

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6307789号
(P6307789)

(45) 発行日 平成30年4月11日(2018.4.11)

(24) 登録日 平成30年3月23日(2018.3.23)

(51) Int.Cl. F 1
C 1 2 M 1/00 (2006.01) C 1 2 M 1/00 D
C 1 2 P 19/00 (2006.01) C 1 2 P 19/00
C 1 3 K 1/02 (2006.01) C 1 3 K 1/02

請求項の数 14 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2013-635 (P2013-635)	(73) 特許権者	000003159 東レ株式会社
(22) 出願日	平成25年1月7日(2013.1.7)		東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2014-131496 (P2014-131496A)	(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(43) 公開日	平成26年7月17日(2014.7.17)	(72) 発明者	南野 淳 神奈川県鎌倉市手広6丁目10番1号 東レ株式会社 基礎研究センター内
審査請求日	平成27年12月24日(2015.12.24)	(72) 発明者	岸本 淳平 神奈川県鎌倉市手広6丁目10番1号 東レ株式会社 基礎研究センター内
前置審査		(72) 発明者	栗原 宏征 神奈川県鎌倉市手広6丁目10番1号 東レ株式会社 基礎研究センター内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 糖液の製造装置及び糖液の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

セルロース含有バイオマスから糖液を製造する糖液の製造装置であって、
 内部に水平方向に設けられる攪拌軸と、前記攪拌軸に設けられる攪拌翼とを備え、前記セルロース含有バイオマスと糖化酵素とを攪拌しながら、前記セルロース含有バイオマスと前記糖化酵素とを反応させて糖化スラリーを得る水平型反応槽と、
 前記糖化スラリーを糖化して糖化液を得る垂直型反応槽と、
 前記水平型反応槽と前記垂直型反応槽とを連結する糖化スラリー供給ラインと、
 前記水平型反応槽の周囲または壁面に設けられ、前記水平型反応槽を加熱する加温部と、
 を備え、
 前記水平型反応槽は、
 前記水平型反応槽の一方に前記セルロース含有バイオマスを供給するバイオマス導入口と、
 前記水平型反応槽の前記バイオマス導入口とは反対側に前記糖化スラリーを排出する糖化スラリー排出口と、
 前記糖化スラリー排出口に設けられ、前記糖化スラリーの流れをせき止めるせき止め部と、
 を有することを特徴とする糖液の製造装置。

【請求項2】

前記攪拌軸が加熱されることを特徴とする請求項1に記載の糖液の製造装置。

【請求項3】

前記攪拌軸と前記加温部との何れか一方または両方は、内部を熱媒体が通ることが可能な中空体であることを特徴とする請求項1または2に記載の糖液の製造装置。

【請求項4】

前記熱媒体の温度が40以上60以下であることを特徴とする請求項3に記載の糖液の製造装置。

【請求項5】

前記水平型反応槽の前記バイオマス導入口の前流側にセルロース含有バイオマスを供給するバイオマス供給部を有することを特徴とする請求項1から4の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

10

【請求項6】

前記垂直型反応槽から前記糖化液を排出する糖化液供給ラインと、前記糖化液から固形分を分離して糖液を得る固液分離装置と、を有することを特徴とする請求項1から5の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

【請求項7】

前記固液分離装置に連結され、前記固液分離装置内に温水を供給する温水供給ラインを有することを特徴とする請求項6に記載の糖液の製造装置。

【請求項8】

前記水平型反応槽は、前記攪拌軸を複数備え、それぞれの前記攪拌軸に設けられる複数の攪拌翼を備えることを特徴とする請求項1から7の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

20

【請求項9】

前記攪拌翼が切り欠き部を有することを特徴とする請求項1から8の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

【請求項10】

前記垂直型反応槽は、内部に糖化酵素を供給する第2の酵素供給通路を有することを特徴とする請求項1から9の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

【請求項11】

前記水平型反応槽に供給する糖化酵素と前記第2の酵素供給通路から供給する糖化酵素とは、種類が異なることを特徴とする請求項10に記載の糖液の製造装置。

30

【請求項12】

前記水平型反応槽における前記セルロース含有バイオマスと前記糖化酵素との糖化反応は、熱化学処理が施されたセルロース含有バイオマスの乾燥質量が糖化スラリーの総質量に対して15質量%以上50質量%以下で行われることを特徴とする請求項1から9の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

【請求項13】

前記熱化学処理が、アンモニア処理、水熱処理、爆砕処理、アルカリ処理および希硫酸処理からなる群から選択されることを特徴とする請求項12に記載の糖液の製造装置。

【請求項14】

請求項1から13の何れか1つに記載の糖液の製造装置を用いてセルロース含有バイオマスから糖液を製造することを特徴とする糖液の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、セルロース含有バイオマスから糖液を得る糖液の製造装置及び糖液の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

糖を原料とした化学品の発酵生産プロセスは、種々の工業原料生産に利用されている。

50

この発酵原料となる糖として、現在、さとうきび、澱粉、テンサイなどの食用原料に由来するものが工業的に使用されている。今後の世界人口の増加による食用原料価格の高騰、または食用と競合するという倫理的な観点から、再生可能な非食用資源、すなわちセルロース含有バイオマスからより効率的に糖液を製造するプロセス、または得られた糖液を発酵原料として、効率的に工業原料に変換するプロセスの構築が今後の課題となっている。

【0003】

セルロース含有バイオマスは、主に芳香族系重合物のリグニンと、単糖の重合体であるセルロースやヘミセルロースからなる。糖液は、一般的に、酵素糖化反応による方法を用いて得られる。酵素糖化反応による方法は、例えば、リグニンに保護されたセルロースやヘミセルロースを、粉碎処理などの機械処理、または高圧高温の熱水、希硫酸またはアンモニアなどを用いた熱化学処理などの前処理を行って、リグニンからセルロースまたはヘミセルロースを脱離して（例えば、特許文献1、2参照）、前処理バイオマスを得る。その後、前処理バイオマスに糖化酵素を混合して、リグニンから脱離して得られたセルロースまたはヘミセルロースを糖化酵素により加水分解して単糖を製造する。

10

【0004】

この酵素糖化反応を用いてセルロース含有バイオマスから単糖を製造する場合には、設備面での課題がある。第一に、糖化酵素を用いて糖化する効率（糖化酵素の性能）は、セルロース含有バイオマス由来の方がデンプン由来に比べて低いため、加水分解反応が1日～数日と時間を要する。そのため、反応装置内のセルロース含有バイオマスの滞留時間が長くなり、設備費が高くなる。第二に、セルロース含有バイオマスを高濃度として糖化反応を行った場合、攪拌機が回らないことや、スラリー状となった液（スラリー液）の送液が行えないなどの不具合が生じる可能性がある。そのため、酵素糖化反応を行う際のセルロース含有バイオマスの濃度は限界があり、得られる糖液の濃度も低くなる。

20

【0005】

こうしたセルロース含有バイオマスの酵素糖化反応の上記のような設備面での課題に対して、これまで種々の方法が提案されている。例えば、前処理バイオマスを間欠的に供給する方法（例えば、特許文献3、4参照）、一度固液分離を行い残渣と水とを混合して反応を早める方法（例えば、特許文献5参照）、残渣を摩砕処理して再度糖化反応を行う方法（例えば、特許文献6参照）、前処理したバイオマスに水を添加してスラリー化する方法（例えば、特許文献7参照）などが挙げられる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2009-183805号公報

【特許文献2】特表2008-535523号公報

【特許文献3】特開2001-238690号公報

【特許文献4】特表2010-536375号公報

【特許文献5】特開2011-19483号公報

【特許文献6】特開2011-41493号公報

【特許文献7】特許第4764527号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献3、4に記載されているような前処理バイオマスを間欠的に供給する方法は、糖化時の糖濃度は高くすることができるが、前処理バイオマスに対して先に入れた前処理バイオマスと後に供給した前処理バイオマスとの糖化酵素の反応時間が異なるため、糖化効率が低下する。

【0008】

また、特許文献5、6に記載の方法は、生成糖による平衡反応阻害が低下し、糖化反応時間が短縮されるが、水の添加量が通常よりも増大してしまう。さらに、特許文献6に記

50

載の方法では摩砕にかかるエネルギーが余計に必要になってしまう。

【 0 0 0 9 】

また、特許文献 7 では、スラリー化槽を設けてバイオマスの熱過分解を抑制する方法が開示されているが、固形分濃度を低下しないと送液ができないため、結果として糖濃度が低くなってしまいう可能性がある。

【 0 0 1 0 】

以上のこれらの方法では、セルロース含有バイオマスを高濃度で糖化することが困難であるが、反応時間が長くなるため、設備費が高くなるという課題が残る。

【 0 0 1 1 】

本発明は、前記問題に鑑み、高濃度の糖液を効率よく製造することができる糖液の製造装置及び糖液の製造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】

