

シイタケ廃菌床からブドウ糖を生成する(2) ～蒸煮処理による酵素糖化率の向上～

利用部 バイオマスグループ 檜山 亮

■はじめに

北海道で最も多く生産されるキノコは生シイタケで、平成23年の生産量は全国2位の7,365トンでした。北海道において生シイタケの生産量の増加は著しく、平成19年の3,998トンと比べると1.84倍の伸びとなっています。道内の生シイタケの約95%が広葉樹オガ粉を主体とした培地による菌床栽培により生産されています(写真1)。北海道において乾シイタケも生シイタケ換算で133トン生産されており、菌床栽培が多いと考えられます。

シイタケを収穫した後の廃菌床は年間に湿重量で6,500～8,500トン程度発生していると推計されます。廃菌床は現状では堆肥化利用が主流です。堆肥化利用も有益な利用法なのですが、シイタケ生産者に利益が少ないこと、有機物の大半がエネルギーを取り出されることなく二酸化炭素になってしまうという課題があります。そこで林産試験場では、シイタケ生産者の利益増加とバイオマス資源による化石資源代替を目的として、廃菌床からバイオエタノールや化学製品の原料となるブドウ糖を取り出す研究を行ってきました。

ここでは、廃菌床に対し高温高圧の水蒸気処理(蒸煮処理)を行い、酵素糖化率を高めて、得られるブドウ糖量を増加させる研究の結果について報告します。



写真1 シイタケの菌床栽培の様子

■なぜ蒸煮処理が必要か

ブドウ糖が直線的に連なって高分子化したものをセルロースといいます。セルロースは通常、束となって結晶化して存在しています。一般的な木材にはセルロースが40～50%程度含まれています。木材の主要成分として他にヘミセルロースとリグニンがあり、共に20～30%程度含まれています。セルロースはヘミセルロースおよびリグニンに覆われるような形で細胞壁中に存在しています。セルロースを分解してブドウ糖を作るための酵素群をセルラーゼといいます。セルラーゼはヘミセルロースとリグニンに覆われたセルロースをほとんど分解できないので効率よく分解するには何らかの前処理が必要となります。前処理には、微粉碎、高温高圧処理、酸処理、アルカリ処理、有機溶媒処理など様々な種類があります。

ところで、シイタケ廃菌床はシイタケ菌の分解により組成が変化し、セルロースが30%、ヘミセルロースおよびリグニンが20%程度ずつ含まれていることが前報(林産試だより2011年12月号)の研究でわかりました。この分解により、シイタケ廃菌床に使用されている広葉樹オガ粉は前処理なしでセルラーゼを加えるだけで廃菌床に含まれるセルロースの約50%を分解してブドウ糖にすることができます。このため、木材そのものからブドウ糖を得るのに比べて非常に有利になります。なお、原料に含まれるセルロースのうちブドウ糖まで分解されて単糖化したものの割合をここでは糖化率と呼ぶことにし、上記の場合は約50%の糖化率ということになります。

前報では、最終の収穫後の廃菌床を1～2か月間保存し、シイタケの菌糸体にオガ粉を分解させることにより、糖化率を約60%まで向上させられることも報告しました。しかし、バイオマスに含まれるセルロースからバイオエタノールを作る際には、バイオマス燃料技術革新計画などでは80%以上の糖化率が目標とされていることから、廃菌床に含まれるセルロースの糖化率を80～90%程度に向上させるために前処理を行うことにしました。酸や有機溶媒などの化学薬品を用いる前処理では、中和や回収などで手間や環境リスクが生じてしまいますので、本研究で

は環境負担が少ないと思われる蒸煮処理を用いることとしました。蒸煮処理は既に林産試験場で行われた、ヤナギからバイオエタノールを作る研究(林産試だより2009年11月号)にも用いられていますが、高温高压の水蒸気で主にヘミセルロースを分解してセルロースの酵素糖化率を向上させる処理です。

■蒸煮処理の効果

シイタケの栽培前の培地および栽培後の廃菌床、さらに15°C1か月保存した保存廃菌床に対して蒸煮処理を行いました。蒸煮処理は温度200~210°C、時間1~20分の条件の中で各試料からのブドウ糖収量が最も高くなる条件を探しました。その結果、得られるブドウ糖量が最大となるのは、栽培前培地では210°C10分間蒸煮であり、廃菌床と保存廃菌床では210°C3分間蒸煮でした。それらの蒸煮条件において酵素糖化により得られたブドウ糖の量を図1に示します。いずれの試料においても蒸煮処理を行うことで、得られるブドウ糖の量が増加しました。図1の酵素糖化条件において糖化率を計算すると、未蒸煮で10~41%、蒸煮物で60~86%であり、蒸煮物の糖化率が高くなっていました。これらのことからシイタケの栽培前培地および廃菌床において、蒸煮処理が酵素糖化に有用である可能性が示されました。収穫終了直後の廃菌床をそのまま蒸煮するよりも保存処理を行ってから蒸煮した方が試料あたりのブドウ糖収量が多いこともわかりました。

