(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5771278号
(P5771278)
(45)発行日　平成27年8月26日(2015.8.26)　(24)登録日　平成27年7月3日(2015.7.3)

(51)Int.Cl.　F I
C12P 7/10 (2006.01)　C12P 7/10

請求項の数 4　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願2013-535889(P2013-535889)
(86)(22)出願日　平成24年9月24日(2012.9.24)
(86)国際出願番号　PCT/JP2012/006050
(87)国際公開番号　WO2013/046624
(87)国際公開日　平成25年4月4日(2013.4.4)
審査請求日　平成25年10月22日(2013.10.22)
(31)優先権主張番号　特願2011-218036(P2011-218036)
(32)優先日　平成23年9月30日(2011.9.30)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000000974
川崎重工業株式会社
兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号
(74)代理人　110000556
特許業務法人　有古特許事務所
(72)発明者　楠田　浩雅
兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号　川崎重工業株式会社　神戸工場内
(72)発明者　和泉　憲明
兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号　川崎重工業株式会社　神戸工場内
(72)発明者　田尻　浩範
兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号　川崎重工業株式会社　神戸工場内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】セルロース系バイオマスを原料とするエタノール製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
セルロース系バイオマスのスラリーに揮発性有機酸を添加して、超臨界状態又は亜臨界状態で熱水処理し、セルロース系バイオマスに含有されているヘミセルロースをC5糖類へと糖化分解する第一糖化分解工程と、
前記第一糖化分解工程後のスラリーを固液分離する第一固液分離工程と、
前記第一固液分離工程で得られたC5糖化液に硫酸を添加した後、前記C5糖化液をエアストリッピング処理又は蒸留処理することによって、前記C5糖化液中に含有される揮発性有機酸を回収する回収工程と、
前記回収工程後のC5糖化液に石灰を添加し、生じた石膏を固液分離することによって、前記C5糖化液に含有される硫酸及び発酵阻害物を除去する第三固液分離工程と、
前記第一固液分離工程で得られた脱水ケーキに水を添加してスラリー化し、超臨界状態又は亜臨界状態で熱水処理することにより、セルロース系バイオマスに含有されているセルロースをC6糖類へと糖化分解する第二糖化分解工程と、
前記第二糖化分解工程後のスラリーを固液分離する第二固液分離工程と、
前記第三固液分離工程後のC5糖化液と前記第二固液分離工程で得られたC6糖化液とをアルコール発酵させる発酵工程と、
前記発酵工程によって得られた発酵液を蒸留してエタノールを濃縮する蒸留工程と、
を有し、
前記回収工程によって回収された揮発性有機酸は、前記第一糖化分解工程で前記スラリ

