(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2011-55732
(P2011-55732A)
(43)公開日　平成23年3月24日(2011.3.24)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
C12P 19/00	(2006.01)	C12P 19/00		4B064

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 12 頁）

(21)出願番号　特願2009-206556 (P2009-206556)
(22)出願日　平成21年9月8日 (2009.9.8)

（出願人による申告）国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成２０年度独立行政法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構、新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／メカノケミカルパルピング前処理によるエタノール生産技術開発委託研究、産業技術力強化法第１９条の適用を受ける特許出願）

(71)出願人　000122298
王子製紙株式会社
東京都中央区銀座４丁目７番５号
(74)代理人　100102369
弁理士　金谷　宥
(74)代理人　100146927
弁理士　船越　巧子
(72)発明者　岩崎　裕次
東京都江東区東雲１－１０－６　王子製紙株式会社東雲研究センター内
(72)発明者　一宮　維幸
東京都江東区東雲１－１０－６　王子製紙株式会社東雲研究センター内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】樹皮原料から糖類を製造する方法

(57)【要約】
【課題】バイオマスとして未利用資源である樹皮を原料とし、安価な設備を用いて、比較的穏和な条件下で少ない投入エネルギーにて、リグノセルロースの酵素糖化を促進することを可能とする前処理方法を提供する。
【解決手段】　樹皮原料を、機械的に破砕して繊維化する破砕繊維化処理工程、該破砕繊維化処理工程からの破砕繊維化処理樹皮をアルカリ化合物及び水と混和するアルカリ処理工程、及び該アルカリ処理工程からのアルカリ処理樹皮を酵素で糖化処理する酵素糖化工程を有することを特徴とする、樹皮原料から糖類を製造する方法。
【選択図】なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
樹皮原料を、機械的に破砕して繊維化する破砕繊維化処理工程、該破砕繊維化処理工程からの破砕繊維化処理樹皮をアルカリ化合物及び水と混和するアルカリ処理工程、及び該アルカリ処理工程からのアルカリ処理樹皮を酵素で糖化処理する酵素糖化工程を有することを特徴とする、樹皮原料から糖類を製造する方法。
【請求項２】
前記破砕繊維化処理樹皮が、繊維長３ｍｍ以上の繊維が２０％以上含まれる木質繊維であることを特徴とする、請求項１に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
【請求項３】
前記破砕繊維化処理工程が、一軸破砕機、二軸破砕機、及びハンマークラッシャーのいずれかを用いて樹皮原料を破砕繊維化する処理工程であることを特徴とする、請求項１又は２に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
【請求項４】
前記アルカリ処理工程における処理温度が１～３００℃で、処理時間が１分～７２時間であることを特徴とする、請求項１～３のいずれか１項に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
【請求項５】
前記アルカリ処理工程からのアルカリ処理樹皮を機械的に磨砕処理する磨砕工程を有することを特徴とする、請求項１～４のいずれか１項に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
【請求項６】
前記磨砕処理工程が、レファイナー、ニーダー、離解機、パルパー、及びブロアーのいずれかを用いて樹皮原料を磨砕する処理工程であることを特徴とする、請求項６に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、樹皮を糖類製造用の原料として利用するための前処理方法及び該前処理樹皮を原料とする酵素糖化方法に関する。

