

木質飼料とキシロース

斉藤直人

1. はじめに

木材はセルロース（構成比50～55%）、ヘミセルロース（15～25%）、リグニン（20～25%）その他（10%以下）の成分からなっています。この大半を占めるセルロースを、牛の飼料として利用するために、木材の蒸煮処理による飼料化が始まりました。しかし本来、この変換技術は、バイオマスの総合利用における一手段として確立されたものです。つまり、ヘミセルロースやリグニンも合わせて利用できる処理法でもあるわけです（木質飼料の副産物の利用法については、本誌1987年9月号をご覧ください）。

現在、風連町での飼養試験や飼養マニュアル（農林水産省、1987年）に取り上げられている樹種はシラカンバ材で、この木はキシロースを多く含んでいます。キシロースは、ヘミセルロースの構成物の一つで、砂糖のように甘く、ダイエット甘味料や医薬品原料として、今後の利用に期待が持たれています。そこで我々研究グループは、木材の蒸煮処理から産み出される第2の有効物質としてこのキシロースに注目しました。

今までキシロースは、木質飼料に吸収または附着されたまま、飼料として利用されていました。確かにキシロースは牛のえさにもなりますが、キシロースの市場価格（現在は500円/kg程度）を考えますと、十分、付加価値の高いものとして位置付けることができます。むしろ飼料のコスト的な問題からみると、積極的に回収することが必要です。つまり、蒸煮シラカンバ材を直接飼料にす

るのではなく、蒸煮後の飼料をいったん熱水で処理してキシロースを取り、その残さを改めて飼料にするのです。

しかし、キシロースを取り除くことで飼料の収率は低下し、飼料価値も下がることが予想されます。そのため、飼料とキシロースの両者の価値が成立する条件や処理法の検討が必要です。そこで、キシロースの簡易な抽出法の検討と、その残さの飼料価値からシラカンバの木質飼料の製造条件を改めてみつめ直すことにしました。

2. 抽出とは

簡易な抽出法の検討といたしましたが、まず抽出について考えてみます。広辞苑では、抽出（ちゅうしゅつ）ぬき出すこと。ひき出すこと。（extraction）固体・液体からある物質を、液体で溶解してとりだすこと。と、記されています。つまり、木質飼料の場合の抽出とは、キシロースなどの化学成分を熱水などで溶解してとりだすことをいいます。

一般的に“生の木材”を熱水で処理することで抽出される成分は、有機の塩、糖、ガム、タンニンおよび色素の一部などです。シラカンバを今回の蒸煮条件（条件はあとで説明します）で飼料化した場合は、とくにキシロースが熱水によく溶けます。このことから、我々はキシロースの抽出法として、まず熱水を用いることにしました。

3. 抽出条件の検討

抽出といっても、作業性や操作性に加えてコスト的に満足できる簡易な抽出方法となると、設定条件も限られてきます。そこで、JIS法による熱水抽出率の測定条件や操作を基本として考えることにしました。JIS法では、まず、試料2gと蒸留水100ccを200ml容三角フラスコに入れ、沸騰水浴中に3時間浸漬します。ガラスフィルターで内容物を吸引口過し熱水で洗浄後、乾燥し、残さ重量を求めます。そして、その溶出量を逆算して熱水抽出率を算出します。JIS法による抽出率の測定は、すべての抽出物を可溶化して求める必要がありますが、キシロースの簡易な回収法としてこの方法を用いるとすれば、次の3つの問題点があります。まず、試料に対する抽出液の量が多い、つまり液比が高く1:50であること。抽出時間が3時間と長いこと。抽出温度が高いことです。そこで、この3点を中心にその改良を検討しました。なお、検討に用いた蒸煮木粉の熱水抽出率は7.5%でした。

1) 蒸煮および試料の調製

シラカンバチップ(水分42.2%)を原料として、圧力16kgf/cm²で10分間の蒸煮を行いました。この条件で蒸煮処理すると、飼料の糖化率が最も高く、収量も安定することがわかっています。

さらにこれを、解繊あるいは粉碎し、形状の異なる下記の3種類の蒸解物についてその抽出条件を検討しました。

チップ: 蒸煮チップ(未処理)

ファイバー: 蒸煮チップをインパクトミル(ユニバーサル・クラシャー間隙20mm, 回転数2,000r.p.m.)で解繊したものの

木粉: ウィレーミルで粉碎し32~60メッシュに調製したものの

2) 抽出残さの糖化率

木質飼料を熱水で処理する場合、さきにふれたように重要な問題が生じます。それは、キシロースを取り出すことによって、熱水処理された木質飼料の栄養価値が低下することです。この低下が大きいと、残さを飼料として利用する構想そのも