ーに添加される揮発性有機酸の全部又は一部として再利用されることを特徴とする、セルロース系バイオマスを原料とするエタノール製造方法。
【請求項２】
前記第一糖化分解工程において、揮発性有機酸を0.1質量％以上10質量％以下の濃度となるように前記スラリーに添加する、請求項１に記載のエタノール製造方法。
【請求項３】
前記第三固液分離工程が、石膏をシックナー又は沈殿槽によって固液分離する固液分離工程である、請求項１又は２に記載のエタノール製造方法。
【請求項４】
前記第三固液分離工程で石膏を除去されたC5糖化液を逆浸透膜装置によって濃縮する、請求項３に記載のエタノールの製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、セルロース系バイオマスを超臨界状態又は亜臨界状態で加水分解して糖類を製造し、その後、糖類をアルコール発酵させることによってエタノール（バイオエタノール）を製造するための方法であって、揮発性有機酸を加水分解反応の触媒として使用し、かつ、揮発性有機酸を回収して再利用する方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
バイオマスエネルギー利用の一環として、植物の主成分であるセルロース又はヘミセルロースを分解し、エタノールを得ようとする試みがある。そこでは、得られたエタノールを、燃料用として主として自動車燃料に一部混入させたり、ガソリンの代替燃料として利用したりすることが計画されている。
【０００３】
植物の主な成分には、セルロース（炭素6個から構成されるC6糖類であるグルコースの重合物）、ヘミセルロース（炭素5個から構成されるC5糖類とC6糖類の重合物）、リグニン、デンプンが含まれるが、エタノールはC5糖類、C6糖類、それらの複合体であるオリゴ糖のような糖類を原料として、酵母菌のような微生物の発酵作用によって生成される。
【０００４】
セルロース又はヘミセルロースのようなセルロース系バイオマスを糖類に分解するには、１）硫酸のような強酸の酸化力により加水分解する方法、２）酵素により分解する方法、３）超臨界水又は亜臨界水の酸化力を利用する方法、の３種類が工業的に利用されようとしている。しかし、１）の酸分解法は、添加した酸が酵母菌の発酵に対して阻害物質となることから、セルロース又はヘミセルロースを糖類に分解した後、糖類をアルコール発酵させる前に添加した酸の中和処理が必須であり、その処理費用で経済的に実用化困難な面がある。２）の酵素分解法は、常温定圧処理が可能ではあるが、有効な酵素が見出されておらず、発見されたとしても酵素の生産コストが高くなることが予想されており、経済性の面では、未だ工業規模では実現の目処が立っていない。
【０００５】
３）の超臨界水又は亜臨界水によってセルロース系バイオマスを加水分解して糖類とする方法として、特許文献１は、セルロース粉末を240～340℃の加圧熱水と接触させて加水分解することを特徴とする非水溶性多糖類の製造方法を開示している。特許文献２は、細片されたバイオマスを140～230℃で飽和水蒸気圧以上に加圧した熱水で所定時間加水分解してヘミセルロースを分解抽出し、その後セルロースの分解温度以上に加熱した加圧熱水で加水分解してセルロースを分解抽出する方法を開示している。特許文献３は、平均重合度100以上のセルロースを、温度250℃以上450℃以下、圧力15MPa以上450MPa以下の超臨界水又は亜臨界水と0.01秒以上5秒以下接触反応させ、その後冷却して温度250℃以上350℃以下、圧力15MPa以上450MPa以下の亜臨界水と1秒以上10分以下接触させて加水分解することを特徴とするグルコース及び／又は水溶性セロオリゴ糖の製造方法を開示している。

【０００６】
特許文献４は、木本類を原料とする糖類の製造において、多糖類の加水分解に要するエネルギー及び水の使用量を低減し、安価かつ簡易に糖類を製造する方法として、加水分解処理に使用する処理水が、木本類の加水分解処理により得られた糖を含む加水分解抽出液から糖類を回収した後の酸性水を含むことを特徴とする糖類の製造方法を開示している。加水分解に使用する処理水のｐＨは、2.6～2.9であるのが好ましいとされる。
【０００７】
特許文献５は、ギ酸、酢酸又はシュウ酸のような有機酸を含有させた、圧力0.2～100MPa、温度120～300℃の熱水中で、水熱反応によって多糖類を分解することを特徴とする糖類の製造方法を開示している。特許文献５は、有機酸の添加によって、多糖類の分解時間を短縮し得ることを開示している。
【０００８】
特許文献６は、リグノセルロース系バイオマスを希硫酸中、140～220℃、3～20分間加水分解処理した後、加水分解物を一次糖化液と固形物（脱水ケーキ）に固液分離し、固形物に消石灰を添加し、90～150℃で10～120分間加熱した後、セルラーゼを用いて石灰処理された固形物を酵素加水分解処理し、二次糖化液を得ることを特徴とするリグノセルロースの前処理方法を開示する。特許文献６は、石灰処理後の固形物を固液分離し、分離された消石灰を含有する液体を、希硫酸を含有する一次糖化液の中和に使用することも開示している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００９】
【特許文献１】特開２０００－１８６１０２号公報
【特許文献２】特開２００２－５９１１８号公報
【特許文献３】特開２００３－２１２８８８号公報
【特許文献４】特開２００８－４３２２９号公報
【特許文献５】特開２００９－１９５１８９号公報
【特許文献６】特開２００６－７５００７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１０】
バイオマスの主な構成成分であるセルロース又はヘミセルロースを、高温高圧の超臨界水又は亜臨界水で糖化分解（加水分解）する方法は、強酸を用いる加水分解法に比べ、酸の中和処理が不要なため処理コストも安く、環境にも優しい処理方法である。しかし、超臨界水又は亜臨界水を用いてセルロース又はヘミセルロースを加水分解する方法でも、特許文献６に開示されているように、希硫酸を触媒としてスラリーに添加することによって、糖化効率が向上することが知られている。
【００１１】
ところが、特許文献６に開示されている方法は、糖化効率は高いが、添加された硫酸の全量を石灰によって中和するために、触媒である硫酸と、中和剤である石灰のコストによって、プロセス全体としての処理コストが高くなりやすい。
【００１２】
本発明は、揮発性有機酸を触媒として利用してヘミセルロースの糖化分解を行った後、C5糖化液から揮発性有機酸を回収し、ヘミセルロースの糖化分解の触媒として再利用することにより、処理コストを抑制した、セルロース系バイオマスを原料とするエタノール製造方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１３】
本発明者等は、上記課題を解決するべく鋭意検討した結果、揮発性有機酸を触媒としてスラリーに添加してヘミセルロースの糖化分解反応を行った後、C5糖化液に硫酸を少量添

