

貯蔵および加熱処理に伴うゴボウのイヌリンの変化

Changes in inulin of edible burdock during storage and heating

加藤 陽治* 藤田 美香** 浅利宇多子*
Yoji KATO Mika FUJITA Utako ASARI

要 旨

市販ゴボウに含まれる貯蔵性多糖イヌリン（フラクトオリゴ糖も含む）の量、ならびに貯蔵および加熱処理におけるイヌリンの変化について調べ、次の結果を得た。

1. ゴボウに含まれるイヌリン量とその分子量は購入時期により顕著な差が見られた。5月購入のものイヌリン含量は可食部の5.4%、イヌリンの分子量分布は高分子（分子量約1800以上）：低分子（分子量1800以下）=15：85であった。8月購入のものそれぞれの値は9.8%、および56：44であった。

2. ゴボウ中のイヌリン（分子量1800以上）は、室温一週間放置で約20%が、冷蔵庫（4℃）三カ月放置で、約80%が低分子（分子量1800以下のフラクトオリゴ糖）化された。

3. ゴボウ中のイヌリンの低分子化には、ゴボウ中のイヌリン分解酵素が関与している。

4. ゴボウを加熱するとき、はじめ40℃で10分間前処理した後、沸騰させると、わずかながらもイヌリンの低分子化がみられた。

これらの結果より、ゴボウの貯蔵、調理操作の工夫により、ショ糖と同じ性質の甘味を有しながら、ショ糖とは異なった生理作用（難う蝕原性、ビフィズス菌増殖促進作用など）をもつフラクトオリゴ糖をイヌリンより生成させることが可能になると考えた。

1. 緒 言

植物性食品に含まれる炭水化物とその加水分解酵素の関係について、貯蔵や調理の観点から数多くの研究がなされている。そのなかの一つにイモ類のデンプンとアミラーゼをあげることができる。例えば、電子レンジで加熱したサツマイモは、蒸したり焼いたりしたものよりも甘味がうすい。これは、電子レンジ処理ではサツマイモ中のアミラーゼがデンプンに対する作用時間がきわめて短いため、甘味成分であるグルコースやマルトースなどの生成が少ないためである¹⁾。

一方、ゴボウやキクイモなどには、甘味成分の代表であるフラクトース（果糖）の縮重合体であるイヌリンがデンプンにかわる貯蔵多糖として存在する²⁾。また、ショ糖分子にフラクトースが少数個結合したフラクトオリゴ糖は、ショ糖と極めて似た甘味を持つにもかかわらず、腸内有用細菌であるビフィズス菌増殖促進作用、コレステロール低下作用、難う蝕原性などショ糖とは異なる有効な生理作用を有する³⁾。そのため、近年、さまざまな形で食品の中に添

* 弘前大学教育学部家政学科教室
Department of Home Economics, Faculty of Education, Hirosaki University

** 現在 糖鎖工学研究所（弘前市茂森町）
Research Institute for Glycotechnology

加（例えば乳酸飲料や食物繊維飲料）利用されている。

このようなフラクトオリゴ糖は、天然界の高等植物（アスパラガス、タマネギやニンニクなど）⁴⁾にも含まれている。しかし、日常の食生活において摂取機会の比較的多く、かつ不溶性食物繊維量とともに可溶性食物繊維でもあるイヌリン含有量の高いゴボウ⁵⁾に注目して、貯蔵や加熱処理によりイヌリンからフラクトオリゴ糖を生成させることが可能か否かの基礎的知見を得ることを本研究の目的とした。

2. 実験方法

1) 実験材料

ゴボウは弘前市内のスーパーマーケットより購入した。

2) イヌリン（フラクトオリゴ糖）の抽出・定量

ゴボウの皮を除き薄く輪切りにし、よく混ぜた。これより100g（生重量）を測りとり、100mlの蒸留水とともに、ホモゲナイザーあるいは乳鉢で磨砕した。磨砕物を三枚重ねのガーゼで濾過し、濾液をさらに遠心分離（3000rpm, 30分）した。遠心上清中の糖量をフェノール・硫酸法⁶⁾により求め、フラクトース相当量で示した。これは、植物に含まれているイヌリン（フラクトオリゴ糖を含む）のほとんどは、冷水あるいは温水で抽出されこと⁷⁾、および冷水抽出画分への夾雑多糖類の混入はわずかであること⁵⁾に基づいている。