【 0 0 1 2 】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明者らは糖液の製造装置及び製造方法について鋭意研究した。その結果、セルロース含有バイオマスが反応装置内を進行する方向を複数段にすると共に糖化反応時の温度を調節することで、セルロース含有バイオマスの糖化酵素との糖化反応が向上し、高濃度の糖液を製造できることに着目した。セルロース含有バイオマスおよび糖化酵素をまず水平型反応槽に供給して、槽内を所定の温度に保持しつつセルロース含有バイオマスに糖化酵素を混合して糖化反応を行なった後、更に垂直型反応槽で糖化反応を行ない、2段階で糖化反応を行うことにより、糖化反応の効率と、糖液の糖濃度との関係について解明した。この得られた知見に基づいて、セルロース含有バイオマスを水平方向に進行させながら糖化酵素により糖化してスラリー化してスラリー液とした後、スラリー液を垂直方向に進行させながら更に糖化反応を進行させ、2段階で糖化反応を行うようにする。セルロース含有バイオマスを垂直方向に進行させる前に予めスラリー化しておくことで、セルロース含有バイオマスと糖化酵素との反応効率を向上させることができる。また、スラリーは低粘度であるため、高濃度に糖化することができる。この結果、セルロース含有バイオマスと糖化酵素とを効率よく反応させ、糖化時間をさらに短縮することができるため、高濃度の糖液を低コストで効率よく製造することができることを見出した。本発明は、係る知見に基づいて完成されたものである。

【 0 0 1 3 】

すなわち、本発明は以下の(1)～(16)の構成を有する。

(1) セルロース含有バイオマスから糖液を製造する糖液の製造装置であって、
内部に水平方向に設けられる攪拌軸と、前記攪拌軸に設けられる攪拌翼とを備え、前記セルロース含有バイオマスと糖化酵素とを攪拌しながら、前記セルロース含有バイオマスと前記糖化酵素とを反応させて糖化スラリーを得る水平型反応槽と、
前記糖化スラリーを糖化して糖化液を得る垂直型反応槽と、
前記水平型反応槽と前記垂直型反応槽とを連結する糖化スラリー供給ラインと、
前記水平型反応槽の周囲または壁面に設けられ、前記水平型反応槽を加熱する加温部と、
を有することを特徴とする糖液の製造装置。

(2) 前記水平型反応槽は、
前記水平型反応槽の一方に前記セルロース含有バイオマスを供給するバイオマス導入口と、

前記水平型反応槽の前記バイオマス導入口とは反対側に前記糖化スラリーを排出する糖化スラリー排出口と、
を有することを特徴とする上記(1)に記載の糖液の製造装置。

(3) 前記水平型反応槽は、前記糖化スラリー排出口に前記糖化スラリーの流れをせき止めるせき止め部を有することを特徴とする上記(1)または(2)に記載の糖液の製造装置。

(4) 前記攪拌軸が加熱されることを特徴とする上記(1)から(3)の何れか1つに

10

20

30

40

50

記載の糖液の製造装置。

(5) 前記攪拌軸と前記加温部との何れか一方または両方は、内部を熱媒体が通ることが可能な中空体であることを特徴とする上記(1)から(4)の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

(6) 前記熱媒体の温度が40以上60以下であることを特徴とする上記(5)に記載の糖液の製造装置。

(7) 前記水平型反応槽の前記バイオマス導入口の前流側にセルロース含有バイオマスを供給するバイオマス供給部を備えることを特徴とする上記(1)から(6)の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

(8) 前記垂直型反応槽から前記糖化液を排出する糖化液供給ラインと、
前記糖化液から固形分を分離して糖液を得る固液分離装置と、
を有することを特徴とする上記(1)から(7)の何れか1つに記載の糖液の製造装置。 10

(9) 前記固液分離装置に連結され、前記固液分離装置内に温水を供給する温水供給ラインを有することを特徴とする上記(8)に記載の糖液の製造装置。

(10) 前記水平型反応槽は、前記攪拌軸を複数備え、
それぞれの前記攪拌軸に複数の攪拌翼を備えることを特徴とする上記(1)から(9)の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

(11) 前記攪拌翼が切り欠き部を有することを特徴とする上記(1)から(10)の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

(12) 前記垂直型反応槽は、内部に糖化酵素を供給する第2の酵素供給通路を有することを特徴とする上記(1)から(11)の何れか1つに記載の糖液の製造装置。 20

(13) 前記水平型反応槽に給する糖化酵素と前記第2の酵素供給通路から供給する糖化酵素とが異なることを特徴とする上記(12)に記載の糖液の製造装置。

(14) 前記水平型反応槽における前記セルロース含有バイオマスと前記糖化酵素との糖化反応は、熱化学処理が施されたセルロース含有バイオマスの乾燥質量が糖化スラリーの総質量に対して15質量%以上50質量%以下で行われることを特徴とする上記(1)から(11)の何れか1つに記載の糖液の製造装置。

(15) 前記熱化学処理が、アンモニア処理、水熱処理、爆砕処理、アルカリ処理および希硫酸処理からなる群から選択されることを特徴とする上記(14)に記載の糖液の製造装置。 30

(16) 上記(1)から(15)の何れか1つに記載の糖液の製造装置を用いてセルロース含有バイオマスから糖液を製造することを特徴とする糖液の製造方法。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、水平型反応槽で槽内を所定の温度に保持しつつセルロース含有バイオマスを水平方向に進行させながら糖化酵素により連続的に糖化してスラリー化して、セルロース含有バイオマスを垂直方向に進行させる前に予めスラリー化して低粘度のスラリー液とする。そして、垂直型反応槽でスラリー液を垂直方向に進行させながら更に糖化反応を進行させることで、セルロース含有バイオマスと糖化酵素との反応効率を向上させることができると共に、高濃度に糖化することができる。よって、本発明によれば、水平型
40
反応槽と垂直型反応槽との2段階で糖化反応を行うことにより、高濃度の糖液を低コストかつ短時間で効率よく製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、本発明の第1の実施形態に係る糖液の製造装置の一部を切り欠いた図である。

【図2】図2は、図1のA-A断面図である。

【図3】図3は、図1のB-B断面図である。

【図4】図4は、糖液の製造装置の他の構成の一例を示す図である。

【図5】図5は、糖液の製造装置の水平型反応槽の他の一例を示す図である。 50

【図 6】図 6 は、糖液の製造装置の水平型反応槽の他の一例を示す図である。

【図 7】図 7 は、糖液の製造装置の垂直型反応槽の他の構成の一例を示す図である。

【図 8】図 8 は、本発明の第 2 の実施形態に係る糖液の製造装置を示す概念図である。

【図 9】図 9 は、本発明の第 3 の実施形態に係る糖液の製造装置を示す概念図である。

【図 10】図 10 は、本発明の第 4 の実施形態に係る糖液の製造装置を示す概念図である。

【図 11】図 11 は、糖液の製造装置の他の構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態（以下、実施形態という）を図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、下記の発明を実施するための実施形態により本発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、下記実施形態で開示した構成要素は適宜組み合わせてもよいし、適宜選択して用いてもよい。

10

【0017】

[第 1 の実施形態]

<糖液の製造装置>

本発明の第 1 の実施形態に係る糖液の製造装置（糖液製造装置）について、図面を参照して説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る糖液製造装置の一部を切り欠いた図であり、図 2 は、図 1 の A - A 断面図であり、図 3 は、図 1 の B - B 断面図である。図 1 に示すように、糖液製造装置 10 A は、水平型反応槽（横型反応槽）11 と、ジャケット（加温部）12 と、垂直型反応槽（縦型反応槽）13 と、糖化スラリー供給ライン L1 とを有する。

20

【0018】

なお、水平型反応槽 11 とは、内部に設けられる攪拌軸が水平方向に設けられている反応槽をいう。垂直型反応槽 13 とは、内部に設けられる攪拌軸が垂直方向に設けられている反応槽をいう。

【0019】

（水平型反応槽）

図 1 ~ 図 3 に示すように、水平型反応槽 11 は、攪拌軸 21 と、攪拌翼 22 とを備えている。

30

【0020】

攪拌軸 21 は、水平型反応槽 11 の内部に水平方向に設けられている。攪拌翼 22 は、攪拌軸 21 に所定間隔で設けられている。攪拌軸 21 は、モータ（駆動装置）24 により回転し、水平型反応槽 11 内に供給されたセルロース含有バイオマス 26 を攪拌する。攪拌軸 21 および攪拌翼 22 の回転数は、モータ 24 により制御される。

