

食用きのこにおけるβ-グルカンについての一考察

立山千草 五十嵐喜治

はじめに

古くから、日本人は食物繊維を多く含むエネルギーの低い「きのこ」を食材として、その香りとうま味、歯ごたえを楽しんできたほかに、生薬や漢方薬さらには生理作用に関する研究が進み、医薬品や栄養補助食品としても広く利用されている。体の免疫を活発にするしいたけ由来の医薬品「レンチナン」(β-グルカンを精製)¹⁾も、そのひとつとしてあげられよう。β-グルカンとは、グルコース(ブドウ糖)のみが化学的に結合して連なった多糖類を指す。グルコースはα型とβ型があり、β-グルコースから成る多糖類をβ-グルカンと言う。α-グルカンはヒトの体内の消化系酵素で分解できるが、β-グルカンは消化できないのでグルコースを供給源として利用することはできない。なお、きのこの種類によってグルコースの結合様式がわずかに異なり、同じきのこであっても生育する土壌や気候、季節等によってその含有量が異なるので、あくまで総称と捉えることになる。レンチナンの場合は、グルコース分子がβ-(1-3)結合を主鎖として(数千個)連なった多糖体(図1)¹⁾といわれている。現在、私たちは食用きのこから容易にβ-グルカンを摂取しているとされるが、その内容については不明な点が多い。そこで、本研究では、日常でよく利用される各種きのこのβ-グルカン類の総合計量、機能性表示食品制度の関与成分として注目が集まっている(1-3)、(1-4)-β-グルカンの測定の試みから、食用きのこにおけるβ-グルカンについて検討した。

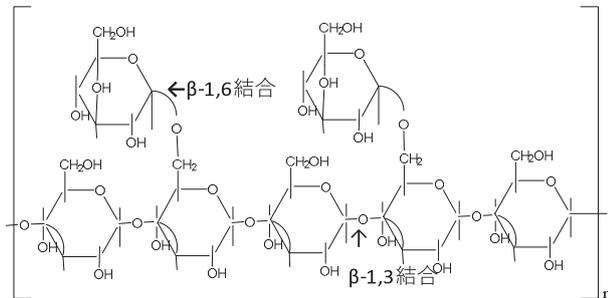


図1 しいたけ由来の多糖体:
β-グルカン(レンチナン)の構造

たてやま ちぐさ
〒950-8680 新潟市東区海老ヶ瀬471 新潟県立大学
いがらし きはる
〒997-0037 鶴岡市若葉町1-23 山形大学

実験方法

1. 実験に供したきのこ類

実験試料には、新潟市内の大規模小売店で令和3年11月~令和4年10月に購入した「しいたけ」「えのき」「エリンギ」「ぶなしめじ」「まいたけ」(新潟県産)「乾しいたけ-どんこ(九州産)」、「マッシュルーム-ホワイト・ブラウン」(山形県産)及び、株式会社河村式種菌研究所よりご提供いただいた菌床栽培された生の「ぶなはりたけ」の可食部分を用いた。きのこ類(乾しいたけを除く)は、入手後、直ちに凍結乾燥して各種実験に用いた。

2. 分析方法

β-グルカン類の総合計量の分析は、酵素法を使用した。その分析法簡易フローチャートを図2に示す^{2) 3)}。ここで扱うβ-グルカン分析法は、化学構造的分類に基づくβ-グルカン類を測定対象としているので、セルロースなどの物質も併せて測る。これらの測定は日本食品分析センターに依頼した。