【背景技術】
【０００２】
樹木は細胞分裂が活発な形成層を境界にその内側の木部と外側の樹皮に分けられる。樹皮は総樹木重量の約１０～１５％を占め、若いユーカリでは、樹皮は木部と比べてリグニン含量が比較的に低く、可溶性成分を多く含み柔軟である。さらに、樹皮は死んだ組織の外樹皮と生きている組織の内樹皮に分けられる。
【０００３】
外樹皮は主に周皮あるいはコルク層からなり、木材組織を機械的損傷から守るとともに、温度と湿度の変動を小さくしている。
内樹皮は師要素、柔細胞および厚壁細胞からなり、師要素は液体と栄養素の運搬の機能を持ち、柔細胞はデンプン等の栄養素貯蔵の機能を持ち、内樹皮の師要素間に介在する。厚壁細胞は支持組織として機能し、木部の年輪と同じように層状に観察され、形によって靭皮繊維とスクレレイドとに区別される。
【０００４】
樹皮組織は、大きく分けて、繊維、コルク細胞及び柔細胞を含む微細物質からなる。樹皮の繊維は、木部の繊維と化学的に似ており、セルロース、ヘミセルロース及びリグニンからなる。コルク細胞及び柔細胞を含む微細物質には多量の抽出成分が存在し、コルク細胞の壁にはスベリン類が、微細物質画分にはポリフェノール類が多い。このように、樹皮は木部と異なり多くの有用な可溶性成分を含有し、その量は乾燥質量の２０～４０％に達し、しかも繊維画分には木部と同様な繊維質を有しているという優れた性質を有している。しかし、樹皮は、材木用途では使用されず、製紙工程のパルプ化の際には、わずかに混入してもパルプの品質を低下させるため、枝や根とともに植林地で肥料として土壌に戻されるか、製材工場又はチップ工場で剥皮され焼却されており、木質系バイオマスとして有効利用されていない。
【０００５】
現在、製紙用パルプ原料としてマツ、アカシア、ユーカリなどが植林されている。その中でユーカリは５００種類以上あり、生長が早く伐採期間が７年から１０年と短く、乾燥地帯でも生育するため、製紙用材以外にも緑化目的などでも世界中に広く植林されている。
一方、地球温暖化防止の観点から化石燃料由来のCO_2排出削減のため、バイオマスの有効利用が注目されている。しかし、近年、トウモロコシ等の食品系バイオマスからのバイオエタノールの製造は食品価格の上昇を引き起こし、発展途上国では食糧不足などの重大な問題を引き起こしている。そこで食料と競合しない木質系バイオマス、すなわちリグノセルロースからのバイオエタノールの製造が注目されている。
【０００６】
リグノセルロースを利用する際には、セルロースを単糖であるグルコース等に分解する糖化が重要な段階となる。
現在、リグノセルロースから単糖を生成する方法として基本的には、酸加水分解法、超臨界水による加水分解法、そして酵素糖化法の三つの方法がよく知られている。
酸加水分解法は酸の濃度によって、希酸法と濃酸法が提案されている（特許文献１、特許文献２）。希酸法では、温度、圧力がともに高く、添加した酸により装置が腐食してしまう。さらに生成した糖類と酸を分離するのが困難で経済的に有効な酸回収方法がない等の問題がある。また、濃酸法は、比較的に温度及び圧力が低いため、安価な反応装置材料が利用でき、グルコースの収率も高い。しかし、希酸法と同様に生成した糖類から経済的に有効な酸の分離・回収法がないため、多量の廃酸が発生するという問題がある。
【０００７】
一方、亜臨界状態又は超臨界状態の水を用いてセルロースを加水分解処理し、オリゴ糖や単糖類のグルコースを生産する超臨界法が提案されている（特許文献３、特許文献４）。超臨界法では、超臨界水の特徴を利用し、短時間でセルロースを完全にオリゴ糖や単糖に分解することが可能であるが、高温、高圧下で反応を行うため、装置が高価になってし