【0021】

水平型反応槽 11 は、水平型反応槽 11 の一端側にバイオマス導入口 25 が設けられている。セルロース含有バイオマス 26、水 27 および pH 調整剤 28 が、バイオマス導入口 25 から水平型反応槽 11 内に供給される。

40

【0022】

セルロース含有バイオマス 26 のバイオマス種は、セルロースおよびヘミセルロース（以下、セルロースとヘミセルロースの総称として「セルロース」という。）、芳香族高分子であるリグニン等を含むものであり、セルロースを 5 質量%以上含む生物由来の資源であればよく特に限定されない。また、セルロース含有バイオマス 26 は、セルロースの他に芳香族高分子であるリグニン等を含むことから、リグノセルロースとも呼ばれる。セルロースを 5 質量%以上含む生物由来の資源であればよく特に限定されない。バイオマス種としては、具体的には、例えば、バガス、スイッチグラス、ネピアグラス、エリアンサス、コーンストバー、稲わら、麦わら、EFB（油椰子空果房）、籾殻などの草本系バイオマス、樹木、廃建材などの木質系バイオマスなどが挙げられる。また、セ

50

ルコース含有バイオマス 26 は主にセルコース成分、ヘミセルコース成分、リグニン成分、無機成分に大別され、それぞれの成分比率はバイオマス種・生育条件により大きく異なるため、特に限定されない。

【0023】

また、セルコース含有バイオマス 26 は、水平型反応槽 11 に供給される前に予め前処理しておくことが好ましい。セルコース含有バイオマス 26 を前処理しておくことで糖化酵素による加水分解効率を向上させることができる。セルコース含有バイオマス 26 の前処理方法は、特に限定されるものではなく、従来より公知の前処理方法を用いることができる。前処理方法としては、例えば、水熱処理、アンモニア処理、アルカリ処理、希硫酸処理などの熱化学処理、微粉碎処理、爆砕処理、酸処理、硫酸処理、苛性ソーダ処理、亜臨界水処理、蒸煮処理などが挙げられるが、これらのいずれを用いてもよいし、これらを組合せて使用してもよい。

10

【0024】

水 27 は、井戸水、工業用水、水道水、河川水、プロセス排水、プロセス再生水など特に限定されず、これらの混合水であってもよい。

【0025】

pH 調整剤 28 は、通常酸やアルカリなどを使用するのが経済的見地から好ましい。添加剤が酸またはアルカリであるかは前処理方法に依存する。例えば、水熱処理、希硫酸処理、爆砕処理、酸処理、硫酸処理、亜臨界水処理、蒸煮処理などはアルカリ剤であるし、例えば、アンモニア処理、アルカリ処理などは酸である。アルカリは、水酸化ナトリウム、アンモニア、水酸化カルシウムなどが例示できる。酸は、硫酸、塩酸、リン酸、酢酸などの有機酸などが例示できる。また、前処理物中にセルコース含有バイオマス 26 由来の有機酸塩などが少ない場合は、pH 制御が難しいため、酢酸ナトリウム、リン酸ナトリウム、クエン酸ナトリウムなどの緩衝剤を添加しても構わない。

20

【0026】

水平型反応槽 11 は、バイオマス導入口 25 よりもセルコース含有バイオマス 26 の流れ方向の下流側に酵素供給通路 31 が接続されている。水平型反応槽 11 は、酵素供給通路 31 から水平型反応槽 11 内に糖化酵素 32 が供給される。酵素供給通路 31 がバイオマス導入口 25 よりも下流側に接続されているのは、特に、pH 調整していないセルコース含有バイオマス 26 と糖化酵素 32 が反応した場合、糖化酵素 32 が失活してしまい糖化反応が進行しない場合があるからである。なお、セルコース含有バイオマス 26 の pH が 4 以上 6 以下で調整されたものである場合には、水平型反応槽 11 に酵素供給通路 31 が設けられる必要はなく、バイオマス導入口 25 から糖化酵素 32 を供給してもよい。

30

【0027】

糖化酵素 32 は、セルコース又はヘミセルコースを分解する活性を有する、あるいはセルコース又はヘミセルコースの分解を補助する酵素成分のことをいう。酵素成分として、具体的には、セルビオハイドrolラーゼ、エンドグルカナーゼ、エキソグルカナーゼ、グルコシダーゼ、キシラナーゼ、キシロシダーゼ、バイオマス膨潤酵素などを挙げることができる。糖化酵素 32 は、これら 1 種又は複数種類を用いてもよい。また、本実施形態においては、セルコース、ヘミセルコースの加水分解は複数の酵素成分の協奏効果あるいは補完効果により効率よく行うことができるため、糖化酵素 32 は上記の酵素成分の複数種を含む酵素混合物であることが好ましい。

40

【0028】

また、糖化酵素 32 は微生物により産生されるものでも好適に用いることができる。例えば、糖化酵素 32 は一種の微生物が産生する複数の酵素成分を含むものであってもよいし、複数の微生物から産生される酵素成分の混合物を含むものであってもよい。糖化酵素 32 を産生する微生物は、糖化酵素を細胞内又は細胞外に産生する微生物であって、好ましくは細胞外に糖化酵素を産生する微生物である。細胞外に産生する微生物の方が糖化酵素回収が容易だからである。

【0029】

50

糖化酵素 3 2 を産生する微生物は上記の酵素成分を産生するものであれば特に限定されない。特にトリコデルマ属、アクレモニウム属に分類される糸状菌は細胞外に多種の糖化酵素を大量に分泌するので、糖化酵素 3 2 を産生する微生物として特に好適に用いることができる。

【 0 0 3 0 】

糖化酵素 3 2 は、未使用の糖化酵素であってもよいし、後述するように、固液分離装置 7 1 で回収した糖化酵素を再使用してもよい。糖化酵素 3 2 の使用量、特に未使用の糖化酵素の使用量を削減するという観点から、回収された糖化酵素と未使用の糖化酵素との両方を混合して使用することが好ましい。

【 0 0 3 1 】

セルロース含有バイオマス 2 6、水 2 7、pH 調整剤 2 8 および糖化酵素 3 2 の供給方法は、特に限定されるものではないが、ポンプで定量かつ連続的に供給することが好ましい。

【 0 0 3 2 】

セルロース含有バイオマス 2 6、水 2 7、pH 調整剤 2 8 および糖化酵素 3 2 は、水平型反応槽 1 1 内で混合して反応することでスラリー状の糖化スラリー 3 3 が生成される。

【 0 0 3 3 】

水平型反応槽 1 1 は、バイオマス導入口 2 5 とは反対側であって、水平型反応槽 1 1 内のセルロース含有バイオマス 2 6 の流れ方向の下流側に糖化スラリー排出口 3 4 が設けられている。水平型反応槽 1 1 は、セルロース含有バイオマス 2 6 と糖化酵素 3 2 とを攪拌しながら、セルロース含有バイオマス 2 6 と糖化酵素 3 2 とを反応させて糖化スラリー 3 3 を生成する。糖化スラリー 3 3 は、糖化スラリー排出口 3 4 を通って水平型反応槽 1 1 から排出される。

【 0 0 3 4 】

(ジャケット)

ジャケット 1 2 は、水平型反応槽 1 1 の壁面 1 1 a に設けられている。ジャケット 1 2 は、水平型反応槽 1 1 内を外側から温めている。ジャケット 1 2 は、内部を温水 (熱媒体) が通ることが可能な中空体である。また、ジャケット 1 2 は壁面 1 1 a に設けられている。

【 0 0 3 5 】

また、ジャケット 1 2 は、内部を温水が通ることが可能な中空体としているが、これに限定されるものではなく、ジャケット 1 2 は内部に電気ヒーターなど加熱源を備えるものや内部に蒸気を極少量ずつ、または間欠的に供給するなど水平型反応槽 1 1 を外部から加温することができるものであればよい。

【 0 0 3 6 】

また、本実施形態では、ジャケット 1 2 は壁面 1 1 a に設けられているが、これに限定されるものではなく、水平型反応槽 1 1 内を外側から温める方式であればよく、水平型反応槽 1 1 の全体を覆うように設けられていてもよい。

【 0 0 3 7 】

また、本実施形態では、水平型反応槽 1 1 を加温するため、ジャケット 1 2 を用いているが、これに限定されるものではなく、通水管または棒状ヒーターなどを水平型反応槽 1 1 の外周に巻いた方式など水平型反応槽 1 1 を加温することができるものであればよく、特に限定されるものではない。

【 0 0 3 8 】

本実施形態では、セルロース含有バイオマス 2 6 を糖化する際に、水平型反応槽 1 1 内を加温することで糖化液 4 1 を得るための一連の糖化反応時間を短縮することができる。特に、ジャケット 1 2 と攪拌軸 2 1 とを加温することで糖化反応時間を短縮すると共に、糖化スラリー 3 3 の粘度を低下させることができる。

