、精製を行うことで、付加価値の高い機能性食品素材の原料として利用可能となった。

Keyword : 機能性食品素材, 食物繊維, オリゴ糖, 加圧熱水処理

1. 緒 言

鹿児島県は全国でも有数のタケノコ産地であり、平成18年度は6,848トン(全国の約25%)生産されている。タケノコは鮮度低下が著しいことから、春の収穫期に水煮加工され缶詰保存される。可食部は4～5割で、残りの皮や基部は固い繊維質のため廃棄あるいは一部は家畜の飼料とされている。最近では輸入穀類等の価格高騰に伴い、飼料価格も高騰し、農産物残渣や食品加工残渣等の家畜飼料としての利用が見直されているが、季節性の高いタケノコ加工残渣はすぐに安定した利用ができるとはいえない。

一方、食物繊維の市場は拡大を続け、メタボリック症候群予防、ダイエット、美容等の素材として活用され、中でもアラビノキシランとその誘導体に関しては様々な生理機能が見いだされ注目されている¹⁾。そこで、当センターではそのような付加価値の高い利用方法をタケノコ加工残渣に新たに見出すため、これまで蓄積してきた加圧熱水処理技術^{2)～5)}を用いて、機能性食品素材としての利用を試みた。すなわち、本研究ではタケノコ由来の食物繊維に着目し、タケノコ加工残渣の皮や基部を加圧熱水処理し、食品機能を有する水溶性食物繊維を抽出する条件を検討し、商品化へ向けた糖類の分離、精製を行ったので報告する。

2. 実験方法

2.1 原料

実験に供した原料は、モウソウチクのタケノコを茹でた後、可食部を除いた皮および根元の固い基部を用いた。各原料は、さらに凍結乾燥により水分を除去後、粉碎機で微粉碎し、0.5mm以下に調製した。

2.2 実験装置

本実験では実用化を考慮して、日本化学機械製造(株)で

所有するパイロットスケールのマイクロ波加熱による連続式高温高圧処理装置(写真1)を用いて実験を行った。装置モデルを図1に、また装置性能を表1に示す。



写真1 連続式高温高圧処理装置

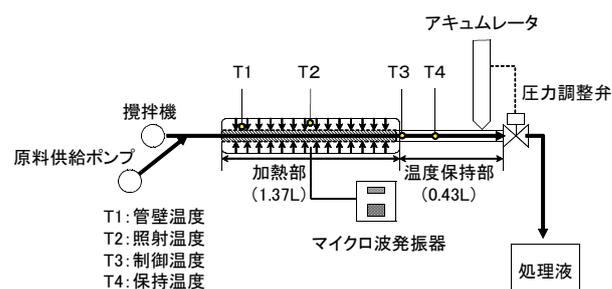


図1 モデル図

表1 装置の仕様

処理能力	10kg/h
必要サンプル量	20 L
最高温度	250℃
最高圧力	3.0MPa
マイクロ波出力	5.0kW
装置寸法	1.9m(W) × 3.0m(L) × 1.7m(H)

* 化学・環境部

** 化学・環境部(現 素材開発部)

*** 日本化学機械製造(株)

2. 3 実験条件

原料の基部（粉碎物）を蒸留水に懸濁し、2.5wt%に調整した懸濁液約40kgを、処理温度 160℃、170℃、180℃、190℃、200℃で段階的に昇温しながら、圧力 2 MPa（飽和蒸気圧以上）一定のもと、送液速度を10kg/hに設定して実験を行った。一方、皮については、2.5wt%に調製した懸濁液約 7kgを、処理温度 200℃のみで実験を行った。その他の条件は基部と同条件とした。

2. 4 収率および成分分析

各温度において安定した時点の処理液を10~15分間サンプリングしてその時の重量から処理速度を求め、サンプリングした溶液の一部を用いて総固形分および水可溶化率を求めた。すなわち、凍結乾燥により水分を除去して得られる固形分の濃度（総固形分）から投入濃度（初濃度：2.5wt%）に対する物質収支を確認した。また、遠心分離（10,000min⁻¹、5 min）により懸濁している固形分（不溶性固形分）を除去し、凍結乾燥で得られる液部の固形分（可溶性固形分）から加圧熱水に可溶化した固形分の水可溶化率（加圧熱水処理に依存しない可溶性固形分も含む）を求めた。