まうこと、発生する酸による装置の腐食等の問題がある。
【０００８】
酵素糖化法においては、リグノセルロース中のリグニン及びヘミセルロースがセルロースと結合しており、酵素のセルロースへの接触を阻害しているため、グルコース収率が低くなってしまう。そこで、通常、酵素による分解性を促進するため、酵素糖化に先立って加圧熱水処理、蒸煮及び爆砕による物理的前処理、酸やアルカリによる化学的前処理が施される。
【０００９】
加圧熱水処理は１２８～２０５℃、１～２ＭＰａという高温高圧条件で処理する方法が提案されている（特許文献５）。
また、１００～５００℃、飽和蒸気圧～５０ＭＰａという高温高圧条件で処理する方法が提案されている（特許文献６）。
【００１０】
蒸煮処理としては、１５８～２２５℃、５～３０ｋｇ/ｃｍ^{2}という高温高圧条件で処理する方法が提案されている（特許文献７）。
また、爆砕処理としては、蒸煮処理と同程度の条件下でリグノセルロースを保持した後、瞬時に常圧に戻す方法が提案されている（特許文献８）。
上記した各方法は、いずれも高温高圧で処理することが必要であり、反応装置が高価であり、高温高圧にするための投入エネルギーが大きいという問題がある。
【００１１】
酸処理法としては、０．１～５％希硫酸で１４０～２３０℃の高温で処理した後、湿式粉砕する方法が提案されている（特許文献９）。
アルカリ処理法としては、バイオマスを水酸化ナトリウム等のアルカリ化合物で処理する方法が提案されている（特許文献１０～１２）。
【００１２】
上記の各提案は、あらかじめリグノセルロースを数百μｍ程度まで粉砕し、反応させるか、または数ｍｍ程度以下まで粉砕した後、高温高圧下で反応させる必要がある。一般的にリグノセルロースを数百μｍ程度まで粉砕、または高温高圧下で反応させるためには多量のエネルギーを要するという問題がある。さらに、高温高圧で反応させるためには装置が高価となる問題がある。しかしながらこれらの提案には粉砕工程または高温高圧下で反応させるのに必要なエネルギー量についての記述がない。
【００１３】
上記の提案以外にも、現在、様々なリグノセルロースの酵素による糖化に関して、多くの前処理法が検討されている。しかし、ほとんどの前処理方法は、あらかじめリグノセルロースを数ｍｍ程度以下まで粉砕した後、高温高圧下で反応するか、または酸・アルカリにより処理した後、湿式磨砕等で、さらに数百μｍ程度まで微細化しなければ、続く酵素による糖化工程での糖化効率が大きく低下するという問題があった。しかし、酵素を用いたこれらの方法ではリグノセルロースの前処理に多大なエネルギーを投入する必要があり、この投入エネルギーがリグノセルロースから製造されるバイオエタノールに含まれるエネルギーを上回ったりして、リグノセルロースからバイオエタノールを製造しても、CO_2の排出削減とはならないという大きな問題がある。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１４】
【特許文献１】特開２００４－２５９５１３公報
【特許文献２】特開２００５－６３６８６公報
【特許文献３】特開平５－３１０００号公報
【特許文献４】特開平１０－３２７９００号公報
【特許文献５】特開２００６－１３６２６３号公報
【特許文献６】特開２００７－２０５５５号公報

【特許文献７】特開平１０－１１７８００号公報
【特許文献８】特開昭５９－２０７９９７号公報
【特許文献９】特開２００７－１２４９３３号公報
【特許文献１０】特開昭５９－１９２０９３号公報
【特許文献１１】特公昭６３－２８５９７号公報
【特許文献１２】特開２００８－９２９１０号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１５】
従来のリグノセルロースの前処理方法は、高温高圧条件下で反応を行わなくてはならないために高価な設備または大量のエネルギーを要するため、コスト、バイオマスからのエネルギー回収またはCO_2の排出削減の面においても問題点があった。
本発明は、バイオマスとして未利用資源である樹皮を原料とし、安価な設備を用いて、比較的穏和な条件下で少ない投入エネルギーにて、リグノセルロースの酵素糖化を促進することを可能とする前処理方法を提供することを課題とする。
【課題を解決するための手段】
【００１６】
本発明は、前記課題を解決するため鋭意研究した結果、木部と比べてリグニン含量が低く、可溶性成分を多量に含む樹皮に注目し、破砕後の樹皮の大きさを過度に小さくしない、以下の各技術手段を選択し採用することによって、安価な設備を用いて、少ない投入エネルギーを用いた比較的穏和な条件下で原料樹皮の糖化を促進せしめることができることを可能ならしめた「樹皮原料から糖類を製造する方法」に関する下記の発明である。
【００１７】
（１）樹皮原料を、機械的に破砕して繊維化する破砕繊維化処理工程、該破砕繊維化処理工程からの破砕繊維化処理樹皮をアルカリ化合物及び水と混和するアルカリ処理工程、及び該アルカリ処理工程からのアルカリ処理樹皮を酵素で糖化処理する酵素糖化工程を有することを特徴とする、樹皮原料から糖類を製造する方法。
【００１８】
（２）前記破砕繊維化処理樹皮が、繊維長３ｍｍ以上の繊維が２０％以上含まれる木質繊維であることを特徴とする、（１）項記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
【００１９】
（３）前記破砕繊維化処理工程が、一軸破砕機、二軸破砕機、及びハンマークラッシャーのいずれかを用いて樹皮原料を破砕繊維化する処理工程であることを特徴とする、（１）項又は（２）項に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
【００２０】
（４）前記アルカリ処理工程における処理温度が１～３００℃、好ましくは１～１００℃、より好ましくは６０～９５℃で、処理時間が１分～７２時間、好ましくは５分～１時間であることを特徴とする、（１）項～（３）項のいずれか１項に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
（５）前記アルカリ処理工程が常圧下における処理工程であることを特徴とする（１）項～（４）項のいずれか１項に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
（６）前記アルカリ処理工程が、アルカリ化合物として水酸化カルシウムを使用する工程であることを特徴とする（１）項～（５）項のいずれか１項に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
【００２１】
（７）前記アルカリ処理工程からのアルカリ処理樹皮を機械的に磨砕処理する磨砕工程を有することを特徴とする、（１）項～（６）項のいずれか１項に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
（８）前記磨砕処理工程が、レファイナー、ニーダー、離解機、パルパー、及びブロアーのいずれかを用いて樹皮原料を磨砕する処理工程であることを特徴とする、（７）項記載