【 0 0 3 9 】

水平型反応槽 1 1 内の温度は、ジャケット 1 2 により制御される。温水 3 5 は、ジャケ

10

20

30

40

50

ット用温水供給通路36からジャケット12内を通過してジャケット用温水排出通路37へ供給される。温水35は、温度および温水供給速度が設定でき、水平型反応槽11内の温度に応じて適宜調整することができる。水平型反応槽11内の温度は、糖化酵素32が有効に働くようにするため、37以上であることが好ましく、より好ましくは40以上60以下であり、さらにより好ましくは45以上55以下である。水平型反応槽11内の温度が40以上の場合には、糖化酵素32の至適温度であると同時に、糖により増殖するカビなどの雑菌が繁殖し難いからである。また、水平型反応槽11内の温度が60を超えた場合には、糖化酵素32が失活するためである。なお、本実施形態においては、水平型反応槽11内の温度はジャケット12により制御されるが、これに限定されるものではなく、水平型反応槽11を外部から加温する方式であればよい。

10

【0040】

また、水平型反応槽11内でセルロース含有バイオマス26と糖化酵素32とを反応させる反応時間は、5分～4時間の範囲であることが好ましく、より好ましくは10分～1時間の範囲である。反応時間が5分未満の場合には、十分な糖化および粘度の低下が起きず、糖化スラリー排出口34より排出される糖化スラリー33の送液や攪拌に障害を引き起こす可能性があるからである。一方、反応時間が4時間を超えると、排出される糖化スラリー33が固体分と液体分とに分かれてしまい、排出物が液成分主体となり、糖化スラリー33の固体分のみが残存し、糖化スラリー33を連続的に排出することが困難になる可能性があるからである。水平型反応槽11での反応時間は、セルロース含有バイオマス26の供給速度、せき止め部38、攪拌軸21および攪拌翼22の回転数などにより制御される。

20

【0041】

セルロース含有バイオマス26、水27、pH調整剤28および糖化酵素32を混合する順番は、特に限定されるものではなく、次のような方法がある。例えば、セルロース含有バイオマス26とpH調整剤28とを混合した後、水27を混合し、糖化酵素32を混合する方法、セルロース含有バイオマス26と水27とを混合した後、pH調整剤28と糖化酵素32とを、pH調整剤28と糖化酵素32との順に混合する方法、pH調整剤28を水27で希釈した溶液にセルロース含有バイオマス26を混合した後、糖化酵素32を混合する方法、セルロース含有バイオマス26、pH調整剤28、水27および糖化酵素32を同時に混合する方法などがある。本実施形態では、セルロース含有バイオマス26とpH調整剤28とを混合した後、水27を混合し、糖化酵素32を混合する方法が好ましい。具体的には、水平型反応槽11内に、セルロース含有バイオマス26とpH調整剤28とが供給された後、セルロース含有バイオマス26とpH調整剤28との混合物に最低限の流動性を与えるために水27が供給される。

30

【0042】

水平型反応槽11内のセルロース含有バイオマス26とpH調整剤28と水27とを攪拌混合してセルロース含有バイオマス26とpH調整剤28と水27との混合液とする。この混合液のpHは、好ましくは3以上7以下の範囲内であり、より好ましくはpH4以上6以下の範囲内である。混合液のpHを上記範囲内とすることで、糖化酵素32が好適に働くことができる。また、混合液のpHは加水分解の過程でpHの変化が起きるため、酸あるいはアルカリを用いて一定pHを保持するように調整して行うことが好ましい。

40

【0043】

次に、混合液のpHを調整した後、酵素供給通路31から水平型反応槽11内に糖化酵素32が供給され、セルロース含有バイオマス26、水27およびpH調整剤28を含む混合液と糖化酵素32とを反応させて、糖化反応を行う。これにより、セルロース含有バイオマス26の加水分解物が得られる。この加水分解物は、後述する糖液72と固形物とを含む糖化液41である。なお、水平型反応槽11内のセルロース含有バイオマス26の攪拌状態によっては水平型反応槽11内に水27を添加しなくてもよい。

【0044】

セルロース含有バイオマス26は、pH調整剤28および水27および糖化酵素32を

50

含んだ反応物として糖化スラリー排出口34から糖化スラリー33として排出される。糖化スラリー排出口34から糖化スラリー33が連続排出されるためには、駆動装置24により攪拌軸21および攪拌翼22の回転数を調整する。これにより、水平型反応槽11の中でセルロース含有バイオマス26の滞留部が発生せず、セルロース含有バイオマス26、水27およびpH調整剤28の混合スラリーが糖化酵素32との反応によって糖化スラリー33の粘度が急激に低下することを抑制することができる。

【0045】

また、セルロース含有バイオマス26と糖化酵素32との糖化反応は、熱化学処理が施されたセルロース含有バイオマス26の乾燥質量が糖化スラリー33の総質量に対して15質量%以上50質量%以下であることが好ましい。熱化学処理が施されたセルロース含有バイオマス26の乾燥質量が50質量%を超えると、水平型反応槽11を用いてもスラリー化が行えず糖化反応が進まないからである。

10

【0046】

また、水平型反応槽11は、糖化スラリー排出口34にせき止め部38が設けられている。せき止め部38は、糖化スラリー排出口34の周囲をせき止め部38と水平型反応槽11の壁面11aとで囲うようにして設けられる板状の部材である。せき止め部38は、糖化スラリー33の流れをせき止めるようにしている。せき止め部38は、糖化スラリー排出口34付近にあればよく、なお、本実施形態では、せき止め部38は、水平型反応槽11の糖化スラリー33の移動方向と同方向に設けられているが、これに限定されるものではなく、水平型反応槽11の垂直方向に設けられていてもよく、せき止め部38の設置箇所は、特に限定されるものではない。

20

【0047】

本実施形態では、糖化スラリー33を糖化スラリー排出口34から排出するに当たり、糖化スラリー33が固体分と液体分とに分かれて、連続的に糖化スラリー33を排出することが困難にならないように、せき止め部38の高さを調節する。せき止め部38の高さを連続的に排出可能な高さにするすることで、糖化スラリー33を連続的かつ安定的に糖化スラリー排出口34から排出することができる。

【0048】

糖化スラリー供給ラインL11は、水平型反応槽11と垂直型反応槽13とを接続している。糖化スラリー33は、水平型反応槽11から糖化スラリー供給ラインL11を通過して垂直型反応槽13に供給される。

30

【0049】

また、水平型反応槽11は設置面に対して水平に設置しているが、水平型反応槽11は糖化スラリー排出口34方向の下側に所定角度(例えば、1°~10°)傾けるようにしてもよい。これにより、セルロース含有バイオマス26の移動効率を向上させることができる。

【0050】

(垂直型反応槽)

垂直型反応槽13は、糖化スラリー33を糖化して糖化液41を生成する槽である。垂直型反応槽13は、内部に攪拌翼42を備えている。攪拌翼42は、縦型攪拌駆動装置(縦型攪拌モーター)43により駆動される。糖化スラリー33は、攪拌翼42により攪拌され、垂直型反応槽13内で糖化反応が継続して行われる。これにより、糖化スラリー33は糖化液41となる。

40

【0051】

糖化スラリー33は、垂直型反応槽13で上部側から底部側に移動しながら攪拌されている。このため、垂直型反応槽13は、糖化スラリー33を水平型反応槽11で攪拌させながら移動させるのに比べて動力を低減することができ、糖化スラリー33を水平型反応槽11で保持する場合に比べて動力を低減できるため、設備費を低減することができる。また、糖化スラリー33は低粘度であり、流動性が良いため、水平型反応槽11で水平型攪拌を行う必要がなく、次工程への移液時などでも抜き出しがしやすい。

50

【0052】

垂直型反応槽13での糖化スラリー33の糖化反応の時間は、1時間以上72時間以下であることが好ましく、より好ましくは4時間以上24時間以下である。

【0053】

糖化液41は、垂直型反応槽13の底部から排出される。糖化液41の排出方法は特に限定されず、糖化液41を連続的または間欠的に排出してもよい。例えば、糖化液41を連続的に排出する場合は、垂直型反応槽13を多段に配置して連続攪拌槽リアクター（CSTR: Continuous Stirred Tank Reactor）のような反応形態をとってもよい。また、糖化液41を間欠的に排出する場合は、上記のような反応時間で各バッチごとに排出する方法、または垂直型反応槽13の後段に固液分離装置を備えている場合は、固液分離装置のバッチ処理時間に合わせて排出する方法などがある。従って、セルロース含有バイオマス26を垂直型反応槽13で垂直方向に進行させる速度は極めて遅くてもよく、場合によっては間欠的であってもよい。