処理液の単糖およびオリゴ糖は、既報²⁾に準じて陰イオン交換カラム（CarboPac PA-1, DIONEX製）を装備した糖類分析装置（DX500, DIONEX製）により測定した。水溶性食物繊維は加圧熱水に可溶化した成分のうち、アルコール添加により析出して得られる成分を水溶性食物繊維として定量した。すなわち、可溶性固形分を蒸留水に再可溶化し、4倍量のエタノール（試薬特級, Wako）を添加して析出した析出物を遠心分離（3,000min⁻¹、5 min）で回収し、凍結乾燥後に定量した。

2. 5 商品化へ向けた糖類の分離・精製

分離・精製は、前項と同様、サンプリング液の懸濁した固形分を除いた後、ロータリーエバポレーターで5倍濃縮し、4倍量のエタノールを加え、まず析出する高分子を回収した。高分子はさらにエタノールで2回洗浄して精製を行った。

続いて、高分子を除いたエタノール水溶液に含まれる水溶性の糖類について、前報⁵⁾および小金丸の方法⁶⁾を改良して精製を行った。すなわち、エタノール水溶液に含まれる固形分を回収し、5%濃度になるように超純水に再溶解させ、再可溶化液500mLに対し、市販の活性炭（品川炭素（株））5gを加えて珪藻土ろ過を行い、その後、450mLの陽イオン交換樹脂（DIAION SK1B, キシダ化学（株））および450mLの陰イオン交換樹脂（DIAION WA30, 三菱化学（株））で処理した。最終的に100gの合成吸着材（DIAION HP2MG, 三菱化学（株））を充填したカラム（φ3.5cm, 30cm）を3回通して精製し、凍結乾燥により粉末物を得た。

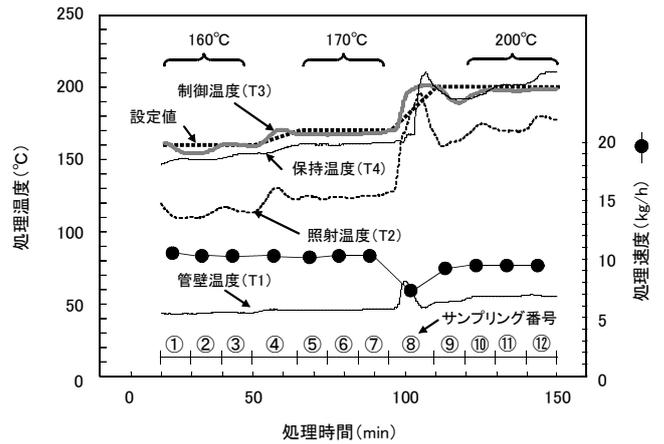


図2 装置内の温度変化および処理速度

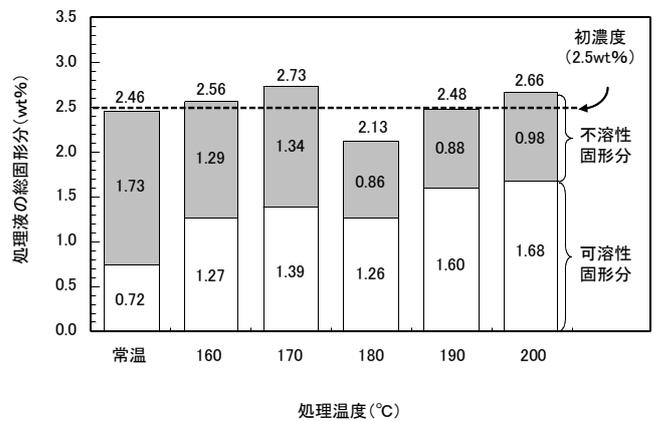


図3 処理液の固形分と組成

3. 結果および考察

3. 1 処理温度および処理速度

加圧熱水処理実験の処理温度および処理速度について、結果の一例を図2に示す。この結果から、処理速度は9.4~10.2kg/hであり、また設定温度に対する温度制御も良好であった。

