

木質飼料の製造に関する研究（第3報）

—蒸煮による抽出と消化性の影響—

斎藤 直人 大宮 康則
遠藤 展 松本 章*

Studies on the Production of Wood Roughage by Steaming (III)

—Extraction by steaming and its effects on
saccharification—

Naoto SAITO Yasunori OMIYA
Hiromu ENDO Akira MATSUMOTO

Shirakanba, *Betula platyphylla*, chips were subjected to steam hydrolysis, and the resulting mixture was re-fluxed with water and/or an aqueous sodium hydroxide. The obtained results are summarized as follows:

(1) Hot water helped remove about 20 percent mono-oligosaccharides from the steamed Shirakanba and the extent of enzymatic hydrolysis varied from 70 to 55 percent.

(2) The removal of lignin during alkali treatment increased the enzymatic saccharification of the steamed wood. The saccharification, however, differed considerably among wood species.

(3) Treatment with a 1-percent urea-sodium hydroxide was found to be considerably effective for increasing the saccharification of hardwood roughage.

シラカンバチップを蒸煮し、その木粉を用いて熱水、アルカリ、逐次抽出して検討し、以下の結果を得た。

(1) 熱水抽出することで、蒸煮木粉あたり20%の単糖、オリゴ糖を得た。そして、その残りの糖化率は、70%から55%に変化した。

(2) 蒸煮木粉をアルカリ抽出すると、リグニンは溶出し消化性が向上した。

(3) 蒸煮した広葉樹材に、1%尿素添加水酸化ナトリウム水溶液を用いると、消化性が効果的に向上した。

1. はじめに

木質飼料製造技術の経済性を高めるために、蒸煮処理により溶出するキシロース、フルフラール及びリグ

ニンなどの副産物の有効利用が要求されている。本研究は副産物の有効利用に関する基礎資料を得る目的で蒸煮条件と副産物の質、量的関係を検討した。さら

に、蒸煮飼料のアルカリ処理で消化性の向上が観察されたので併せて報告する。

2. 実験

2.1 測定法

第1表 シラカンバ蒸煮条件

条件	圧力-時間 (kg/cm ²) (min)	蒸煮収率 ^{a)} (%)	糖化率 ^{b)} (%)
0	未蒸煮	100.0	0.6
I	8 - 5	98.5	7.2
II	8 - 10	99.4	31.2
III	8 - 15	97.7	47.0
IV	8 - 20	97.5	53.3
V	10 - 5	98.7	32.6
VI	10 - 10	98.3	58.2
VII	10 - 15	98.0	65.9
VIII	10 - 20	94.2	68.0
IX	12 - 5	99.4	49.4
X	12 - 10	96.3	68.9
XI	12 - 15	93.7	71.1
XII	12 - 20	89.1	70.5
XIII	14 - 20	86.3	69.3
XIV	16 - 20	80.5	65.6

注) a): 対チップ (%), b): 対蒸煮試料 (%)

500l容のオートクレーブを用いて、第1表の条件で蒸煮したシラカンバチップをウィレーミルで、32~60メッシュに粉碎し、前報¹⁾同様にメイセラゼによる糖化率、クラーソンリグニン(K.L.)率、熱水抽水率、アルカリ抽出率さらに逐次抽出(熱水抽出後さらにアルカリ抽出する)率を求めた。

また、試料の還元糖量はソモジ・ネルソン法で、構成糖組成はアルジトールアセテート法で求めた。

2.2 後処理の糖化率

2.1で熱水、アルカリ及び逐次抽出した各々の残さを減圧乾燥し、糖化率及びK.L.率測定に供試した。

さらに、ブナ、ナラ及びシナノキの糖化率既知の蒸煮試料も加えて、1%水酸化ナトリウム及び1%尿素添加した1%水酸化ナトリウム水溶液で1時間煮沸し、減圧乾燥後、同様の測定に供試した。

3. 結果と考察

3.1 抽出物の検討

3.1.1 熱水可溶部

シラカンバの未蒸煮試料の糖組成と蒸煮条件

第2表 蒸煮シラカンバの熱水抽出と抽出物の糖組成

条件	蒸煮収率 (%)	糖化率 (%)	熱水抽出率 (%)	熱水可溶部					
				単糖 ^{b)} (%)	全糖組成 (%)				
					Ara.	Xy.	Man.	Gal.	Glu.
0 ^{a)}	—	0.6	1.5	57.0	1.9	36.3	(8.5)	53.3	
II	99.4	31.2	11.5	7.8	3.0	70.8	4.3	18.9	3.0
VI	98.3	58.2	21.9	13.2	5.7	65.8	6.5	16.5	5.3
XI	93.7	71.1	27.7	48.7	2.7	53.9	5.6	34.7	3.1