10

【0054】

このように、糖液製造装置10Aは、水平型反応槽11と、ジャケット12と、垂直型反応槽13とを備え、水平型反応槽11でセルロース含有バイオマス26、水27、pH調整剤28および糖化酵素32を混合して糖化スラリー33を生成し、垂直型反応槽13で糖化スラリー33から糖化液41を生成している。糖液製造装置10Aは、水平型反応槽11と垂直型反応槽13との2段階で、セルロース含有バイオマス26の糖化反応を行うことにより、高濃度の糖化液41を低コストかつ短時間で効率よく製造することができる。また、2段階で糖化反応を行うことで、垂直型反応槽13において糖化液41の固形分濃度を15質量%以上の高濃度で糖化反応を行うことができる。そのため、糖液製造装置10Aは、従来の垂直型反応槽において見られた高濃度での糖化反応に伴う糖化率の低下がなく、より高濃度で糖化反応を行うことができるため、短時間で糖化反応を進行させることができる。

20

【0055】

すなわち、従来のように、垂直型反応槽13だけでセルロース含有バイオマス26の糖化反応を行っていた場合、垂直型反応槽13だけではセルロース含有バイオマス26の固形分濃度が高いと、セルロース含有バイオマス26または糖化スラリー33の粘度が高くなるか固形状となり、酵素反応が進まない場合があり、攪拌翼42の負荷が高くなってしまふ。この結果、従来では、糖化液41の固形分濃度は15質量%程度までしか上げることができず、高濃度の糖化液41を得ることは困難であった。これに対し、糖液製造装置10Aは、水平型反応槽11と垂直型反応槽13とをセルロース含有バイオマス26の流通方向に対して直列に組み合わせる。まず、水平型反応槽11で、槽内を所定の温度に保持しつつセルロース含有バイオマス26を水平方向に進行させながら糖化酵素32により糖化してスラリー化して、セルロース含有バイオマス26を垂直方向に進行させる前に予めスラリー化して低粘度の糖化スラリー33とする。これにより、次の垂直型反応槽13で糖化する際の反応効率を向上させることができる。その後、更に垂直型反応槽13で、糖化スラリー33を垂直方向に進行させながら更に糖化反応を進行させ、2段階で糖化反応を行うようにする。セルロース含有バイオマス26を垂直方向に進行させて糖化反応を進行させる前に予めスラリー化して糖化スラリー33としておくことで、セルロース含有バイオマス26と糖化酵素32との反応効率を向上させることができる。また、糖化スラリー33は低粘度であるため、垂直型反応槽13で高濃度に糖化することができる。この結果、糖液製造装置10Aは、セルロース含有バイオマス26と糖化酵素32とを効率よく反応させることができるため、高濃度の糖化液41を低コストで効率よく製造することができる。

30

40

【0056】

従って、糖液製造装置10Aは、従来のような垂直型反応槽のみで糖化する場合に比べて、糖化液41の固形分濃度を高濃度で、かつ高効率で糖化反応を連続的に行うことができ、糖化反応の糖化効率を向上させることができるため、糖化液41及び発酵産物の濃縮

50

コストを削減することができる。また、糖液製造装置 10A の小型化が可能となり、反応時間短縮による設備費の低減が可能になる。

【0057】

なお、本実施形態においては、ジャケット 12 が水平型反応槽 11 を加温しているが、本実施形態はこれに限定されるものではない。例えば、攪拌軸 21 の内部を温水の通水が可能な中空体として攪拌軸 21 が加温されるようにしてもよい。

【0058】

また、本実施形態においては、水平型反応槽 11 はせき止め部 38 を有しているが、これに限定されるものではなく、糖化スラリー 33 の排出が安定している場合には、水平型反応槽 11 はせき止め部 38 を特に備えていなくてもよい。

【0059】

また、本実施形態においては、水平型反応槽 11 にのみ糖化酵素 32 を供給しているが、これに限定されるものではなく、図 4 に示すように、垂直型反応槽 13 は第 2 の酵素供給通路 44 を備え、垂直型反応槽 13 内部に糖化酵素 45 を供給するようにしてもよい。水平型反応槽 11 で糖化スラリー 33 の糖化反応をさらに垂直型反応槽 13 で加速することができる。

【0060】

水平型反応槽 11 に糖化酵素 32 を供給し、垂直型反応槽 13 に糖化酵素 45 を供給する場合には、糖化酵素 32 および糖化酵素 45 は、種類が異なることが好ましい。すなわち、水平型反応槽 11 で行われる糖化反応の初期段階では、糖化酵素 32 により、セルロース、ヘミセルロースといった多糖類をオリゴ糖まで分解し、垂直型反応槽 13 では、糖化酵素 45 がオリゴ糖から単糖へ分解することで、糖化スラリー 33 に含まれるセルロース含有バイオマス 26 の糖化反応が促進される。

【0061】

また、本実施形態においては、水平型反応槽 11 は攪拌翼 22 が攪拌軸 21 の周方向全面に設けられているが、これに限定されるものではなく、攪拌翼 22 は、攪拌軸 21 の周方向の一部に切り欠きを有する切欠き部 22a を有するようにしてもよい。攪拌翼 22 に切欠き部 22a を設けたときの一例を図 5 に示す。図 5 は、水平型反応槽 11 を軸方向から見たときの断面図である。図 5 に示すように、攪拌翼 22 は、切欠き部 22a を有することにより、攪拌翼 22 の切欠き部 22a によってセルロース含有バイオマス 26 が攪拌され、糖化酵素 32 との反応効率が高まると同時に攪拌翼 22 を介して糖化酵素 32 の至適温度で反応を行うことができる。攪拌翼 22 は、切欠き部 22a を 1 つ設けるようにしているが、これに限定されるものではなく、切欠き部 22a は 2 箇所以上であってもよい。また、攪拌翼 22 は、切欠き部 22a を有することにより、セルロース含有バイオマス 26 および糖化酵素 32 は新たに投入されるセルロース含有バイオマス 26 に押されて糖化スラリー排出口 34 の方向へ容易に移動することができる。このため、攪拌翼 22 の切欠き部 22a からセルロース含有バイオマス 26 などが連続的に糖化スラリー排出口 34 に向かって移動することができる。

【0062】

また、本実施形態においては、水平型反応槽 11 は攪拌軸 21 を一つ備えているが、これに限定されるものではなく、水平型反応槽 11 は攪拌軸 21 を複数備えるようにしてもよい。水平型反応槽 11 が攪拌軸 21 を 2 つ備えたときの一例を図 6 に示す。図 6 は、攪拌軸 21 を 2 つ備えたときの水平型反応槽 11 を軸方向から見たときの断面図である。図 6 に示すように、水平型反応槽 11 は、水平型反応槽 11 の軸方向に対して水平方向に攪拌軸 21A、21B を備えている。攪拌軸 21A、21B は、攪拌軸 21A、21B にそれぞれ所定間隔を設けて複数の攪拌翼 22A、22B を備えている。これより、水平型反応槽 11 でセルロース含有バイオマス 26、水 27、pH 調整剤 28 および糖化酵素 32 の混合効率を向上させることができるため、糖化スラリー 33 の生成効率を向上させることができる。

【0063】

また、本実施形態においては、垂直型反応槽 13 の周囲に加温部を設けていないが、これに限定されるものではなく、垂直型反応槽 13 は、その周囲に加温部を設けるようにしてもよい。加温部として、例えば、垂直型反応槽 13 の壁面または周囲を覆うようにして設けられるジャケットなどが挙げられる。垂直型反応槽 13 が壁面にジャケットを備えたときの一例を図 7 に示す。図 7 は、垂直型反応槽 13 の他の構成の一例を示す図である。図 7 に示すように、垂直型反応槽 13 は、壁面にジャケット 46 を備えている。ジャケット 46 は、内部に温水が通ることが可能な中空体である。ジャケット 46 に通液する温水は、ジャケット 12 と同様に、40 以上 60 以下であることが好ましく、より好ましくは 45 以上 55 以下である。垂直型反応槽 13 内の温度が 40 以上の場合には、糖化酵素 32 の至適温度であると同時に、糖により増殖するカビなどの雑菌が繁殖し難いからである。また、垂直型反応槽 13 内の温度が 60 を超えた場合には、糖化酵素 32 が失活するためである。

10

【0064】

[第2の実施形態]

本発明の第2の実施形態に係る糖液製造装置について、図面を参照して説明する。なお、本実施形態に係る糖液製造装置の構成は、上述の図1に示す本発明による第1の実施形態に係る糖液製造装置の構成と同様であるため、第1の実施形態に係る糖液製造装置と同一の部材には同一の符号を付してその説明は省略する。