のが成り立ちません。そこで、“飼料価値が高い”とされる糖化率60%を目安に、抽出後でもこの値が維持できるかどうかを検討しました。

まず、木粉を異なった液比で熱水処理し各々の除去率を求めるとともに、残さの糖化率を求めました。糖化率は試料200mgと酵素(セルラーゼ)50mgをpH4.8の緩衝液10mlに加え、40で48時間糖化し、その残さの乾燥後の重量を求め、その溶出量を逆算して算出します。ここで用いた木粉の糖化率は69.9%でした。また、木粉の糖化率と除去率から、次式より残さの糖化率を求め表1に示しました。なお除去率は、木粉から実際の熱水処理により取り除かれた量を算出したものです。計算で得た糖化率(%)

$$= \frac{(\text{木粉の糖化率} - \text{除去率}) \times 100}{100 - \text{除去率}}$$

その結果から、抽出残さの糖化率と計算値がほぼ一致し、残さの糖化率は上式で算出できることがわかりました。また、液比100の場合でも60.1%の糖化率が得られ、60%の目安を満足するものでした。つまり、木質飼料からすべてのキシロースを取り除いても、十分飼料価値のあるものが得られるといえます。

表1 熱水抽出残さの糖化率

液比 ^{a)}	除去率 ^{b)} (%)	固形分 ^{c)} 濃度(%)	残さの糖化率(%)	計算で得た糖化率(%)
1:100	23.9	0.25	60.1	60.4
2:100	19.1	0.46	62.1	62.8
4:100	19.0	0.87	63.4	62.8
8:100	17.2	1.66	63.2	63.6
16:100	13.9	3.11	64.2	65.0
32:100	7.7	4.38	67.0	67.4

a) 木粉: 熱水の重量比
b) 1回の濾過で除去された熱水抽出物の割合
c) 熱水抽出液の固形分濃度

3) 熱水処理と固形分

ここで、もうひとつ熱水で処理することで懸念されることがあります。それは処理することで、キシロースが分解して、酢酸やフルフラールのような揮発成分に変化する可能性です。そこで、図1に熱水処理による除去量とその抽出液の固形分

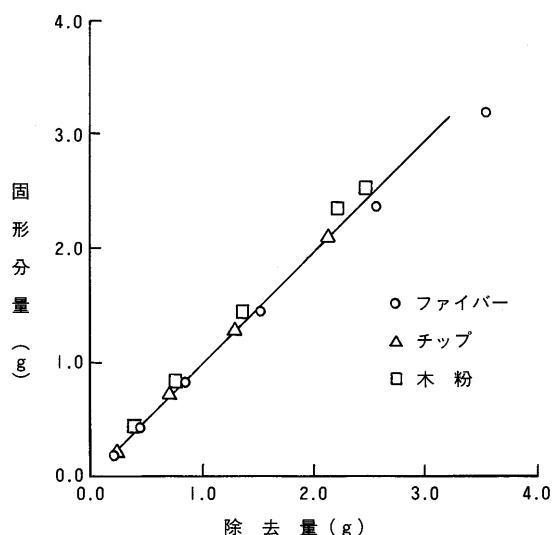


図1 熱水抽出による除去量と抽出液の固形分量との関係

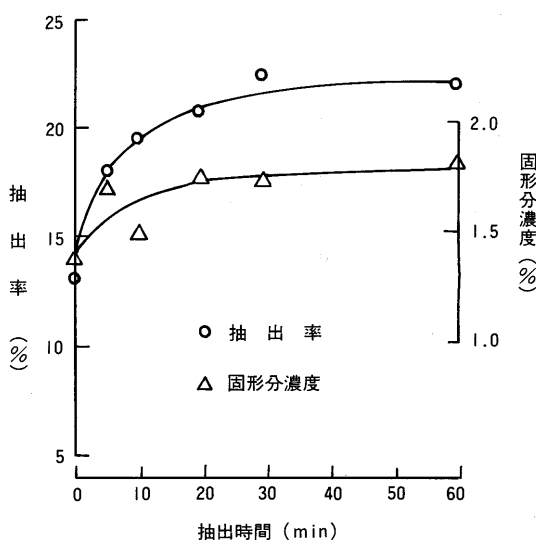


図2 抽出時間の影響

量との関係を示しました。この結果、ほぼ除去量と固形分量が一致することがわかりました。また、ここでは示していませんでしたが、抽出液の還元糖量も処理の前後で変化は認められませんでした。

これらのことから、蒸煮物から熱水で抽出されたキシロースが、この処理の間に分解し、揮発性の物質に変わるという可能性はほとんどないと思われる。

以上から、熱水処理がキシロースを取り出す方法として、有効であることがわかります。それでは、以下にキシロースの抽出条件を述べます。

4) 抽出時間の影響

蒸煮チップをクラッシャーで砕いたファイバーを水100gに加え、100 でそれぞれ0, 5, 10, 20, 30, 60分間熱水処理を行い、抽出率と固形分濃度を求め図2に示しました。この結果、液比が十分高く、形状的に抽出が容易と思われるファイバーでは30分程度で抽出率は平衡状態に達し、短時間で容易に抽出できることがわかりました。この傾向は固形分濃度においても認められました。これらから熱水抽出の時間は1時間程度で十分と思われる。