3) 分子量分布

ゲル濾過剤 Bio-Gel P-2（分画分子量範囲100~1800）をガラスカラム（1.8×44cm）に詰め、蒸留水で平衡化し、試料（糖約5mg/0.5~1.0ml）をのせ、蒸留水で溶出した。溶出液は2.0mlずつフラクションコレクター（ADVANTEC SF-100）で集め、そのなかから適量とりフェノール・硫酸法⁶⁾にて糖量を測定した。

4) ペーパークロマトグラフィー

東洋濾紙No.50（20×20cm）の下端1.5cmのところをスポットし、65% n-プロパノールで展開、風乾後、アルカリ性硝酸銀試薬⁸⁾、あるいはレゾルシン試薬（フラクトース、ショ糖、フラクトオリゴ糖用）⁹⁾で糖を発色した。

3. 結果

1) イヌリン含有量とその分子量分布

市販ゴボウに含まれるイヌリン（フラクトオリゴ糖も含む）の量を調べた結果をまとめたのが表1である。

表1 ゴボウのイヌリン（フラクトオリゴ糖）含有量とその分子量分布

試料 (購入時期)	イヌリン（フラクトオリゴ糖） (mg/10g 可食部生重量)	高分子（分子量1800以上）
		低分子（分子量1800以下）
1991年 3月	713	35/65
11月	975	61/39
1992年 5月	540	15/85
8月	948	56/44
11月	960	56/44

また、それぞれのイヌリン標品（水磨砕物可溶性画分）の分子量分布を Bio-Gel P-2 のゲル濾過クロマトグラフィーにより調べた。典型的な例として、1992年5月および8月に購入したゴボウ中のイヌリンの分子量分布を、それぞれ図1-Aと1-Bに示す。5月購入ゴボウでは高分子状（分子量1800以上、図中試験管番号15~25）のものと同分子状（分子量180~1800、図中試験管番号26~55）のものとの比が約15：85であるが、8月購入のものとの比は約56：44であった。

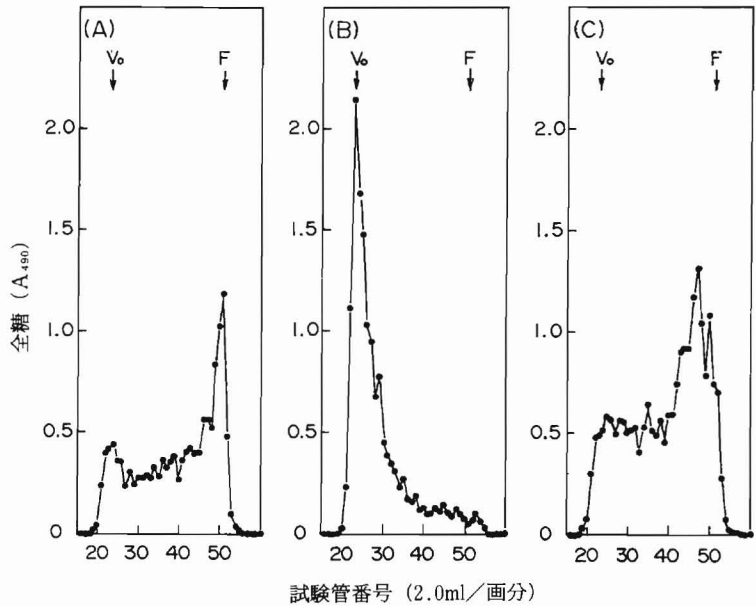


図1 ゴボウ中のイヌリン（フラクトオリゴ糖）の分子量分布
ゴボウを水とともに磨砕、可溶性画分を Bio-Gel P-2 のゲル濾過クロマトグラフィーに供した。試料は、1992年5月購入ゴボウ (A)、1992年8月購入ゴボウ (B) および8月購入ゴボウを4°Cに三ヶ月間貯蔵したもの (C) である。図中の V₀ および F は、それぞれ分子量1800以上の糖およびフラクトース（分子量180）の溶出位置を示す。