【0065】

図8は、本発明の第2の実施形態に係る糖液製造装置を示す概念図である。図8に示すように、糖液製造装置 10B の水平型反応槽 51 は、中空攪拌軸 52 と、中空回転体用温水供給通路 53 と、中空回転体用温水排出通路 54 とを有する。

20

【0066】

中空攪拌軸 52 は、内部を温水 55 が通ることが可能な中空体である。

【0067】

温水 55 は、中空回転体用温水供給通路 53 から中空攪拌軸 52 に供給され、中空攪拌軸 52 内を通過して中空回転体用温水排出通路 54 に排出される。

【0068】

温水 35、55 は、それぞれ温度、温水供給速度が設定でき、水平型反応槽 51 内の温度に応じて適宜調整することができる。温水 35、55 の温度は、同じでもよいし異なっているてもよい。特に、経済的見地から、温水 35、55 の温度は同じであることが好ましい。

30

【0069】

また、セルロース含有バイオマス 26 が前処理されている場合、セルロース含有バイオマス 26 が前処理直後で熱い場合には、温度が 5 ~ 35 の常温の水または冷水を中空回転体用温水供給通路 53 から中空攪拌軸 52 に供給するようにしてもよい。

【0070】

糖液製造装置 10B は、ジャケット 12 で水平型反応槽 51 内の温度を調節する他に、中空攪拌軸 52 内に温水 55 を通すことで、水平型反応槽 51 内の温度を調節している。これにより、糖液製造装置 10B は、水平型反応槽 51 内の温度の調整を容易に行うことができるため、セルロース含有バイオマス 26 の温度をより安定して調節することができ、糖化スラリー 33 をより安定して生成することができる。

40

【0071】

[第3の実施形態]

本発明の第3の実施形態に係る糖液製造装置について、図面を参照して説明する。なお、本実施形態に係る糖液製造装置の構成は、上述の図1に示す本発明による第1の実施形態に係る糖液製造装置の構成と同様であるため、第1の実施形態に係る糖液製造装置と同一の部材には同一の符号を付してその説明は省略する。

【0072】

図9は、本発明の第3の実施形態に係る糖液製造装置を示す概念図である。図9に示す

50

ように、糖液製造装置 10C は、糖液製造装置 10A の構成に、更にバイオマス供給装置（バイオマス供給部）61 を備えている。

【0073】

バイオマス供給装置 61 は、ホッパー 62、フィーダ攪拌機 63、フィーダ攪拌機用モータ（フィーダ攪拌機駆動部）64、移送機 65、移送機用モータ（移送機用駆動部）66 および固形分調整水供給通路 67 を有する。

【0074】

ホッパー 62 は、セルロース含有バイオマス 26 と pH 調整剤 28 とが貯蔵される槽である。フィーダ攪拌機 63 は、セルロース含有バイオマス 26、pH 調整剤 28 を混合するためのものであり、ホッパー 62 内のセルロース含有バイオマス 26 がブリッジするのを防ぐためのものである。フィーダ攪拌機用モータ 64 は、フィーダ攪拌機 63 を攪拌するものである。移送機 65 は、セルロース含有バイオマス 26 および pH 調整剤 28 を移送するためのものである。移送機 65 は、特に限定されるものではなく、例えば、スクリーフフィーダーまたはチェーンを利用したフライトベアなどが挙げられる。

【0075】

本実施形態では、pH 調整剤 28 はホッパー 62 内に供給して、水 27 は固形分調整水供給通路 67 内に供給し、それぞれ別々にセルロース含有バイオマス 26 に混合するようにしているが、これに限定されるものではなく、水 27 および pH 調整剤 28 は、ホッパー 62 内に供給してもよいし、固形分調整水供給通路 67 から供給してもよい。特に、水 27 および pH 調整剤 28 をホッパー 62 に供給する場合、水 27 を多く添加してしまうと、バイオマス供給装置 61 の詰まりや滞留を引き起こす可能性がある。そのため、pH 調整剤 28 は水 27 と共に固形分調整水供給通路 67 から供給するようにすることが好ましい。

【0076】

よって、糖液製造装置 10C は、バイオマス供給装置 61 によりセルロース含有バイオマス 26、水 27 および pH 調整剤 28 のいずれか 2 つ以上を移動させるようにしているため、セルロース含有バイオマス 26、水 27 および pH 調整剤 28 の供給速度を安定して水平型反応槽 11 に供給することができる。これにより、糖液製造装置 10C は、セルロース含有バイオマス 26、水 27、pH 調整剤 28 および糖化酵素 32 を定量的に水平型反応槽 11 内に供給することができるため、水平型反応槽 11 内でセルロース含有バイオマス 26 を安定してスラリー化することができる。この結果、糖液製造装置 10C は、セルロース含有バイオマス 26 の糖化率、すなわち糖化スラリー 33 の糖濃度を安定させることができるため、糖化スラリー排出口 34 から排出される糖化スラリー 33 の品質を安定させることができる。

【0077】

[第 4 の実施形態]

本発明の第 4 の実施形態に係る糖液製造装置について、図面を参照して説明する。なお、本実施形態に係る糖液製造装置の構成は、上述の図 1 に示す本発明による第 1 の実施形態に係る糖液製造装置の構成と同様であるため、第 1 の実施形態に係る糖液製造装置と同一の部材には同一の符号を付してその説明は省略する。

【0078】

図 10 は、本発明の第 4 の実施形態に係る糖液製造装置を示す概念図である。図 10 に示すように、糖液製造装置 10D は、糖液製造装置 10A の構成に、更に、固液分離装置 71 と、糖化液供給ライン L21 と、糖液排出ライン L22 と、糖化残渣排出ライン L24 と、温水供給ライン L23 とを有している。

【0079】

固液分離装置 71 は、糖化液 41 から固形分を分離して糖液 72 を得るものである。固液分離装置 71 は糖化液 41 から固形分を分離することができるものであればよい。固液分離装置 71 としては、例えば、スクリーフデカンタ、分離板式遠心分離機、シャープレス型遠心分離機、縦型遠心分離機などの遠心分離型、フィルタプレス、ニューマプレス（

10

20

30

40

50

Pneumapress、登録商標)、加圧ろ過機、遠心ろ過機、スクリーブレス、ベルトプレスなどの加圧ろ過型、ベルトフィルター、プレコートフィルタ、ドラム型ろ過フィルター、真空ろ過フィルターなどの吸引ろ過型の装置などが挙げられる。これらの中でも、特に、糖液の回収率に優れ1回の固液分離でより多くの糖液成分を回収できると共に澄明なる液を容易に得られるという観点から、固液分離装置71としては、加圧ろ過型のフィルタプレスを用いることが好ましい。また、加圧ろ過型、吸引ろ過型の固液分離装置は、長期運転性の観点からろ布やフィルターの自動洗浄機能を備えていることが好ましい。洗浄の回数などは特に限定されない。

【0080】

糖液72は、セルロース由来のグルコースおよびヘミセルロース由来のキシロースを含有しているが、これらの混合比はセルロース含有バイオマス26の前処理方法や前処理条件によって異なるため、特に限定されるものではない。また、前記物質以外にセルロースやヘミセルロースの分解時に生成するギ酸、酢酸といった有機酸や、高温処理によって糖から生成されるHMF、フルフラールなどを含んでいる可能性があることが特徴である。また、リグニン由来のバニリン、グアニアコール、クマル酸、フェルラ酸、またそれらの反応物などを含んでいる。

【0081】

固形分は、セルロース含有バイオマス26中のセルロース画分、ヘミセルロース画分のそれぞれが好ましくは50%以上加水分解されたものであり、固形分の含水率は40%以上80%以下のものとなる。固液分離装置71がフィルタプレスである場合には、固形分の含水率は55%以下とすることができる。

【0082】

また、固液分離装置71がフィルタプレスである場合には、濾布を備えた濾室内に糖化液41をポンプで圧入して脱水した後、ろ室中のダイアフラムを用いてケーキを圧搾し、さらに脱水することが好ましい。固液分離装置71が濾布を備えた濾室内に圧入して脱水した糖化液41をダイアフラムを用いてケーキを高圧で圧搾する場合、圧搾圧力は、固形分の圧縮率がバイオマス原料の前処理方法、バイオマス種、バイオマスの酵素糖化効率、かさ密度などに影響を大きく受けるため、特に限定されるものではなく、適宜調整される。圧搾圧力は、バイオマス原料の前処理方法、バイオマス種、バイオマスの酵素糖化効率、かさ密度などを行った場合を考慮して、例えば、0.05MPa以上であるのが好ましく、より好ましくは0.5MPa以上である。圧搾圧力が高いほど固形分の含水率を低くすることができ、糖液72の収率が改善する。そのため、圧搾圧力を0.05MPa以上とすることで、糖液72の収率を改善することができる。また、圧搾することによって固形分を燃焼させてエネルギーを回収する場合において、固形分の燃焼効率が向上してより高いエネルギーを得ることが可能となる。