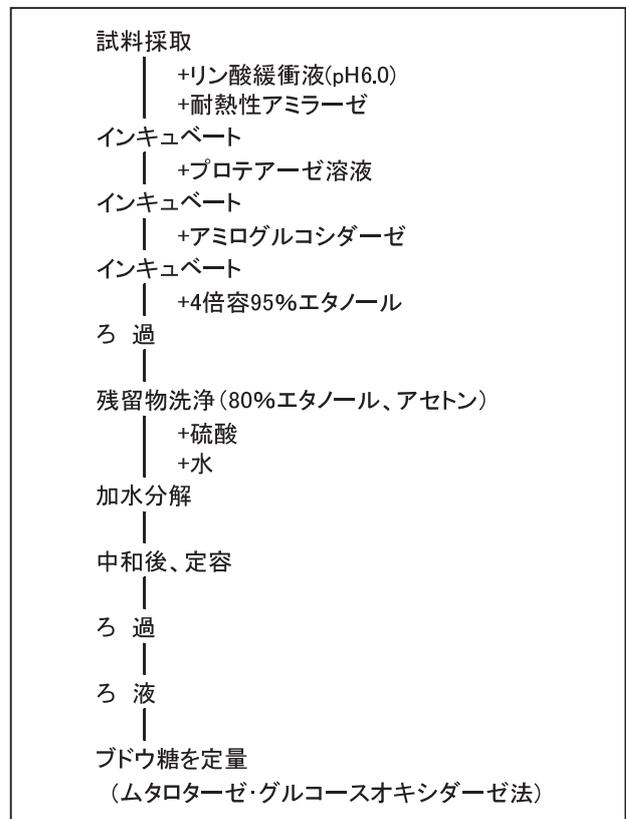


図2 β-グルカン分析法簡易フローチャート

*以下の計算式によりβ-グルカンを算出
β-グルカン (g/100g) = ブドウ糖 (g/100g) × 0.9

(1-3), (1-4) - β -グルカン定量の分析は、大麦等の穀類用として確立されている「(1-3), (1-4) - β -グルカン測定キット」(Megazyme社製)⁴⁾を用いて行った。現在、きのこ用の β -グルカン定量法は確立されていない。きのこ類の β -グルカンは構造的に、直鎖状の β -(1-3)結合を基本構造とするものが多く、その他に、 β -(1-6)結合、 β -(1-4)結合などで枝分かれしているものもあると報告⁵⁾されている。なお、大麦(1-3), (1-4) - β -グルカンは、水溶性食物繊維として注目されており、2013年、食品の機能性評価事業を進めている公益財団法人日本健康・栄養食品協会は、「血中コレステロール正常化」「食後血糖値の上昇抑制」、「満腹感の維持」作用についていずれも「機能性について肯定的な根拠がある」と認めている⁶⁾。

結果および考察

1. きのこ類 β -グルカン類の総合計量

凍結乾燥した試料「しいたけ」「えのき」「エリンギ」「ぶなしめじ」「まいたけ」の β -グルカン類の総合計量の結果を「表1」に示す。乾燥物中に11.1~25.0 g /100 g含まれていることが示された。なお、食品成分表に記載されている生のきのこ類の水分量はおおよそ9割であることから、これより試算すると、生のきのこ100 gにはおおよそ1~2.5%含むと考えられる。

表1 きのこ類 β -グルカン類の総合計量 (酵素法)

試料	β -グルカン (g/乾燥重100g)
しいたけ (凍結乾燥)	23.7
えのきたけ (凍結乾燥)	11.1
エリンギ (凍結乾燥)	18.0
ぶなしめじ (凍結乾燥)	18.3
まいたけ (凍結乾燥)	25.0

2. β -グルカンと食物繊維

β -グルカンは食物繊維に分類される成分である。日本食品標準成分表2020年版八訂⁷⁾(以下、成分表)では、食物繊維を「ヒトの消化酵素で消化されない食品中の難消化性成分の総体」と定義されており、「炭水化物成分表2020年版」⁸⁾に一括して記載されている。記載項目は、従来法(プロスキー変法等)とAOAC 2011.25法(酵素-重量法と液体クロマトグラフ法を組み合わせた方法)である。

「図3」に「えのきたけ-生」「しいたけ-生」「ぶなしめじ-生」「まいたけ-生」について、従来法(プロスキー変法等)に基づく「不溶性食物繊維」「水溶性食物繊維」「食物繊維総量」の値を示す。不溶性食物繊維は可食部100 gあたりにおおよそ9割を占めていることから、今回用いたきのこの β -グルカン類の総合計は、不溶性食物繊維に分類されるものが多いと推察される。木方氏⁹⁾によると、しいたけに含まれる活性物質 β -グルカンは、