3. 2 収率および成分組成

タケノコ基部を原料として処理した時の処理液に含まれる総固形分（不溶性固形分、可溶性固形分）を図3に示す。この結果から、原料の投入濃度2.5wt%に対し、得られた処理液の総固形分にややバラツキはあった（-0.37~+0.23ポイント）が、15%（=0.37/2.5×100）以下で物質収支は保持されていた。また、各温度の加圧熱水に可溶化した成分の割合は加圧熱水の温度上昇と共に増加傾向を示し、200℃では原料（常温）の2倍以上に増加していた。180℃処理において低い値（1.26wt%）を示していたのは、総固形分（2.13wt%）が低かったことによるものであり、原料投入時に懸濁液が部分的に不均質な状態となっていた可能性があると考えられる。

続いて、処理液の総固形分（2.13~2.73wt%）をそれぞれ100とした時の各温度の加圧熱水に可溶化した固形分の割

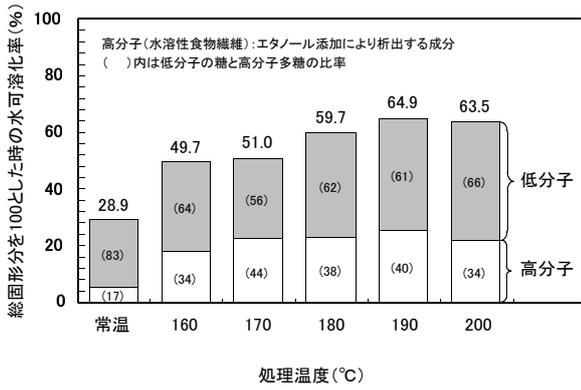


図4 総固形分の水可溶化率および成分組成

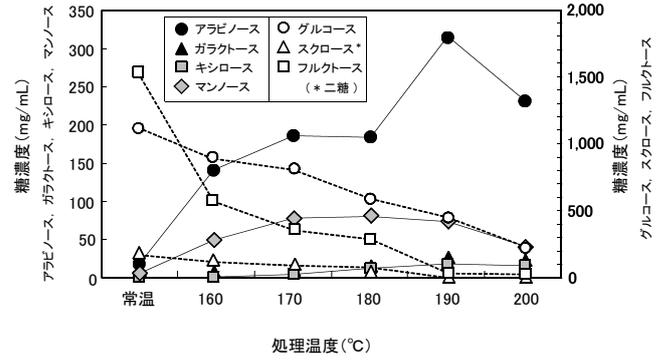


図5 処理液の単糖および二糖の濃度 (基部)

合(水可溶化率), 低分子 (単糖, 二糖, オリゴ糖) および高分子 (水溶性食物繊維) の比率を図4に示す。また, 同条件における処理液の単糖 (アラビノース, ガラクトース, グルコース, キシロース, マンノース, フルクトース) および二糖 (スクロース) の濃度を図5に, さらにそれらのイオンクロマトグラムを図6に示す。

これらの結果から, 加圧熱水の温度上昇と共にアラビノース, ガラクトース, キシロース, マンノース, オリゴ糖および水溶性食物繊維は増加傾向を示し (図5, 図6), 固形分の水可溶化率は190°Cで最大に達した (図4)。これらの糖類は加圧熱水の温度上昇と共に生成し, 水に溶けたもの (食物繊維が加水分解され低分子化したもの) であると考えられる。

それに対し, 単糖のグルコース, フルクトースおよび二糖のスクロースは温度上昇と共に減少する傾向を示した (図5)。これらはタケノコにもともと遊離の糖として含まれている成分であり, 水熱反応により二次分解が進み減少したものと考えられる。そのため, 160°C処理でも既に褐変反応が進んでいた。褐変した処理液の分離・精製では多量の活性炭や樹脂を必要とするため, 分離・精製を必要とする場合は, 褐変反応を抑えた前処理, 処理条件を検討する必要がある。

以上の結果から, 高分子の水溶性食物繊維や低分子の単糖・オリゴ糖類を効率よく抽出する温度は190°Cの加圧熱水であり, また可溶性固形分の約4割を水溶性食物繊維として得られることが示された。

一方, タケノコの皮を原料とした200°Cの処理では, 同条件の基部に比べ, 単糖・オリゴ糖および水溶性食物繊維の成分組成に若干違いが見られた (図7) が, 2.40wt%の固形分が回収され, そのうち可溶性固形分は1.28wt% (可溶化率:53.5%) で, 水溶性食物繊維の占める割合は43%であった。