【0083】

糖化液供給ラインL21は、垂直型反応槽13と固液分離装置71とを連結している。垂直型反応槽13から排出された糖化液41は、糖化液供給ラインL21を通過して固液分離装置71に供給される。糖化液供給ラインL21は、その途中に調節弁V11と、調節弁V11よりも下流側に設けた糖化液供給ポンプP11とが設けられている。糖化液41の供給量は、調節弁V11または糖化液供給ポンプP11の周波数により調整される。なお、送液方法は、ポンプによるものである必要はなく、例えば圧縮気体を用いた圧送方式をとってもよい。すなわち垂直型反応槽13と固液分離装置71との圧力差を用いて糖化液41を送るようにしてもよい。また、糖化液供給ラインL21には、緩衝槽又は供給槽などが設けられていてもよい。

【0084】

糖液排出ラインL22は、固液分離装置71の透過側と連結されている。固液分離装置71で糖化液41から固形分が分離された糖液72は、固液分離装置71から糖液排出ラインL22を通過して排出される。糖液排出ラインL22は、その途中に調節弁V12と、調節弁V12よりも後流側に設けた糖液供給ポンプP12とが設けられている。糖液72

10

20

30

40

50

の供給量は、調節弁V 1 2または糖液供給ポンプP 1 2の周波数により調整される。なお、糖液7 2の送液方法は、ポンプによるものである必要はなく、上述の圧送方式でもよいし、糖液そのものの重力による自然落下で移送されてもよい。

【0085】

温水供給ラインL 2 3は、温水供給槽7 3と固液分離装置7 1の非透過側とを連結している。温水供給槽7 3は、固液分離装置7 1に供給される温水7 4を貯留するための槽である。温水7 4が温水供給ラインL 2 3を通過して固液分離装置7 1に供給される。温水供給ラインL 2 3は、その途中に調節弁V 1 3と、調節弁V 1 3よりも前流側に設けた温水供給ポンプP 1 3とが設けられている。温水7 4の供給量は、調節弁V 1 3または温水供給ポンプP 1 3の周波数により調整される。なお、温水7 4の送液方法は、ポンプによる

10

【0086】

温水供給ラインL 2 3から温水7 4を固液分離装置7 1内に供給すると、温水7 4が媒体となって、固液分離装置7 1で糖化液4 1から分離した固形分は、固形分に吸着している糖化酵素3 2と反応して加水分解が行われることにより糖液7 2に変換される。これにより、より多くの糖液7 2と糖化酵素3 2を回収することができるため、投入する糖化酵素3 2を軽減し効率よく使用することができると共に、糖液7 2の生成量を向上させることができる。

【0087】

温水7 4を用いて固形分に吸着している糖化酵素3 2と反応させて新たに生成された糖液7 2は、固液分離装置7 1から糖液排出ラインL 2 2を通過して排出される。

20

【0088】

温水7 4の添加量は、特に限定されないが、温水7 4を固形分に吸着している糖化酵素3 2と反応させて加水分解を行う際に、固形物濃度が1質量%～20質量%の範囲内になるよう添加することが好ましい。固形物濃度が20質量%より多い場合又は1質量%より少ない場合には、糖液7 2の生成量および糖化酵素3 2の回収率の観点から、効率的でなく好ましくない。

【0089】

温水7 4の温度は、30～60の範囲であることが好ましく、より好ましくは40～55の範囲であり、さらに好ましくは50前後である。

30

【0090】

温水7 4と固形分に吸着している糖化酵素3 2とを反応させて加水分解を行う時間は、1分～180分の範囲であることが好ましい。1分未満であると、固形分に吸着している糖化酵素3 2の回収効率が低く、180分以上行っても固形分に吸着している糖化酵素3 2の回収効率が増加せず非効率的である。

【0091】

温水7 4のpHは6.0～8.0の範囲であることが好ましく、より好ましくは5.0程度である。pHが6.0未満であると、固形分に吸着している糖化酵素3 2の回収率が低下し、pHが8.0を越えると、糖化酵素3 2の失活が起きるので好ましくない。そのため、pHが6.0～8.0の範囲内であれば、糖化酵素3 2の失活を極力低減し、糖化酵素3 2の回収効率を高くすることができる。

40

【0092】

なお、固液分離装置7 1で回収した糖化酵素3 2は、再使用するようにしてもよい。糖化酵素3 2の使用量、特に未使用の糖化酵素の使用量を削減するという観点から、回収された糖化酵素3 2と未使用の糖化酵素との両方を混合して使用することが好ましい。また、垂直型反応槽1 3に糖化酵素3 2の回収効率を高くするためにセルロース含有バイオマス2 6に吸着して遊離しないサイトをブロックするための吸着抑制剤を添加した後、垂直型反応槽1 3に未使用の糖化酵素を添加することによって、糖化酵素3 2の回収効率を向上させることができる。

【0093】

50

固液分離装置 7 1 への温水 7 4 の供給時期は、特に限定されるものではないが、糖化液 4 1 の固液分離をより効率的に行うという観点から、例えば、固液分離装置 7 1 がフィルタプレスである場合には、温水 7 4 は、脱水した糖化液 4 1 をダイアフラムを用いてケーキを圧搾してさらに脱水した後に供給するのがより好ましい。すなわち、糖化液 4 1 を圧搾した後に温水 7 4 を固液分離装置 7 1 内に供給する方が固形分の体積が小さくなり、含水率も低下しているため、温水 7 4 の使用量が低減し、さらに浸透効率が向上するからである。

【 0 0 9 4 】

糖化残渣排出ライン L 2 4 は、固液分離装置 7 1 の非透過側に連結されている。固液分離装置 7 1 中に温水 7 4 を供給した後に残留する固形分は、糖化残渣 7 5 として、固液分離装置 7 1 から糖化残渣排出ライン L 2 4 を通って排出される。糖化残渣排出ライン L 2 4 は、その途中に調節弁 V 1 4 と、調節弁 V 1 4 よりも下流側に設けた糖化残渣排出用ポンプ P 1 4 とが設けられている。糖化残渣 7 5 の排出量は、調節弁 V 1 4 または糖化残渣排出用ポンプ P 1 4 の周波数により調整される。なお、糖化残渣 7 5 は固形状のものであることが多いため、排出方法は配管やポンプなどよりも、固形物を移送するのに適したベルトコンベアーなどであることが好ましい。特に、固液分離装置 7 1 がフィルタプレス、ニューマプレス (P n e u m a p r e s s 、登録商標) などの場合はろ布が移動したり、ろ布が動いたり、ろ布上にスクレーパーが移動することで糖化残渣 7 5 を払い出した後、ベルトコンベアーなどで移送することが好ましい。

【 0 0 9 5 】

糖化液 4 1 には糖液 7 2 と固形物とが含まれ、固形物には未分解のセルロースまたはヘミセルロースといった多糖成分およびリグニンなどの本来、糖化酵素 3 2 によっては分解できない成分が含まれている。さらに、固形物は比較的大量の糖化酵素 3 2 を吸着した状態にある。そこで、固液分離装置 7 1 は、糖化液 4 1 を糖液 7 2 と固形物とを分離して、糖液 7 2 を得ると共に固形分を回収する。また、固液分離装置 7 1 で糖化液 4 1 から分離された固形分は、多糖成分と糖化酵素 3 2 とを含んでいる。糖化液 4 1 の固形物に含まれている多糖成分と糖化酵素 3 2 とは、固液分離装置 7 1 内に供給される温水 7 4 に含まれ、糖液 7 2 の生成に用いられる。糖液 7 2 の生成に用いられなかった固形物の残渣は、糖化残渣 7 5 として、糖化残渣排出ライン L 2 4 により固液分離装置 7 1 から排出される。

【 0 0 9 6 】

このように、糖液製造装置 1 0 D は、固液分離装置 7 1 を備え、固液分離装置 7 1 の非透過側に固形分を捕捉し、透過側に液成分である糖液 7 2 を得る。糖液製造装置 1 0 D は、固液分離装置 7 1 内に温水 7 4 を供給することにより、固液分離装置 7 1 中の固形分に吸着している糖化酵素 3 2 と反応させて加水分解させることにより糖液 7 2 を生成する。これにより、より多くの糖液 7 2 を回収しつつ添加した糖化酵素 3 2 を利用することができるため、新たに投入する糖化酵素 3 2 を効率よく使用することができると共に、糖液 7 2 を低コストで効率良く製造することができる。この結果、糖液製造装置 1 0 D は、上記第 1 ~ 第 3 の実施形態よりもセルロース含有バイオマス 2 6 の糖化効率をさらに向上させることができ、セルロース含有バイオマス 2 6 の糖化反応を短縮することができる。