注) a): 未蒸煮試料の熱水可溶部は、加水分解液, b): 対熱水抽出物 (%)

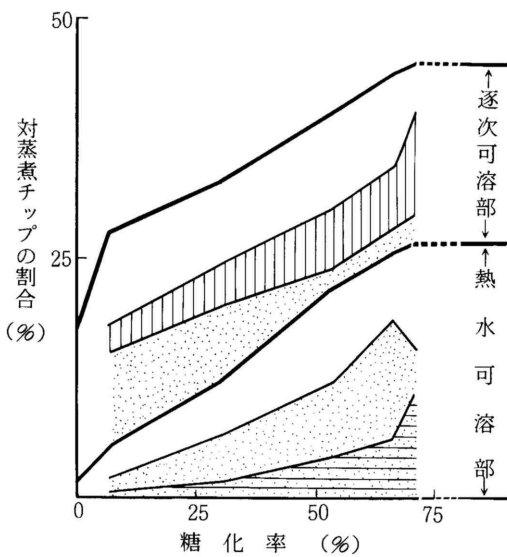
第3表 蒸煮シラカンバのアルカリ抽出と残さ挙動

条件	糖化率 (%)	蒸煮収率 (%)	アルカリ抽出 (%)						
			抽出液				残さ		
			抽出率 ^{a)}	還元糖 ^{b)}	沈殿物 ^{b)}	3%硫酸加水分解液 還元糖 ^{b)}	沈殿物 ^{b)}	糖化率 ^{c)}	酵素分解 還元糖 ^{c)}
I	7.2	98.5	30.5	2.3	7.3	24.2	4.7	54.7	42.5
V	32.6	98.7	34.6	2.9	5.1	28.3	7.2	60.4	53.0
IX	49.4	99.4	40.4	3.2	4.2	18.6	9.0	62.1	57.9
VI	58.2	98.3	43.0	3.0	4.3	20.5	7.9	65.9	61.5
VIII	68.0	94.2	47.9	3.7	3.4	7.3	10.4	67.9	65.3
XIII	69.3	88.8	52.9	3.7	4.4	4.1	15.7	74.6	76.7

注) a): 対蒸煮試料 (%), b): 対抽出物 (%), c): 対残さ (%)

及び の3試料の熱水可溶部の還元糖量及び糖組成を第2表に示した。前報¹⁾で熱水抽出率が、糖化率と一次的相関性を持つことを示したが、単糖量は蒸煮条件が厳しくなるに従って急激に増加した。また、それに伴ってセルロースの分解に基づくグルコース及びLCC³⁾⁴⁾の分解に基づくガラクトースが増加したため、相対的にキシロース量は低下した。また、蒸煮条件が温和なほどオリゴ糖の相対量が多いことも認められた。

これらの結果より、副産物利用の範囲をキシロースと以外の分解物についても検討する必要があると思われる。



第1図 蒸煮シラカンバの熱水可溶部及び逐次可溶部の挙動

注) 3%硫酸水溶液による加水分解後の還元糖量(%)
 熱水可溶単糖量(%)
 3%硫酸水溶液による加水分解による沈殿量(%)

れる。

3.1.2 アルカリ可溶部

蒸煮条件 , , , 及び0のシラカンバ6試料についてアルカリ抽出し結果を第3表に示した。

の試料は蒸煮収率が高いため、抽出液中の糖量が増加された形になった。アルカリ抽出液中の糖量が、熱水抽出液中のそれより大きく減少しているのは、蒸煮後のアルカリ抽出でキシロースなどの還元糖が著しく分解^{5),6)}したためと思われる。

また、アルカリ抽出物の加水分解後の糖量は、糖化率の高い試料ほど減少する傾向を示した。このことは、キシロオリゴ糖などの加水分解を示唆した。なお、沈殿物は、蒸煮リグニンの硫酸による縮合⁷⁾に基づくものと思われるが、蒸煮条件が厳しいほど増加した。

さらに、残さの酵素分解物はほぼ還元糖からなり、蒸煮条件の温和なものほどオリゴ糖が存在した。また、各々の残さはアルカリ処理により糖化率が向上し、抽出率と強い相関性を示した。