の樹皮原料から糖類を製造する方法。
【００２２】
（９）前記樹皮原料が、グランディス（ｇｒａｎｄｉｓ）種、グロブラス（ｇｌｏｂｕｌｕｓ）種、ナイテンス（ｎｉｔｅｎｓ）種、カマルドレンシス（ｃａｍａｌｄｕｌｅｎｓｉｓ）種、デグラプタ（ｄｅｇｌｕｐｔａ）種、ビミナリス（ｖｉｍｉｎａｌｉｓ）種、ユーロフィラ（ｕｒｏｐｈｙｌｌａ）種、ダニアイ（ｄｕｎｎｉｉ）種及びこれらの交雑種から選ばれるユーカリ（Ｅｕｃａｌｙｐｔｕｓ）属に属する樹木の樹皮の少なくとも１種であることを特徴とする（１）項～（８）項のいずれか１項に記載の樹皮原料から糖類を製造する方法。
【発明の効果】
【００２３】
本発明により、少ない投入エネルギーで、リグノセルロースを効率的に酵素糖化することができる状態に転化することができる前処理方法を含む「樹皮原料から糖類を製造する方法」が提供されるので、従来、木質系資源として未利用であった樹皮からバイオエタノールを製造する途を拓くものである。
【発明を実施するための形態】
【００２４】
以下、本発明の「樹皮原料から糖類を製造する方法」について詳述する。
本発明の原料は木本植物の樹皮である。樹皮原料は、入手できる状態のままで原料とすることができる。通常、搬送時の取り扱い性等を考慮して数十ｃｍ^{2}から数ｍ^{2}に裁断乃至粉砕されている状態のものであれば、そのまま処理することが好ましい。
【００２５】
樹皮原料として用いる樹種は、特に限定されないが、好ましくは、ユーカリ（ｅｕｃａｌｙｐｔｕｓ）属、さらに好ましくはグランディス（ｇｒａｎｄｉｓ）種、グロブラス（ｇｌｏｂｕｌｕｓ）種、ナイテンス（ｎｉｔｅｎｓ）種、カマルドレンシス（ｃａｍａｌｄｕｌｅｎｓｉｓ）種、デグラプタ（ｄｅｇｌｕｐｔａ）種、ビミナリス（ｖｉｍｉｎａｌｉｓ）種、ユーロフィラ（ｕｒｏｐｈｙｌｌａ）種、ダニアイ（ｄｕｎｎｉｉ）及びこれらの交雑種である。
【００２６】
本発明では、樹皮原料を酵素糖化原料とするために、樹皮原料を、機械的に破砕して繊維化する破砕繊維化処理工程、及び該破砕繊維化処理工程からの破砕繊維化処理樹皮を、アルカリ化合物と水を混和するアルカリ処理工程の両工程にしたがって前処理した後、さらに酵素で糖化処理するものである。
なお、破砕繊維化処理とは、本発明においては、樹皮原料を機械処理して木質繊維状にすることを意味し、破砕繊維化処理樹皮とは木質繊維状となった樹皮を意味する。
【００２７】
本発明の破砕繊維化樹皮は、形状が繊維状であれば特に限定されない。繊維が微細であるほど後の糖化効率が高くなるが、破砕繊維化のための所要エネルギー量も多くなるため、繊維の大きさは適度な範囲とすることが好ましい。具体的には、繊維分布として、繊維長３ｍｍ以上の繊維の割合が全体の２０％以上であることが好適である。さらに繊維長３ｍｍ以上の繊維の割合が２０％以上、かつ、繊維長１０ｍｍ以下の割合が５０％以下であることが好ましい。最も好ましくは、繊維長３ｍｍ以上の繊維の割合が２０％以上、１０ｍｍ以上の繊維の割合が１０％以下である。
【００２８】
上記、破砕繊維化処理工程で用いる装置は、物理的に力を加えることで、樹皮を木質繊維状に破砕されるものであれば良く、破砕機やチッパー等が使用できるが、この中でも破砕機と呼ばれているものが好ましく、特に一軸破砕機、二軸破砕機、ハンマークラッシャー等が好適に用いられる。
【００２９】
本発明は、前記破砕繊維化処理樹皮を、さらにアルカリ化合物と水と混和することによ