加し、C5糖化液をエアストリッピング処理することによって、C5糖化液中に含有される揮発性有機酸（スラリーに添加された揮発性有機酸及び副成された揮発性有機酸）を容易に回収することが可能であることを見出した。さらに、回収された揮発性有機酸を触媒としてセルロース系バイオマスの別のスラリーに添加すれば、揮発性有機酸によってヘミセルロースをC5糖類に糖化分解させる際の糖化分解効率を連続して向上させることが可能であることを見出し、本発明を完成させるに至った。

【００１４】

具体的に、本発明は、

セルロース系バイオマスのスラリーに揮発性有機酸を添加して、超臨界状態又は亜臨界状態で熱水処理し、セルロース系バイオマスに含有されているヘミセルロースをC5糖類へと糖化分解する第一糖化分解工程と、

前記第一糖化分解工程後のスラリーを固液分離する第一固液分離工程と、

前記第一固液分離工程で得られたC5糖化液に硫酸を添加した後、前記C5糖化液をエアストリッピング処理又は蒸留処理することによって、前記C5糖化液中に含有される揮発性有機酸を回収する回収工程と、

前記回収工程後のC5糖化液に石灰を添加し、生じた石膏を固液分離することによって、前記C5糖化液に含有される硫酸及び発酵阻害物を除去する第三固液分離工程と、

前記第一固液分離工程で得られた脱水ケーキに水を添加してスラリー化し、超臨界状態又は亜臨界状態で熱水処理することにより、セルロース系バイオマスに含有されているセルロースをC6糖類へと糖化分解する第二糖化分解工程と、

前記第二糖化分解工程後のスラリーを固液分離する第二固液分離工程と、

前記第三固液分離工程後のC5糖化液と前記第二固液分離工程で得られたC6糖化液とをアルコール発酵させる発酵工程と、

前記発酵工程によって得られた発酵液を蒸留してエタノールを濃縮する蒸留工程と、

を有し、

前記回収工程によって回収された揮発性有機酸は、前記第一糖化分解工程で前記スラリーに添加される揮発性有機酸の全部又は一部として再利用されることを特徴とする、セルロース系バイオマスを原料とするエタノール製造方法に関する。

【００１５】

本発明のエタノール製造方法では、まず、第一糖化分解工程として、セルロース系バイオマスのスラリーに揮発性有機酸を添加して超臨界状態又は亜臨界状態で熱水処理した後、C5糖化液に硫酸を添加してｐＨを下げる。その後、C5糖化液をエアストリッピング処理することによって、C5糖化液に含有されている揮発性有機酸（スラリーに添加された揮発性有機酸及び副成された揮発性有機酸）を回収する。C5糖化液に含有されている揮発性有機酸は、水溶性の弱酸であるため、不揮発性の強酸である硫酸をC5糖化液に添加し、ｐＨを低下させれば、C5糖化液をエアストリッピング処理することによって、C5糖化液から容易に回収され得る。エアストリッピング処理は、蒸留法と比較して省エネルギーであり、硫酸の使用量も少ないため、硫酸を触媒として使用し、ゼオライトを用いて回収する方法と比較して、回収コストが低い。

【００１６】

回収された揮発性有機酸は、後続して別途行われる第一糖化分解工程においてスラリーに添加される。このように揮発性有機酸を触媒として再利用すれば、硫酸を添加する場合と比較すると糖化分解の効率は低いが、揮発性有機酸を最大限有効利用でき、酸回収コストも低いために、ヘミセルロースをC5糖類に糖化分解するためのトータルコストは、硫酸を添加する場合よりも低くなる。