以上の結果をまとめると, タケノコの皮および基部から同様な水溶性食物繊維, オリゴ糖類が得られることが示さ

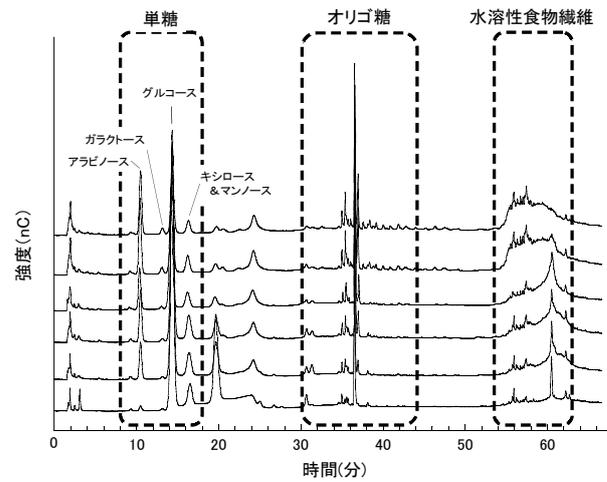


図6 処理液のイオンクロマトグラム (基部)

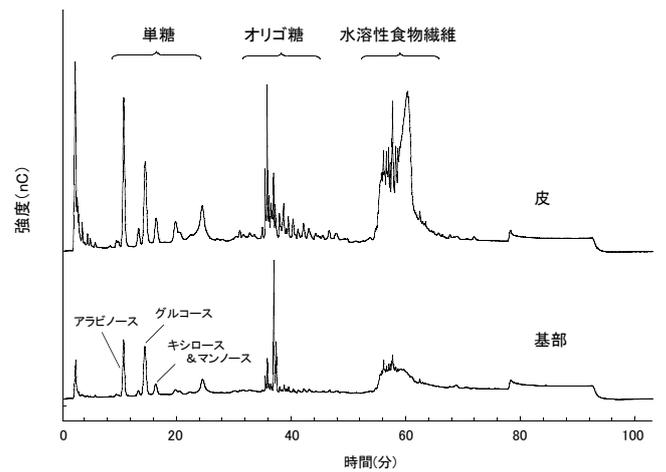


図7 原料組成の違いによる影響 (200°C処理)

れた。

3.3 分離・精製品の評価

精製した高分子 (エタノール添加により析出した部分) および低分子は (エタノールの添加により沈殿しなかった部分) のイオンクロマトグラムを図8に示す。また, 比較対象として親竹 (桿) のキシロオリゴ糖のクロマトグラム