即ち、購入時期の違いにより、ゴボウ中のイヌリンはその量のみならず、分子の大きさも異なることが示された（表1）。

2) 貯蔵に伴うイヌリン分子量の変化

8月購入ゴボウを冷蔵庫（4°C）にて三ヶ月間貯蔵後、イヌリンを抽出し分子量分布を調べた結果が図1-Cである。高分子状のものと同分子状のものとの割合は、11：89であった。このことは、貯蔵前のものの分子量分布（図1-Bのゲル濾過パターン）と比較すると明らかなように、貯蔵中にゴボウに含まれる高分子イヌリンの約80%が低分子化（オリゴ糖化）したことを示している。

また、1992年11月購入ゴボウについて、購入時および一週間室温放置後のもののイヌリンの分子量分布（図2-A、高分子：低分子=56：44、図2-B、高分子：低

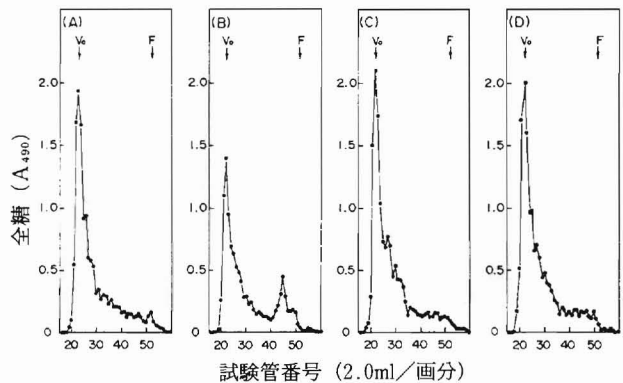


図2 貯蔵および温水前処理によるゴボウ中のイヌリン（フラクトオリゴ糖）分子量の変化

ゴボウ（1992年11月購入）(A)、およびこれを室温に一週間放置したもの(B)をそれぞれ水とともに磨砕、可溶性画分を Bio-Gel P-2 ゲル濾過クロマトグラフィーに供した。また同ゴボウを薄く輪切りにしたものを、はじめ40°Cの水中で10分(C)あるいは60分(D)処理し、引き続き10分沸騰させたものを磨砕、可溶性画分を同クロマトグラフィーに供した。

分子：低分子=56：44、図2-B、高分子：低

分子=45:55)を比較すると、高分子画分の約20%が明らかに低分子化していることが示された。

3) イヌリン加水分解酵素の存在

ゴボウの磨砕物遠心上清を、室温に24時間および96時間放置したものの分子量分布を、磨砕直後のものと比較した(図3)。高分子と低分子の比率は放置0時間、24時間および96時間でそれぞれ61:39, 54:46, 28:72であった。また、図3-Cの溶出パターンから得られた画分1~8についてペーパークロマトグラフィーで糖組成を調べる(図4)と、いずれの画分もレゾルシン試薬で発色し、フラクトースから成るオリゴ糖(フラクトオリゴ糖)の存在が確認された。これらの結果より、イヌリンの低分子化はゴボウ中のイヌリン加水分解酵素によって引き起こされることが明確となった。

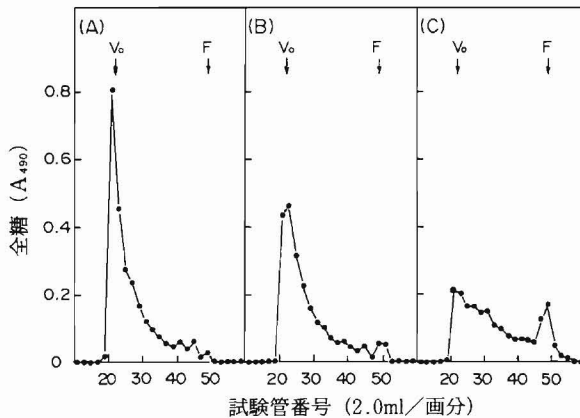


図3 ゴボウ水可溶性画分の放置時間に伴う分子量変化

ゴボウ(1991年8月購入)の冷水磨砕物の遠心上清に防腐剤としてトルエンを数滴加え室温に24時間(B)あるいは120時間(C)放置後、Bio-Gel P-2のゲル濾過クロマトグラフィーに供した。(A)は、磨砕直後のもののクロマトグラムを示す。