るアルカリ処理工程によって柔化する。
アルカリ処理工程で用いるアルカリ化合物としては、樹皮を柔化できるものであれば適宜選択可能であり、水酸化ナトリウム、水酸化カルシウム等が好適に用いられる。
本発明においては、二酸化炭素により中和して炭酸カルシウムを生成、沈殿させる工程によってカルシウムを回収可能なため、アルカリ化合物として水酸化カルシウムを使用することが特に好ましい。
【００３０】
アルカリ化合物の樹皮原料に対する添加量は、樹皮を柔化可能な量であれば特に限定されず、条件に応じて変動するため、必要に応じて適宜選択可能である。
たとえば、アルカリ化合物として水酸化カルシウムを使用した場合には、例えば、乾燥樹皮１００質量部に対して０．１質量部以上、好ましくは０．１～５０質量部、より好ましくは６～３０質量部である。
【００３１】
アルカリ処理工程における混和処理温度は、樹皮を柔化可能な温度であれば特に限定されないが、１℃～３００℃、好ましくは１℃～１００℃、さらに好ましくは６０℃～９５℃である。
また、上記混和処理は常圧下で行うことが、エネルギー効率や作業性の面から特に好ましい。
混和処理時間は、樹皮を柔化せしめるに十分な時間であれば、特に限定されないが、好ましくは１分～７２時間、さらに好ましくは５分～１時間である。
【００３２】
本発明においては、前記アルカリ処理工程からのアルカリ処理樹皮を、酵素糖化処理することができるが、アルカリ処理樹皮を、酵素糖化処理する前に、機械的に磨砕処理する磨砕工程によって前処理することがさらに好ましい。
磨砕処理工程で用いる装置は、特に限定されないが、レファイナー、ニーダー、離解機、パルパー、ブロアー等を使用できる。
【００３３】
アルカリ処理樹皮は、アルカリ処理混和物から分離し、洗浄、脱水した後、上記磨砕処理することも可能である。
樹皮原料は、アルカリ処理によって柔化されているので、少ないエネルギーコストで効率的に磨砕処理することができる。
【００３４】
アルカリ処理済み樹皮または磨砕処理済み樹皮は、洗浄後もしくは洗浄せずに所望のｐＨに調整し、糖化工程で糖化酵素により処理される。
酵素糖化処理工程では、機械的破砕処理工程で破砕乃至機械的磨砕処理工程で磨砕された樹皮中のセルロース成分が糖化酵素に糖化される。
酵素糖化処理工程は、通常のリグノセルロース系バイオマスの糖化処理方法で採用されている酵素の種類や、反応時間、反応温度等の反応条件を採用して行われる。
【実施例】
【００３５】
＜実施例１＞
［樹皮の破砕繊維化処理］
チップ状のユーカリ・グロブラスの樹皮を、一軸破砕機（西邦機工社製、ＳＣ－１５）を用いて以下の条件で破砕した。
一軸破砕機のホッパーに２５ｋｇ乾燥質量の樹皮を投入し、２０㎜の丸穴スクリーンを取り付けて運転を行った。電力積算計を用いて計測した破砕繊維化処理に要した一軸破砕機の消費電力は、５．３ｋＷｈ／ｔ－ＢＤであった。
該破砕繊維化処理物を、光学顕微鏡で画像を撮影し画像データを画像処理・解析ソフトウェア（ナノシステム株式会社製　ＮａｎｏＨｕｎｔｅｒ　ＮＳ２ｋ－Ｐｒｏ）にて二値化処理を行って形状を抽出し、形状特徴計測により、最大長およびアスペクト比を測定し