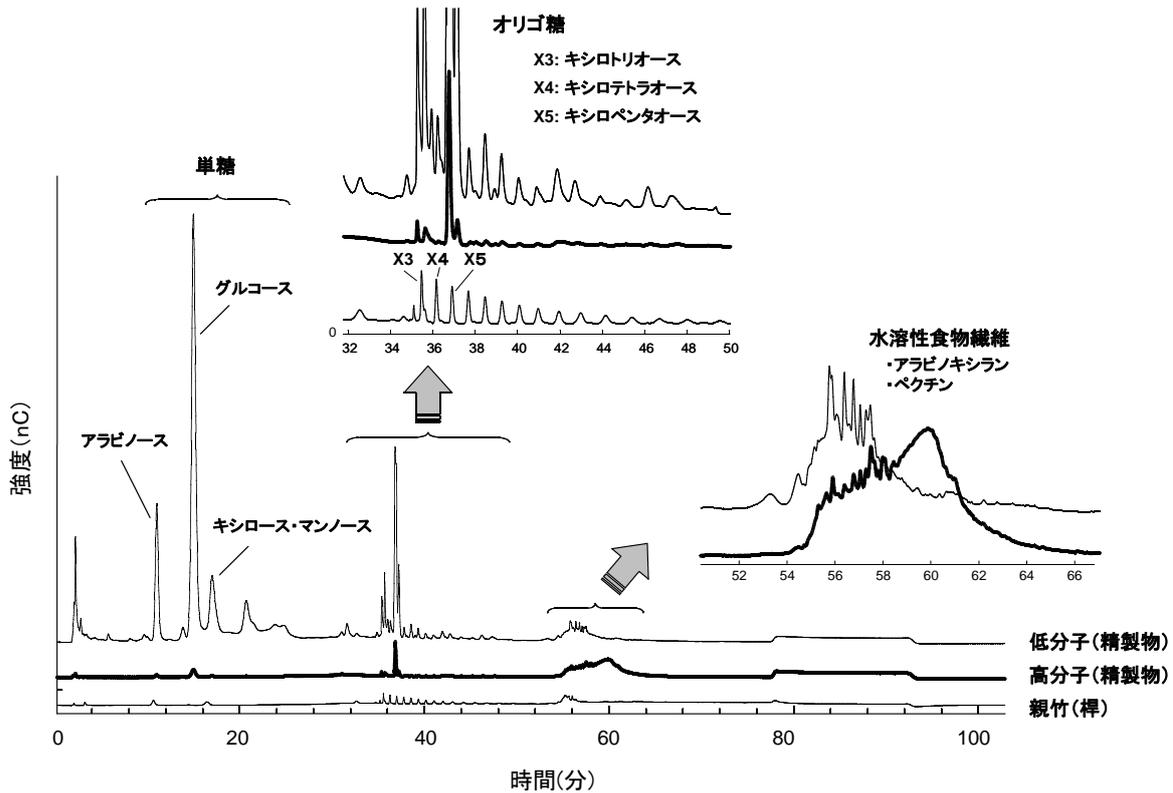


図8 分離精製後のイオンクロマトグラム

を同図に示す。

高分子の精製物（凍結乾燥物）は、数回のエタノールのみの洗浄であったため、やや淡い茶色をしており、香りはカラメルの香りを有していた。味覚は特に甘味を感じることもなく無味であった。イオンクロマトグラムの形状から36分前後にわずかな成分（オリゴ糖と推測される）が検出されたが、主成分は水溶性食物繊維であった。タケノコの水溶性食物繊維はペクチンとアラビノキシランが知られており、ペクチンはガラクトツロン酸が交互に結合したアセチル基を含むラムノガラクトツロン^{7) 8)}で、アラビノキシランはp-クマロイルアラビノキシラン⁹⁾であることが報告されている。本精製品もそれらと同じ成分が含まれていると考えられる。

一方、活性炭、イオン交換樹脂、合成吸着剤で順次処理した低分子の精製品（凍結乾燥物）は、陰イオン交換樹脂および合成吸着剤により褐色の着色成分が除去され、最終的に黄色の粉末となった。なお、低分子の精製物収率は処理前に対して約20%であった。低分子は、高分子の水溶性食物繊維に比べて甘く、吸湿性が高いことが特徴であった。また、低分子に含まれる成分は、単糖、オリゴ糖および水溶性食物繊維（ただし、高分子の精製品より分子量は小さい）であり、アラビノキシラン由来のキシロオリゴ糖（X3～X5）の含有も示唆された。等間隔で検出されるキシロオリゴ糖の間の成分がペクチン由来のオリゴ糖であると考えられるが、詳細は不明である。

4. 結 言

マイクロ波を用いた高温高压処理装置を用いることで、タケノコ加工残渣から機能性を有するオリゴ糖、食物繊維を含む機能性食品素材が得られることが示された。

今後、分離・精製を含めた低コスト化、また通年生産を行う提案および生産性の向上を図り、タケノコ由来の食物繊維を用いた各種機能性（有用性）を明確化することで、商品化につながるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 食品と開発編集部：食品と開発, **43**(2), 73-80(2008)
- 2) 安藤浩毅, 古川郁子, 神野好孝, 坂木剛, 上村芳三, 幡手泰雄：鹿児島県工業技術センター研究報告, **14**, 45-51(2000)
- 3) 安藤浩毅, 森田慎一, 古川郁子, 神野好孝, 坂木剛, 廣末英晴：木材学会誌, **49**(4), 293-300(2003)
- 4) 安藤浩毅, 森田慎一, 田島英俊, 古川郁子, 神野好孝：鹿児島県工業技術センター研究報告, **17**, 21-28(2003)
- 5) 安藤浩毅, 古川郁子, 新村孝善：鹿児島県工業技術センター研究報告, **20**, 15-19(2006)
- 6) 小金丸和義：佐賀県工業技術センター研究報告書, **11**, 19-21(2002)
- 7) Ishi Tadashi: Mokuzaigakkaisi, **41**(6), 561-571(1995)
- 8) Ishi Tadashi: Mokuzaigakkaisi, **41**(7), 669-676(1995)
- 9) Ishi Tadashi: Mokuzaigakkaisi, **42**(5), 515-519(1996)