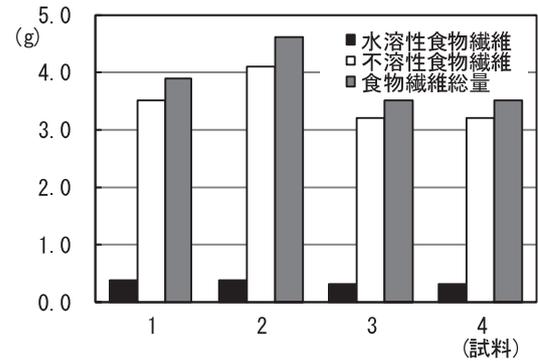


図3 きのこ類の食物繊維量 (g/100g)
食品成分表2020 (八訂)

1: えのきたけ-生 2: しいたけ-生 3: ぶなしめじ-生 4: まいたけ-生

1, 3結合したグルコースの約3個に1個のグルコースがその6位で分枝し、溶液中でラセン状の立体構造を示し、一般に水には溶けにくい、たんぱく質や他の成分と結合した状態では、比較的溶けやすく、アルカリ性溶液にもよく溶けるという性質があるとしている。

新たな分析法(AOAC.2011.25法)では、「しいたけ」(菌床栽培)「ぶなしめじ」「なめこ」が記載されている。「しいたけ-生」(水分量89.6 g/100 g)の場合、従来法のプロスキー(変)法では捕捉できない「低分子量水溶性食物繊維」(難消化性オリゴ糖類)が0.2 g/100 g含まれていることが明らかとなった。なお、従来法の水溶性食物繊維に類似する「高分子量水溶性食物繊維」は0.6 g/100 g、「不溶性食物繊維」は4.2 g/100 gで、「食物繊維総量」は4.9 g/100 gと記されている。

3. (1-3), (1-4) - β -グルカン定量測定の試み

きのこ類における(1-3), (1-4) - β -グルカンの有無及び概量を模索するため、大麦等の穀類用として確立されている「(1-3), (1-4) - β -グルカン測定キット」を用いて測定を試みた。

試料は、大規模小売店で購入した「生しいたけ」(新潟県産)、「乾しいたけ-どんこ」(九州産)、「マッシュルーム-ホワイト・ブラウン」(山形県産)及び、株式会社河村式種菌研究所よりご提供いただいた未成熟子実体、成熟子実体の2種類の「ぶなはりたけ」を用いた。なお、「どんこ」とは、品種名ではなく、しいたけの傘の開き具合によって分類されているもので、冬から春先にかけて傘が開かないうちに収穫されたものを指す。

その結果、以下に示す事柄が観察された。「乾しいたけ-どんこ」は、凍結乾燥した「生しいたけ」に含まれる量と明らかに異なると思われる高い値(およそ3倍量)を示した。「マッシュルーム-ホワイト」はわずかに「マッシュルーム-ブラウン」は含有しないと思われる値であった。「ぶなはりたけ」成熟子実体は、未成熟子実体よりも高い(およそ5倍量)値を示した。なお、「ぶなはりたけ(成熟子実体)」 β -グルカン総合計量は27.9 g/乾燥重100 gで¹⁰⁾、「しいたけ」23.7 g/乾燥重100 g(表1)

よりやや高い値を示している。

しいたけは乾しいたけに加工（日光照射含む）すると、栄養成分（ビタミンD）やうま味成分（グアニル酸）などの増加及び、乾しいたけ特有の香り成分（レンチオン）が生じる¹¹⁾ことが知られている。生しいたけと乾しいたけの違いは、単に水分含量の違いだけではない。

そこで、乾熱操作の有無が（1-3）、（1-4）-β-グルカン含有量の増減に影響を及ぼすか検討することにした。乾燥粉末試料（1mm程度）の「しいたけ」、「ぶなはりたけ-未成熟子実体」「ぶなはりたけ-成熟子実体」、「マッシュルーム-ホワイト」「マッシュルーム-ブラウン」について、常圧加熱乾燥法に準じて乾熱操作（40℃ 4時間及び90℃ 4時間）した後に、（1-3）、（1-4）-β-グルカンを測定した。「しいたけ」の場合は、90℃ 4時間加熱した場合は未加熱の1/3量に減少したが、40℃ 4時間加熱した場合は未加熱の2倍の値を示した。「マッシュルーム-ホワイト」は減少、「マッシュルーム-ブラウン」には含有が認められなかった。含有量が僅かである試料の場合、加熱操作により値の減少が観察された。「ぶなはりたけ」は、穏やかな加熱（40℃ 4時間）で値の増加が認められた。加熱温度90℃よりも40℃で高い値を示したことから酵素活性測定を検討する必要があるかもしれない。「ぶなひらたけ」の結果を表3に示す。