た。各繊維長の割合は、測定に用いた繊維全体の面積に対する各繊維長の繊維の面積の割合で示した。なお、繊維化されていない樹皮は、その繊維方向の最大長を繊維長とした。樹皮原料の破砕繊維化処理物は高度に繊維化されており、画像解析によりアスペクト比を算出したところ、長径３ｍｍ以上で、かつアスペクト比１００以上の繊維の割合が０．８５であった。

【００３６】

［破砕繊維化処理物のアルカリ処理］

絶乾１ｋｇ相当の上記破砕繊維化処理物を、１２．５％水酸化カルシウム溶液１Ｌと混和し、総容量が１０Ｌになるように水を添加した後、９０℃にて２０分間加熱処理することによりアルカリ処理を施した。処理後、４０メッシュのスクリーンにてアルカリ処理物とアルカリ処理液をろ別した。

アルカリ添加量は、処理する破砕繊維化処理物の絶乾質量に対するアルカリ質量の比率として示した。

【００３７】

［アルカリ処理物の洗浄］

使用したアルカリ薬品の回収及び、糖化効率の向上を目的として洗浄を行った。

前記ろ別したアルカリ処理物に再度１０Ｌの純水を添加し、１分間攪拌した後、４０メッシュのスクリーンにて洗浄物と洗浄液をろ別した。得られた洗浄物は４２０メッシュの濾布で作成した袋に投入した後、遠心脱水機で脱水を行った。

【００３８】

［磨砕処理］

前記脱水した洗浄物を、レファイナー〔熊谷理器工業製、ＫＲＫ高濃度ディスクレファイナー）を用いて下記の条件で磨砕処理を行った。

レファイナーのクリアランスは１ｍｍとし、該洗浄物を１００ｇ／分の速度で投入して磨砕処理物を得た。電力積算計を用いて計測した磨砕処理に要したレファイナーの消費電力は、５０ｋＷｈ／ｔ－ＢＤであった。

【００３９】

［酵素糖化処理］

絶乾１ｇ相当の上記磨砕処理物を、４５ｍｌの１００ｍＭ酢酸緩衝液（ｐＨ５．０）に投入した後、３ｍｌのセルラーゼ（ジェネンコア協和社製、Ｍｕｌｔｉｆｅｃｔ　ＣＸ１０Ｌ）を添加した。最終容量を５０ｍｌに調整し、５０℃、反応時間１８時間の酵素糖化処理を行った。

酵素糖化処理後、４２０メッシュのスクリーンにて酵素処理物と酵素処理液をろ別した。さらに酵素処理物に１００ｍｌの水を加えて洗浄し、洗浄水は酵素処理液と混合し、容量を計測した後に、酵素処理液中に含まれる糖量をフェノール硫酸量により測定し、原料樹皮１０００ｇあたりの溶出糖量を算出したところ、４７３ｇであった。

【００４０】

＜実施例２＞

処理温度を９０℃、処理時間を２０分に固定し、水酸化カルシウム添加量を各所定濃度として実施例１と同様に破砕繊維化処理物のアルカリ処理を行い、実施例１と同様の酵素糖化処理を行った。結果を表１に示す。

【００４１】

【表１】

$Ca(OH)_2$添加量（対原料%）	原料1000gから得られる糖量（g）
5	158.0
10	416.1
11	422.5
12.5	473.3
15	469.2

【００４２】
表１より、本発明の方法で破砕繊維化処理されている樹皮の破砕繊維化処理物は、アルカリ処理時のアルカリ添加量の増加により得られる糖量が増加し、対原料１０％以上が良好な結果を示した。
【００４３】
実施例３
水酸化カルシウム添加量を１２．５％、処理時間を２０分に固定し、処理温度を各所定温度として実施例１と同様に処理を行った。結果を表２に示す。
【００４４】
【表２】