3.1.3 熱水及び逐次可溶部

シラカンバの0, , , 及びXIIの6試料について熱水と逐次抽出率、糖量及び沈殿物量を第1図に示した。この結果、糖化率の向上に伴って逐次抽出率は低下し、逐次可溶部中の糖の減少と可溶性リグニンの増加が示された。糖化率50%以上の試料の糖は、逐次抽出よりも熱水抽出中に可溶した。また、糖化率70%以上の試料は、糖の分解とリグニンの溶出が急増した。

以上の結果から、シラカンバ蒸煮飼料あたり熱水処

第4表 蒸煮シラカンバの抽出残さの糖化率変化

条件	蒸煮収率 (%)	糖化率 (%)	K. L. ^{a)} (%)	熱水抽出			逐次抽出		
				抽出率 ^{a)} (%)	糖化率 ^{b)} (%)	K. L. ^{b)} (%)	抽出率 ^{b)} (%)	糖化率 ^{c)} (%)	K. L. ^{c)} (%)
0	100.0	0.6	18.9	1.5	—	18.9	17.6	33.4	22.9
II	99.4	31.2	21.1	11.5	13.6	21.8	24.6	55.2	20.5
VI	98.3	58.2	21.6	21.9	35.0	23.9	24.4	63.5	19.0
XI	93.7	71.1	23.0	27.7	56.8	27.1	25.5	72.6	17.2

注) a) : 対蒸煮試料(%), b) : 対熱水抽出残さ(%), c) : 対アルカリ抽出残さ(%)

理で20%の糖とアルカリ処理で10%のリグニンを、副産物として選択的に回収できると考えられる。

3.2 後処理の消化性に及ぼす影響

3.2.1 抽出による糖化率の変化

3.1.1の残さ及び逐次抽出残さの糖化率及びK.L.率の変化を第4表に示した。これらの結果から、熱水抽出により消化性を高めることは望めないが、X Iの試料は、熱水処理しても糖化率56.8%の高消化性飼料になり得ることが示された。この条件では、熱水抽出物と飼料がともに利用でき、今後十分に検討する価値があると思われる。

また、逐次抽出は未蒸煮飼料を消化性の高い飼料に加工できることが示された。しかし、アルカリ処理により飼料収率は大きく低下するため、抽出物利用が重要になった。

3.2.2 薬品を用いた後処理

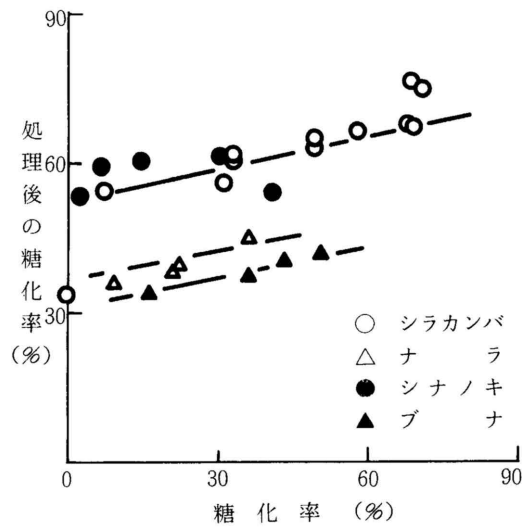
アルカリ処理により糖化率の向上が期待される。そこで、広葉樹材4樹種の蒸煮試料について、1%水酸化ナトリウム水溶液で処理し、その結果を第2図に示した。アルカリ処理が逐次処理よりも、糖化率で2~6%高かったが、同様に消化性も直線的に向上した。それぞれの樹種で、糖化率は異なったが、低消化性試料ほど有効性が高かった。シラカンバ及びシナノキの糖化率は60%にも達し、後者は未蒸煮試料でも53%であった。なお、ネマガリダケも、未蒸煮で47%であった。

この結果、蒸煮圧力10kg/cm²以下で短時間蒸煮し、アルカリ処理することで糖化率60%以上の飼料が得られると思われる。このことは、蒸煮圧力の低下による光熱費及び飼料製造の設備投資を低減できる可能性を示唆した。

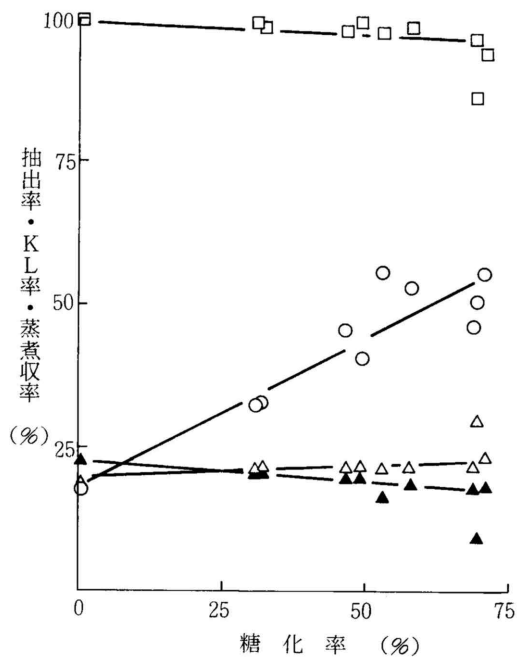
なお、ブナ及びナラでは収率の低下を伴うので有効性は低く、さらにカラマツ、トドマツについては、ほとんど処理効果はなかった。