【００１７】

本発明でいう「揮発性有機酸」の具体例は、蟻酸、酢酸又は乳酸である。

【００１８】

第一固液分離工程によって得られる脱水ケーキ（固形物）は、水を添加してスラリー化され、第二糖化分解工程において、超臨界状態又は亜臨界状態で熱水処理されることによ

り、セルロース系バイオマスに含有されているセルロースがC6糖類へと糖化分解される。第二糖化分解工程後のスラリーは、第二固液分離工程によって、脱水ケーキとC6糖化液とに固液分離される。

【００１９】

前記第一糖化分解工程において、揮発性有機酸は、0.1質量％以上10質量％以下の濃度となるように前記スラリーに添加されることが好ましい。

【００２０】

第一糖化分解工程において、揮発性有機酸を触媒として有効に機能させるためには、セルロース系バイオマスのスラリー中の揮発性有機酸濃度を0.1質量％以上とすることが好ましい。一方、揮発性有機酸濃度が10質量％を超えると、それ以上の濃度になってもｐＨが低くなりにくいため、糖化効率のさらなる改善は見込めないという問題が生じる。

【００２１】

第一糖化分解工程において、スラリーに添加された揮発性有機酸の消費量が多く、揮発性有機酸の副成が少ない場合には、糖化液に含有される揮発性有機酸濃度は低くなり、回収される揮発性有機酸量も少ない。すると、糖化液から回収された揮発性有機酸をすべてセルロース系バイオマスのスラリーに添加しても、スラリー中の揮発性有機酸濃度を0.1質量％以上10質量％以下に調整することができない。

【００２２】

そこで、そのような場合には、糖化液から回収された揮発性有機酸の全部を第一糖化分解工程でスラリーに添加される揮発性有機酸として再利用すると共に、反応系外から揮発性有機酸をスラリーに添加することによって、スラリー中の揮発性有機酸濃度（回収された揮発性有機酸と、反応系外から供給される揮発性有機酸とを合計した濃度）を0.1質量％以上10質量％以下に調整することが好ましい。スラリーに添加された揮発性有機酸は、糖化液から回収して再利用されるため、反応系外から添加すべき揮発性有機酸量は、糖化分解工程において消費される量だけで足りるために、少量で済む。

【００２３】

一方、第一糖化分解工程において、スラリーに添加された揮発性有機酸の消費量が少なく、揮発性有機酸の副成が多い場合には、糖化液に含有される揮発性有機酸濃度は高くなり、回収される揮発性有機酸量も多い。このような場合には、糖化液から回収された揮発性有機酸の一部をセルロース系バイオマスのスラリーに添加することにより、スラリー中の揮発性有機酸濃度を0.1質量％以上10質量％以下に調整することが可能である。

【００２５】

回収工程によって、C5糖化液には強酸である硫酸が少量含有されることになるため、そのままでは糖化液を発酵工程に移行させることができない。そこで、C5糖化液に石灰を添加することによって、C5糖化液中に残存する硫酸を中和し、石膏として沈殿させて固液分離すれば、C5糖化液中の硫酸を効果的に除去することが可能である。

【００２６】

本発明では、回収工程において硫酸が使用されるが、揮発性有機酸を遊離させる目的で使用されるために、特許文献６に開示されている技術と異なり、硫酸の使用量は少ない。そのため、中和のために使用される石灰量も少なくて済み、硫酸の中和コストが低い。また、石膏の生成量も少ないために、糖化液からの石膏の除去も容易である。

【００２７】

ここで、C5糖化液中には、揮発性有機酸以外にも、C5糖類の過分解物であるフルフラール又はヒドロキシメチルフルフラールのような副成物が含有されている。これら副成物も、アルコール発酵を阻害するが、C5糖化液に石灰を添加すると、これら副成物が石膏に吸着される。そのため、固液分離によって石膏をC5糖化液から除去することによって、これら副成物も同時に除去することが可能である。