アルカリ処理温度（℃）	原料1000gから得られる糖量（g）
20	415.2
60	468.0
70	470.7
80	472.2
90	473.3
100	452.3

【００４５】
表２より、本発明の方法で破砕繊維化処理されている樹皮の破砕繊維化物は、処理温度６０～９０℃の範囲で良好な結果を示し、室温程度の処理でも酵素による糖化が確認された。
【００４６】
＜実施例４＞
水酸化カルシウム添加量を１２．５％、処理温度を９０℃に固定し、処理時間を各所定時間として実施例１と同様に処理を行った。結果を表３に示す。
【００４７】

【表３】

アルカリ処理時間(分)	原料1000gから得られる糖量(g)
0	278.1
5	355.3
20	473.3
40	476.1
60	467.2
120	427.8

【００４８】
表３より、本発明は処理時間２０分以上で良好な結果を示した。
【００４９】
＜比較例１＞
原料として、チップ状のユーカリ・グロブラスの木部を用いた以外は、すべて実施例１と同様に、破砕繊維化処理、アルカリ処理、洗浄処理、磨砕処理、酵素糖化処理を行った。
実施例１と同様に、破砕繊維化処理の消費電力、画像解析によるアスペクト比、磨砕処理消費電力、原料１０００ｇから得られる糖量を求め、その結果を実施例１と比較して表４に表した。
【００５０】
【表４】

	破砕繊維化処理 消費電力 (kWh/t-BD)	長径3mm以上かつ アスペクト比100 以上の割合	磨砕処理 消費電力 (kWh/t-BD)	原料1000gから 得られる糖量 (g)
実施例1	5.3	0.85	50	473.3
比較例1	500	0.2	1298	120

【００５１】
原料として木部を用いた場合、樹皮と比較して破砕繊維化処理及び磨砕処理において１２～２５倍程度の電力が必要であり、また、原料１０００ｇから得られる糖量も樹皮に比べて大きく下回った。
また、木部を樹皮と同条件で破砕処理した処理物は、小塊状のものが多く含まれ繊維化されておらず、アスペクト比１００以上の粒子の割合が０．２であった。
【００５２】
＜実施例５＞
磨砕処理を省略した以外は、全て実施例１と同様に、破砕繊維化処理、アルカリ処理、洗浄処理、酵素糖化処理を行った。
実施例１と同様に、破砕繊維化処理に要した消費電力と原料樹皮１０００ｇあたりの溶出糖量を算出し、その結果を、実施例１、比較例２と共に表５に示した。
【００５３】
＜比較例２＞
チップ状のユーカリ・グロブラスの樹皮を、破砕繊維化処理を行わずに直接アルカリ処理した以外は、すべて実施例１と同様に、アルカリ処理、洗浄処理、磨砕処理、酵素糖化

処理を行った。

実施例１と同様に、磨砕処理に要した消費電力と原料樹皮１０００ｇあたりの溶出糖量を算出し、その結果を表５に示した。

【００５４】

【表５】

	破砕繊維化処理 消費電力 (kWh/t-BD)	磨砕処理 消費電力 (kWh/t-BD)	原料1000gから 得られる糖量 (g)
実施例1	40	50	473.3
実施例5	40	―	350.2
比較例2	―	220	394.3

【００５５】

表５より、磨砕処理を行わない実施例５の場合、原料１０００ｇより得られる糖は３５０．２ｇであった。即ち、磨砕処理によって糖収率がさらに増加することが見いだされた。

また、破砕繊維化処理を行わなかった場合には、磨砕処理に必要な消費電力が大きくなり、実施例１での破砕繊維化処理と磨砕処理に要した消費電力の合計を大きく上回った。

【産業上の利用可能性】

【００５６】

本発明によれば、従来、殆ど有効利用されていない樹皮を、少ない投入エネルギーで、バイオエタノールをはじめとする様々な発酵産物の原料として使用される糖を生産する原料に転化できるので、食料と競合しないバイオマスとして大量に産出される樹皮の有効利用に途を拓くものである。

フロントページの続き

(72)発明者　古城　敦
東京都江東区東雲１－１０－６　王子製紙株式会社東雲研究センター内

Ｆターム(参考) 4B064 AF01　CA21　CD24