図Cの試験管番号20~24、25~28、29~32、33~35、36~39、40~42、43~45および46~51を、それぞれ一緒に濃縮後、画分1~8としてペーパークロマトグラフィーに供した。

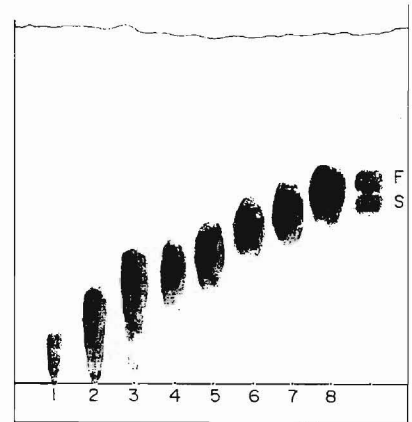


図4 図3-Cで得られた画分1~8のペーパークロマトグラム

65% n-プロパノールで展開、風乾後、レゾルシン試薬で発色。標準糖としてフラクトース(F)とショ糖(S)を用いた。

4) 温水前処理に伴うイヌリン分子量の変化

ゴボウ(1992年11月購入)を薄く輪切りにし、蒸留水とともにビーカーに入れ、はじめ40°Cで10分あるいは60分処理後、10分沸騰させ、磨砕可溶性画分(イヌリン)の分子量分布を調べた(図2-Cと2-D)。高分子:低分子の割合は、10分処理および60分処理のいずれでも50:50であった。これを未処理のもの(図2-A)と比較すると高分子イヌリンの約10%が低分子化したことがわかる。これは、40°Cでの前処理中にイヌリンにイヌリン分解酵素が作用したためと考えられる。

5) 加熱処理に伴うイヌリン分子量の変化

ゴボウ(1992年8月購入)を沸騰水中で0分、10分、30分および60分処理した時の分子量変

化を調べた。しかし、いずれの場合も、高分子：低分子の比率は約50：50で、顕著な違いが見られなかった。単なる加熱（100℃）処理では、イヌリンの低分子化はほとんど起こらないと考えられる。

4. 考察

今回の実験結果から、低温における長期貯蔵は明らかにイヌリンの低分子化を引き起こすことがわかった。市販ゴボウ中のイヌリン量とその分子量分布に購入時期による顕著な差が見られたことは、品種や鮮度（産地から消費者に届くまでの貯蔵、保存状態）などに起因すると考えられる。

また、ゴボウを加熱する時、はじめから100℃で加熱した場合は、イヌリンの低分子化は起こらないが、温水（40℃）による前処理で低分子化が起こる可能性があることがわかった。日常の食生活で、われわれがゴボウを利用する際、生食することはなく、なんらかの形で必ず加熱操作が入る。ゴボウ中のイヌリンとその分解酵素の最適反応条件を設定でき、甘味の付与が可能になれば、調理の際の糖甘味料（砂糖）添加量を減らすこともできる。ゴボウのアク抜きとの組合せでこの点を詳細に検討することは興味のあるところである。

引用文献

- 1) 杉田浩一：「こつ」の科学，柴田書店，東京，154（1987）
- 2) 原田篤也，三崎 旭編：総合多糖類科学（下），講談社，東京，285（1974）
- 3) 日高秀昌，栄田利章，足立堯，斎藤安弘：フラクトオリゴ糖の工業的生産とその利用開発，農化，61，915（1987）
- 4) 日高秀昌：フラクトオリゴ糖，治療学，14，635（1985）
- 5) Kato, Y., Kanari, T. and Watanabe, T.: Comparative analysis of the carbohydrates in Gobo and Yamagobo. *J. Home Econ. Jpn.*, 42, 241 (1991)
- 6) Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F.: Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350 (1956)
- 7) 松田和雄編：多糖の分離・精製法，学会出版センター，東京，132（1987）
- 8) Robyt, J. and French, D.: Action pattern and specificity of an amylase from *Bacillus subtilis*. *Arch. Biochem. Biophys.*, 100, 451 (1963)
- 9) 別冊 蛋白質核酸酵素，共立出版，東京，34，（1968）

(1992.12.25 受理)