【００２８】

前記第三固液分離工程は、石膏をシックナー又は沈殿槽によって固液分離する固液分離工程であることが好ましい。

【００２９】
前記第三固液分離工程で石膏を除去されたC5糖化液（沈殿槽の上澄水）は、逆浸透膜装置によって濃縮されることが好ましい。
【００３０】
本発明の上記目的、他の目的、特徴及び利点は、添付図面参照の下、以下の好適な実施態様の詳細な説明から明らかにされる。
【発明の効果】
【００３１】
本発明によれば、セルロース系バイオマスのC5糖化分解時に、触媒である揮発性有機酸を繰り返して利用するため、アルコール製造のためのトータルコストを抑制しつつ、C5糖化分解効率を高めることが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【００３２】
【図１】図１は、本発明の実施形態１を説明する概略フロー図を示す。
【図２】図２は、本発明の実施形態２を説明する概略フロー図を示す。
【発明を実施するための形態】
【００３３】
本発明の実施の形態について、適宜図面を参酌しながら以下に説明する。本発明は、以下の記載に限定されない。
【００３４】
＜実施形態１＞
図１は、本発明の実施形態１を説明する概略フロー図を示す。ここでは、揮発性有機酸として酢酸をスラリーに添加する場合について説明する。
【００３５】
（前処理工程）
まず、セルロース系バイオマス（例えば、バガス、甜菜かす、又はわらのような草木系バイオマス）は、前処理として数mm以下に粉砕される。
【００３６】
（第一糖化分解工程）
粉砕後のセルロース系バイオマスは、水及び酢酸を加えて攪拌され、スラリー化される。スラリー１の水分含量は、1質量％以上50質量％以下に調整されることが好ましい。また、スラリー１の酢酸濃度は、0.1質量％以上10質量％以下に調整されることが好ましい。
【００３７】
酢酸を添加したスラリー１は、必要に応じて予熱された後、圧力容器内に供給される。圧力容器の具体例は、間接加熱型圧力容器である。圧力容器内で、スラリー１は、温度140℃以上200℃以下、圧力1MPa以上5MPa以下で熱水処理される（熱水処理１）。この熱水処理によって、セルロース系バイオマス中のヘミセルロースは、C5糖類に糖化分解（加水分解）される。このとき、酢酸の触媒作用によって、酢酸を添加しない場合と比較して、糖化分解効率が向上する。
【００３８】
一定時間の熱水処理が行われた後、圧力容器内が減圧及び冷却され、その後スラリー１が取り出される。このとき、圧力容器からフラッシュタンクへとスラリー１を供給し、フラッシュ蒸発によって、亜臨界状態以下の温度にスラリー１を急冷することが好ましい。
【００３９】
（第一固液分離工程）
次に、第一糖化分解工程後のスラリー１は、固液分離装置へと供給され、C5糖化液と脱水ケーキ１（固形物）とに固液分離される（固液分離１）。
【００４０】
（回収工程）

次に、第一固液分離工程後のC5糖化液に、硫酸が添加される。硫酸の添加量は、C5糖化液中の酢酸濃度に応じて増減される。硫酸が添加されたC5糖化液は、充填塔のようなエアストリッピング装置へと供給される。エアストリッピング装置では、冷却器によって酢酸が回収される。回収された酢酸は、後続して別途行われる第一糖化分解工程において、スラリーに添加されることによって、触媒として再利用される。

【００４１】

回収される酢酸の濃度及び量から、回収された酢酸を全量スラリーに添加するのか、回収された酢酸の一部をスラリーに添加するのかが判断される。回収された酢酸を全量スラリーに添加しても、スラリー中の揮発性有機酸濃度を0.1質量％以上10質量％以下に調整できない場合には、反応系外から酢酸が添加され、酢酸濃度の合計（回収された酢酸及び反応系外から添加される酢酸の合計濃度）が0.1質量％以上10質量％以下となるように調整される。

【００４２】

一方、エアストリッピング処理後のC5糖化液は、後続する発酵工程へと供給される。このとき、C5糖化液には、苛性ソーダ又は消石灰のようなアルカリ剤が添加され、回収工程において添加された硫酸が中和され、糖化液のｐＨが発酵工程に影響のないｐＨ値に調整されることが好ましい。

【００４３】

（第二糖化分解工程）

脱水ケーキ１は、水を加えてスラリー化され、スラリー２として圧力容器へと供給される。スラリー２の水分含量は、1質量％以上50質量％以下に調整されることが好ましい。スラリー２は、熱水処理１と同様にして、温度240℃以上300℃以下、圧力4MPa以上30MPa以下で熱水処理される（熱水処理２）。熱水処理２によって、セルロース系バイオマス中のセルロースは、C6糖類に加水分解される。

【００４４】

一定時間の熱水処理２が行われた後、圧力容器内が減圧及び冷却され、その後スラリー２が取り出される。このとき、圧力容器からフラッシュタンクへとスラリー２を供給し、フラッシュ蒸発によって、亜臨界状態以下の温度にスラリー２を急冷することが好ましい。