K.L.率のアルカリによる変化と糖化率の関係を第3図に示した。蒸煮によりK.L.量は増加する傾向をもち、過蒸煮状態では急激に増加した。しかし、後処理することで高消化性のものほど蒸煮リグニンが溶出

し、糖加率が向上することが示された。さらに、蒸煮木粉の後処理に有効な薬品の検討を行う

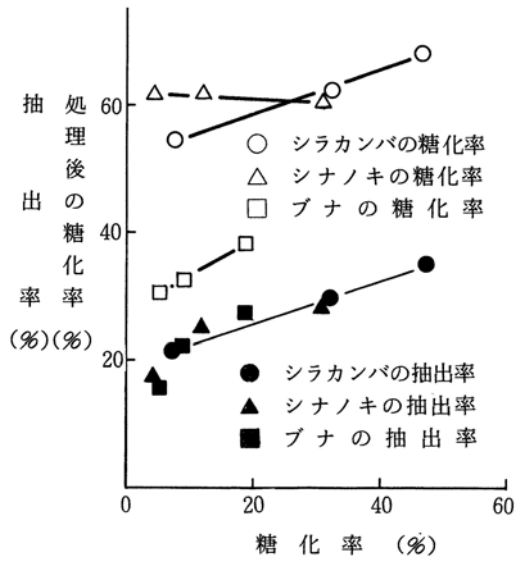


第2図 蒸煮広葉樹材の1%水酸化ナトリウムによる糖化率の変化



第3図 シラカンバの糖化率とアルカリ処理によるK.L.率の関係

注) - - アルカリ抽出率 (%)
 - - 蒸煮試料のK.L.率 (%)
 - - アルカリ処理後のK.L.率 (%)
 - - 蒸煮収率 (%)



第4図 シラカンバ、シナノキとブナの1%尿素+水酸化ナトリウム水溶液による糖化率及び抽出率の変化

た。その結果、1%尿素添加した水酸化ナトリウム水溶液が優れており、糖化率との関係を第4図に示した。アルカリのみの処理よりも抽出率は数パーセント低く、K.L.率は変わらなかった。そして、糖化率で5%以上シラカンバとブナは向上した。さらに、飼料に残存する尿素はタンパク源になり得ることから、この処理法により、高収率・高消化性飼料として利用できると考える。

4. まとめ

以上の結果をまとめると、

シラカンバの糖化率70%以上の製造条件では、熱水処理することで、糖化率約55%以上の木質飼料と20% (対蒸煮チップ) のキシロース、ガラクトース及びオリゴ糖が副産物として得られる。

また、アルカリ処理は、蒸煮リグニンの可溶と処理残さの消化性を向上する。

さらに、蒸煮飼料の後処理に、1%尿素添加水酸化ナトリウム水溶液を用いると、高収率・高消化性飼料に加工できる。

謝辞

筆者等は、実験遂行上種々御協力及び有益な助言をくださった以下の方々に感謝の意を表します。

林産化学部	化学利用科	葛西	章
		青山	政和
	繊維化学科	安久津	久
試験部	繊維板試験科	森山	実
		吉田	兼之
		中村	繁夫
			(敬称略)

文献

- 1) 齊藤直人ほか3名：林産試月報 410, 7 (1986)
- 2) 安久津久ほか4名：林産試月報 413, 14 (1986)
- 3) A. Bjokman : Svensk papperstidn 59, 477 (1956), 60, 158 (1957)
- 4) 志水一允ほか3名：木材学会誌 vol 29, No. 6 (1983)
- 5) 松村義人, 須藤賢一, 志水一允：木材学会誌 vol 23, No. 11 (1977)
- 6) M. H. Johansson and O. Samuelson : Svensk Papperstidn, 80, 519 (1977)
- 7) 安田征市, 寺島典二, 伊藤 健：木材学会誌, vol 23, No. 3 (1981)

—試験部 繊維板試験科—

—*指導部 調査科—

(原稿受理 昭61. 12. 12)