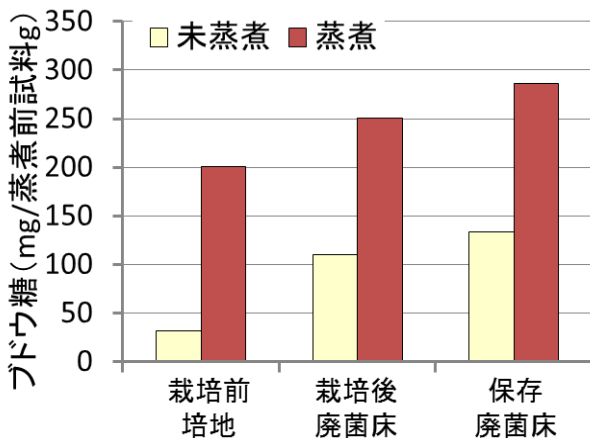


図1 酵素糖化で得られるブドウ糖量の蒸煮処理による変化

酵素量20FPU, 糖化時間24h, 210°C蒸煮(栽培前培地は10分間蒸煮, 栽培後廃菌床と保存廃菌床は3分間蒸煮)

■酵素使用量を減らす試み

図1の実験では、試料1gあたり20FPUの酵素を添加しました。FPUはFilter Paper Unitの略で、基準となるろ紙(セルロース)を決められた時間分解してブドウ糖を作り出す酵素の能力を表します。今回使用したセルラーゼでは38.6mgが20FPUにあたります。

酵素費用はバイオエタノール変換コストの大きなウエイトを占めており、実用化を考えるうえで酵素添加量をできるだけ少なくする必要があります。そこで、シイタケの保存廃菌床の蒸煮物および栽培前培地の蒸煮物に対して酵素添加量を変化させ、酵素量を20, 5および2FPUとして酵素糖化実験を行いました(図2)。保存廃菌床と栽培前培地を比較すると、同じ酵素添加量のとき保存廃菌床の方が高い糖化率となることがわかりました。シイタケの菌糸が出す酵素により菌床の木質の一部が分解されることで蒸煮の効果が高まっているということが考えられました。

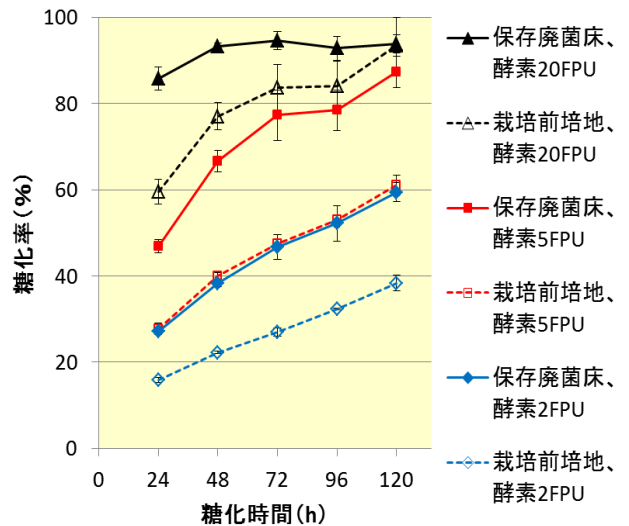


図2 酵素量を変えた場合の糖化時間に伴う糖化率の変化

保存廃菌床では20FPUのとき速やかに糖化率が80%以上となり、さらに48時間で90%以上の糖化率となりました。酵素量を1/10の2FPUに減らしたときは120時間糖化しても約60%の糖化率しか得られませんが、1/4の5FPUのときは72時間で80%近い糖化率が得られ、120時間糖化した時に糖化率は約90%に達しました。

これらのことから、保存廃菌床を用いると酵素添加量を低減できる可能性があることがわかりました。

■おわりに

シイタケ生産地の集約化・大型化が進んでいることから、廃菌床は生産地では、一年を通じて大量かつ安定的に発生するバイオマスです。そのため、収集・運搬コストが低く、原料供給に不安の少ない有望なバイオマス資源と言えます。今回の研究により、薬品を用いずに蒸煮処理で80～90%の高い糖化率が得られることがわかりました。また、酵素添加量を低減できる可能性も見えてきました。今後は蒸煮にかかるエネルギーや蒸煮装置購入コスト等を計算し、実用化の可能性を探っていきたいと考えています。

■参考文献

- 1) 北海道水産林務部：「平成24年北海道特用林産統計」（2013.1）
- 2) 檜山 亮：林産試だより2011年12月号，5-7
- 3) バイオ燃料技術革新協議会：「バイオ燃料技術革新計画」（2008.3）
- 4) 折橋 健：林産試だより2009年11月号，1-2
- 5) B. Adney, J. Baker：「Measurement of Cellulase Activities」Technical Report NREL/TP-510-42618
<http://www.nrel.gov/biomass/pdfs/42628.pdf>