【００４５】

（第二固液分離工程）

第二糖化分解工程後のスラリーは、固液分離装置へと供給され、第一固液分離工程と同様にして、C6糖化液と脱水ケーキ２とに固液分離される（固液分離２）。C6糖化液は、後続する発酵工程へと供給される。一方、脱水ケーキ２は、適宜系外に取り出され、廃棄される。

【００４６】

（発酵工程）

エアストリッピング処理後のC5糖化液と、C6糖化液とは、発酵工程に供される。発酵工程には、公知の発酵方法を採用することができる。発酵工程によって、糖化液に含有されていたC5糖類及びC6糖類は、エタノールへと変換される。発酵工程は、醸造分野における公知の発酵方法を採用することができる。

【００４７】

（蒸留工程）

発酵工程によって得られたアルコール発酵液は、蒸留され、エタノールが濃縮される。蒸留工程によって得られる蒸留液は、固形物及びエタノール以外の成分が除去されている。蒸留工程は、蒸留酒の製造方法として公知の蒸留方法を採用することができる。

【００４８】

ここで、第一糖化分解工程においては、C5糖類の酸化に由来するギ酸のような揮発性有機酸も少量副成する。これら揮発性有機酸（第一糖化分解工程においてスラリーに添加された酢酸以外の、副成された酢酸を含む）は、回収工程によって酢酸と同様に回収され、

第一糖化分解工程において触媒として利用されることになる。このため、本発明を連続して実施すると、回収される酢酸中における酢酸以外の揮発性有機酸の濃度が、徐々に上昇する。

【００４９】

C5糖類の酸化に由来する揮発性有機酸の中には、後続するアルコール発酵を阻害する揮発性有機酸も存在する。このため、回収工程によって回収された酢酸を定期的に廃棄することにより、反応系内にアルコール発酵を阻害する揮発性有機酸が蓄積しないようにすることが好ましい。

【００５０】

＜実施形態２＞

図２は、本発明の実施形態２を説明する概略フロー図を示す。本実施形態の基本的なフローは、実施形態１と同一であるため、ここでは実施形態１との相違点についてのみ説明する。実施形態１と同じ構成には、同じ用語を使用する。

【００５１】

（第三固液分離工程）

本実施形態では、エアストリッピング処理後のC5糖化液に、石灰が添加される。石灰の添加によって、C5糖化液中に残存する硫酸が中和される。硫酸と石灰が反応すると石膏が析出するが、析出する石膏には、フルフラール又はヒドロキシメチルフルフラールのような副成物が吸着される。石灰を添加されたC5糖化液は、シックナー又は沈殿槽によって、C5糖化液と石膏とに固液分離される（固液分離３）。

【００５２】

石膏は、脱水機によって脱水され、石膏ケーキとして固液分離装置から適宜廃棄される。一方、シックナー又は沈殿槽の上澄水（固形物が除去されたC5糖化液）は、RO膜装置に供給され、濃縮される。C5糖化液の濃縮によって糖濃度を増大させると、発酵工程の効率を向上させることが可能となる。

【００５３】

濃縮後のC5糖化液は、C6糖化液と共に、発酵工程へと供給される。このように、本実施形態では、エアストリッピング処理後のC5糖化液から、硫酸及び発酵阻害物質を容易に除去することが可能である。

【００５４】

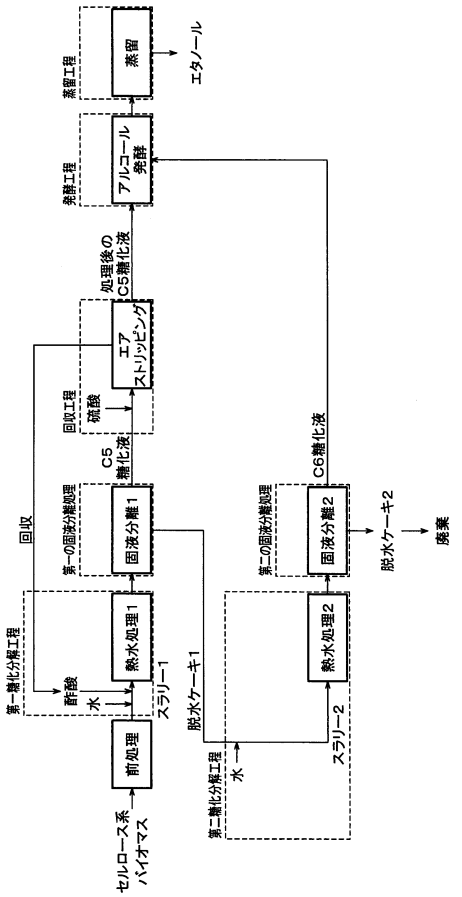
上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施の形態が明らかである。従って、上記説明は例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造及び／又は機能の詳細を実質的に変更できる。