5) 温度による効果

次に抽出温度の影響を検討しました。抽出温度

を20, 40, 100 とし、温度と抽出率および固形分濃度の関係をファイバーについて求めました。その結果、20と40 よりも100 の抽出率は5%向上していました。しかし、これは温度の効果よりも100 での沸騰と対流という一種のかくはん効果が大きく影響していると考えられます。

6) 回転抽出(かくはん)の効果

そこで物理的かくはんによる効果を検討しました。その結果、抽出率で2%、固形物濃度で0.1%の向上がみられましたが、時間効果は低いことがわかりました。つまり処理としては、最初の段階で十分かくはんすることがよく、これで抽出時間を短縮できます。

7) 処理液の濃度の向上

次に簡易な手法で高濃度のキシロースを回収する方法として、バットでリサイクルする方法、つまり処理液を繰り返し抽出に使用し濃度を高める方法と、液比を下げる、つまり一定量の抽出液でより多くの蒸解物を処理する方法のふたつを検討しました。

(1) リサイクル処理

チップ8gとファイバー4gを100mlを維持した抽出液で繰り返し処理し、処理回数と抽出液の固形分量の関係を求めて図3に示しました。こ

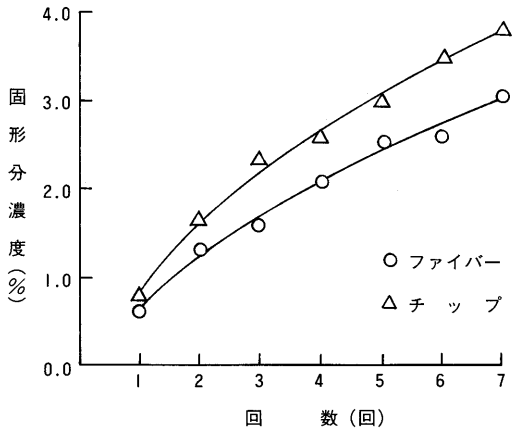


図3 リサイクル処理と抽出液の固形分濃度の関係

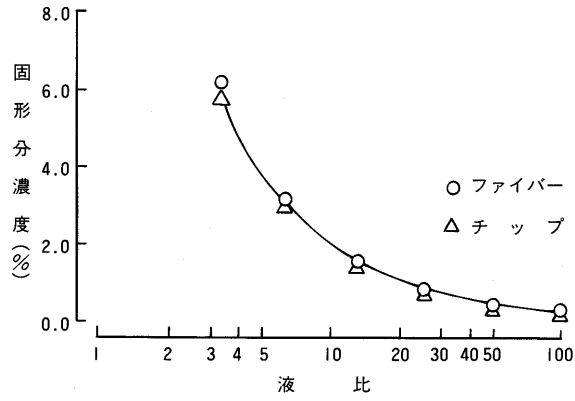


図4 液比と抽出液の固形分濃度の関係
注) 液比は蒸解物を1としたときの配合液量

の結果、チップで4%またファイバーで3%の固形分濃度の抽出液が得られました。しかし、この処理では5, 6回目ぐらいから、濃度の高まった抽出液が、あらたに処理した蒸解物に吸着・吸収されてしまい、回収された抽出量は全体的に低いものでした。また、繰り返し処理するために、処理時間を多く要し、作業性にも問題がありました。

(2) 液比

次に、処理の便利性・簡易性から以下の手法を考えました。

一定の溶媒量(100gの水)でチップ、ファイバーおよび木粉の所定量(絶乾1, 2, 4, 8, 16, 32g)を1時間熱水処理し、処理量とその抽出液の全固形分量の関係を図4に示しました。図4から低い液比で処理することで、高濃度の液を得ることがわかりました。しかし、蒸煮物のかさばりを考慮すると、100gの水にファイバーを33g

の割合で入れるような液比1:3の場合は、得られる抽出液の量が減り抽出物の絶対量は低下します。そのため、濃度と収率の両者を考えると処理量は20g程度つまり液比1:5が適当といえます。

4. 今後の展開

以上の結果から、かくはんしながら液比1:5の水で処理することが、キシロースの簡易な抽出法として適当との結論に達しました。しかし、いずれの抽出液も数日の放置で腐朽し、保存性を満足するものではありませんでした。この保存性を満足するには、さらに高濃度化することが必要で、そのためには抽出装置などへの設備的投資は避けられないと考えます。そこで、機械的手法での抽出法について、当試験場所有のスクリュープレスを使い検討中で、その結果は後日まとめて報告したいと思います。

(林産試験場 成分利用科)