なお、「（1-3）、（1-4）-β-グルカン測定キット」内の「標準化済大麦粉末標準品」に加熱操作をしてから測定したところ、値の増加（おおよそ7～8倍量）が観察された。

表2 ぶなはりたけ-凍結乾燥粉末試料（1-3）、（1-4）-β-グルカンキット測定結果

加熱操作		(1-3)(1-4)β-グルカンキット測定結果
未成熟	未加熱	+
	40℃4時間加熱	++
	90℃4時間加熱	+
成熟	未加熱	+++++
	40℃4時間加熱	+++++
	90℃4時間加熱	++++

+ ≒ 5 mg

要約

身近で日々食する機会の多い食品であるきのこに含まれるβ-グルカン類の総合計量、（1-3）、（1-4）-β-グルカン測定の試みから、きのこのβ-グルカンについて検討した。β-グルカン総合計量は、今回用いたきのこ類には25.0～11.17g/乾燥重100g含まれることが明らかになった。「しいたけ」は、23.7g/乾燥重100gであった。次に、（1-3）、（1-4）-β-グルカンについて、試みにMegazyme社製測定キットを用いて測定した

ところ、「しいたけ」の値は、わずかであるが認められた。さらに、乾燥粉末試料「しいたけ」「ぶなはりたけ」を乾熱加熱してから測定したところ、穏やかな加熱（40℃）操作をした場合に値が高くなることが観察された。身近なきのこ類の中には、不溶性の他に、水溶性β-グルカンを含むものがあることが明らかになった。今後、きのこに含まれる活性β-グルカンの詳細が明らかになるにつれて、古くて新しい健康機能性食品としての展開が期待できると考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、御協力いただきました株式会社河村式種菌研究所の齋藤良次氏、新潟県立大学健康栄養学科の伊藤菜さん寛杏樹さん、中村裕貴さん、西村みのりさんに深謝致します。

参考文献

- 1) 須賀哲也：免疫賦活成分β-グルカン（lentinan）含有機能性食品の研究開発，日本食品保蔵科学会誌，Vol.30，No.6，pp.301-310，2004
- 2) 日本食品分析センター：40β-グルカンについて（2004年7月），JFRLNEWS，<https://www.jfrl.or.jp/information/164>
- 3) 日本食品分析センター：β-グルカン分析法簡易フローチャート，<https://www.jfrl.or.jp/storage/file/050.pdf>
- 4) Megazyme：β-グルカン分析法（β-1，3：1，4混合型）[http://www.biocon.co.jp/products/pdf/K-BGLU%20\(0121\).pdf](http://www.biocon.co.jp/products/pdf/K-BGLU%20(0121).pdf)
- 5) あいち食品工業技術ニュース：技術解説「β-グルカンについて」，2013年1月号，https://www.aichiinst.jp/shokuhin/other/up_docs/news1301-2.pdf
- 6) 青江誠一郎：大麦β-グルカンの機能性について，日本食生活学会誌，25巻，第1号，pp.3-6，2015
- 7) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会：日本食品標準成分表2020年版（八訂），pp.146-151，2002
- 8) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会：日本食品標準成分表2020年版（八訂）炭水化物成分表編-利用可能炭水化物、糖アルコール、食物繊維及び有機酸-，pp.127-128，2021
- 9) 木方正：キノコが身体によいわけ，薬学図書館，47（1），pp.48-51，2002
- 10) 立山千草、五十嵐喜治：「ぶなはりたけ」に含まれている成分：一般成分とエルゴチオネインを中心に，新潟の生活文化，No.28，pp.12-14，2022
- 11) 久保田紀久枝、森光康次郎：食品学 食品成分と機能性，東京化学同人，p.206，2021