【産業上の利用可能性】

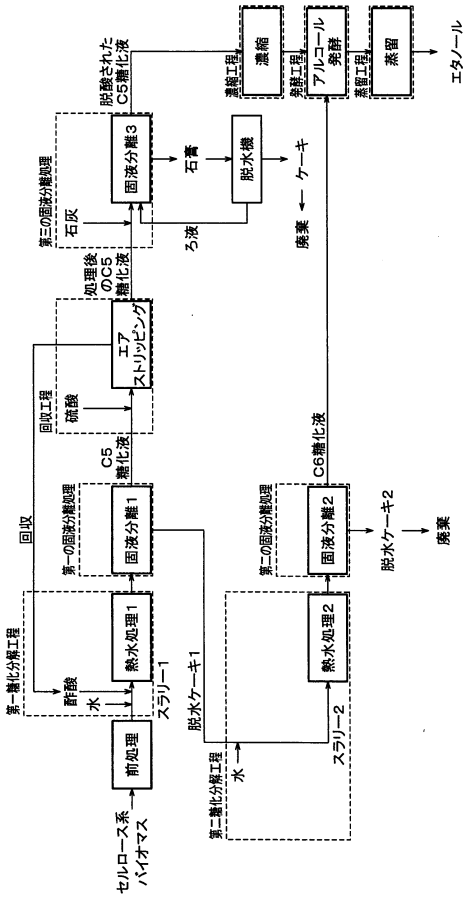
【００５５】

本発明のエタノール製造方法は、セルロース系バイオマスを分解し、エタノールを製造するための方法として、バイオエネルギー分野において有用である。

【図１】


セルロース系バイオマス
前処理
第一糖化分解工程
酢酸
水
熱水処理1
スラリー1
第一の固液分離処理
固液分離1
回収
C5糖化液
回収工程
硫酸
エアストリッピング
処理後のC5糖化液
発酵工程
アルコール発酵
蒸留工程
蒸留
エタノール
脱水ケーキ1
第二糖化分解工程
水
熱水処理2
スラリー2
第二の固液分離処理
固液分離2
C6糖化液
脱水ケーキ2
廃棄

【図２】


セルロース系バイオマス
前処理
第一糖化分解工程
酢酸
水
熱水処理1
スラリー1
第一の固液分離処理
固液分離1
回収
C5糖化液
回収工程
硫酸
エアストリッピング
処理後のC5糖化液
第三の固液分離処理
石灰
固液分離3
石膏
ろ液
脱水機
ケーキ
廃棄
脱酸された C5糖化液
濃縮工程
濃縮
発酵工程
アルコール発酵
蒸留工程
蒸留
エタノール
脱水ケーキ1
第二糖化分解工程
水
熱水処理2
スラリー2
第二の固液分離処理
固液分離2
C6糖化液
脱水ケーキ2
廃棄

フロントページの続き

(72)発明者 辻田 章次
兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
(72)発明者 西野 毅
兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
(72)発明者 政本 学
兵庫県明石市川崎町１番１号 川崎重工業株式会社 明石工場内

審査官 鶴 剛史

(56)参考文献 特開２０１１－０３２３８８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２７９２５５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２５３３４８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１６６８３１（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１９５１８９（ＪＰ，Ａ）
特表２０１０－５０１０１３（ＪＰ，Ａ）
Dong et al., Biomass and Bioenergy, Vol.33, p.1719-1723(2009)

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｃ１２Ｐ ７／１０
ＪＳＴＰｌｕｓ／ＪＭＥＤＰｌｕｓ／ＪＳＴ７５８０（ＪＤｒｅａｍＩＩＩ）
ＣＡｐｌｕｓ／ＭＥＤＬＩＮＥ／ＥＭＢＡＳＥ／ＢＩＯＳＩＳ（ＳＴＮ）
ＤＷＰＩ（Ｔｈｏｍｓｏｎ Ｉｎｎｏｖａｔｉｏｎ）