【 0 0 9 7 】

また、本実施形態では、温水 7 4 は、固液分離装置 7 1 に供給された後、糖液排出ライン L 2 2 から排出するようにしているが、これに限定されるものではなく、固液分離装置 7 1 の透過側に温水返送ラインを設け、温水 7 4 を温水供給槽 7 3 に供給して、温水 7 4 を循環させて再利用するようにしてもよい。温水返送ラインを設けることにより、固液分離装置 7 1 で使用される温水 7 4 を温水供給槽 7 3 に送給することができるため、固液分離装置 7 1 で使用される温水 7 4 を温水返送ラインを介して循環して再利用することにより温水 7 4 の使用量を低減することができる。

【 0 0 9 8 】

この場合、循環使用した温水 7 4 は、最終的に固液分離装置 7 1 中の固形分を通過して糖液排出ライン L 2 2 から糖液 7 2 として全量を抜き出してもよいし、温水 7 4 を固液分

10

20

30

40

50

離装置 7 1 と温水供給槽 7 3 との間を循環させた後、糖液排出ライン L 2 2 とは異なるラインから糖液 7 2 として抜き出してもよい。

【 0 0 9 9 】

また、本実施形態では、糖液製造装置 1 0 D は、垂直型反応槽 1 3 を 1 つとしているが、これに限定されるものではなく、垂直型反応槽 1 3 を直列に複数設け、連続して糖化反応を行い、固液分離を行うようにしてもよい。図 1 1 は、糖液製造装置 1 0 E の他の構成の一例を示す図である。図 1 1 に示すように、糖液製造装置 1 0 E は、垂直型反応槽 1 3 - 1 と垂直型反応槽 1 3 - 2 とを直列に設けるようにしている。垂直型反応槽 1 3 - 1 と垂直型反応槽 1 3 - 2 とは、糖化液供給ライン L 2 1 - 1 により連結され、垂直型反応槽 1 3 - 2 と固液分離装置 7 1 とは、糖化液供給ライン L 2 1 - 2 により連結されている。垂直型反応槽 1 3 - 1 から排出された糖化液 4 1 A は、糖化液供給ライン L 2 1 - 1 を通って垂直型反応槽 1 3 - 2 に供給される。糖化液供給ライン L 2 1 - 1 は、その途中に調節弁 V 1 1 - 1 と、調節弁 V 1 1 - 1 よりも下流側に設けた糖化液供給ポンプ P 1 1 - 1 とが設けられている。垂直型反応槽 1 3 - 2 から排出された糖化液 4 1 B は、糖化液供給ライン L 2 1 - 2 を通って固液分離装置 7 1 に供給される。糖化液供給ライン L 2 1 - 2 は、その途中に調節弁 V 1 1 - 2 と、調節弁 V 1 1 - 2 よりも下流側に設けた糖化液供給ポンプ P 1 1 - 2 とが設けられている。

10

【 0 1 0 0 】

糖液製造装置 1 0 E でも、糖液製造装置 1 0 D と同様、固液分離装置 7 1 および糖化残渣排出ライン L 2 4 を設けているため、垂直型反応槽を複数（本実施形態では、垂直型反応槽 1 3 - 1、1 3 - 2 の 2 台）設けても、垂直型反応槽 1 3 - 1、1 3 - 2 のそれぞれの槽での糖化スラリー 3 3 の糖化反応を促進して、それぞれの垂直型反応槽 1 3 - 1、1 3 - 2 で垂直型反応槽 1 台分の糖化効率を維持しながら糖化スラリー 3 3 の連続処理を可能にすることができる。この結果、糖液製造装置 1 0 E でも、糖液製造装置 1 0 D と同様、セルロース含有バイオマス 2 6 の糖化効率をさらに向上させることができ、セルロース含有バイオマス 2 6 の糖化反応を短縮することができる。

20

【 0 1 0 1 】

また、本実施形態においては、糖化液供給ライン L 2 1、温水供給ライン L 2 3 および糖化残渣排出ライン L 2 4 をそれぞれ単独で固液分離装置 7 1 に連結するようにしているが、これに限定されるものではなく、糖化液供給ライン L 2 1、温水供給ライン L 2 3 および糖化残渣排出ライン L 2 4 の少なくとも 1 つ以上を共用するようにしてもよい。固液分離装置 7 1 が、例えば、フィルタプレスである場合、フィルタプレスの構成上、液体の供給口、排出口の数が限られる場合がある。そこで、糖化液供給ライン L 2 1、温水供給ライン L 2 3 および糖化残渣排出ライン L 2 4 の少なくとも 1 つ以上を共用することで、固液分離装置 7 1 が、フィルタプレスのように、液体の供給口、排出口の数が限られる構成の槽であるような場合でも固液分離装置 7 1 として用いる装置構成に応じて対応して糖化液 4 1 の固液分離を効率よく行うことができる。

30

【 0 1 0 2 】

本実施形態においては、糖化液 4 1 を固液分離装置 7 1 に供給して糖液 7 2 を抜き出した後、温水 7 4 を固液分離装置 7 1 に供給して固液分離装置 7 1 中の固形分に吸着している糖化酵素 3 2 と反応させて糖液 7 2 を生成するようにしている。そして、固形分から糖含有量を減らした後、糖化残渣 7 5 として排出するようにしている。固液分離装置 7 1 への糖化液 4 1 及び温水 7 4 の供給、糖液 7 2 の抜き出しなどの順序は、特に限定されるものではなく、適宜調整することができる。

40

【 0 1 0 3 】

なお、本実施形態においては、糖液製造装置として、本発明の第 1 の実施形態に係る糖液製造装置 1 0 A を用いた場合について説明したが、本実施形態はこれに限定されるものではなく、第 2、第 3 の実施形態に係る糖液製造装置 1 0 B、1 0 C を用いてもよい。

【 実施例 】

【 0 1 0 4 】

50

<実施例 1：糖化液の作製・分析>

[A . 前処理したセルロース含有バイオマスの準備]

(1 . セルロース系バイオマスの爆砕処理)

セルロース含有バイオマスとして、稲ワラを使用した。稲ワラ 100 kg をまず、ロータリーカッターミル R C M - 400 型 (奈良機械製作所製) にてスクリーンメッシュ径 8 mm の状態で 420 rpm で回転させて粉碎した。次に、爆砕装置 (反応容器 30 L、日本電熱株式会社製) を用いて粉碎処理した稲ワラ 2 kg を水蒸気爆砕処理した。その際の圧力は 2.5 MPa、処理時間は 3 分であった。

【 0105】

(2 . セルロース系バイオマスのアンモニア処理)

セルロース含有バイオマスとして、稲ワラを使用した。稲ワラ 1 kg をまず、ロータリーカッターミル R C M - 400 型 (奈良機械製作所製) にてスクリーンメッシュ径 8 mm の状態で 420 rpm で回転させて粉碎した。次に、オートクレーブ装置 (反応容器 3 L、日東高圧株式会社製) を用いて粉碎処理した稲ワラ 500 g をオートクレーブ内に純アンモニアガスを導入して、120、10 分の条件下で攪拌しながらアンモニア処理した。これを複数回行い、前処理バイオマスを約 20 kg 得た。

【 0106】

[B . 糖化液の作製]

上記 [A . 前処理したセルロース含有バイオマスの準備] で得られた前処理バイオマスをそれぞれ乾燥質量で 2 kg 分取し、それぞれ糖化反応を行った。水平型反応槽として奈良機械製作所製のブーノドライヤ (ホールド容量 : 約 30 L) を用いて、連続的に糖化反応を行った。50 の温水はジャケットのみに供給し糖化反応を行った。ホールド量 30 L に合わせて反応時間を 30 分として前処理バイオマス、pH 調整剤 (硫酸または水酸化ナトリウム水溶液)、酵素液 (アクセルレースデュエット)、水を連続的に添加した。各々の添加速度は、pH 調整剤は pH が 4.8 になるように添加し、酵素液は前処理バイオマスの乾燥質量 1 kg に対して 200 mL を供給するように添加し、水の添加量は pH 調整剤および酵素液を含めて固形分濃度が 10 wt %、15 wt %、20 wt %、30 wt % となるように添加して糖化反応を行った。その後、排出された糖化スラリー 20 L を分取して、垂直型反応槽として、ジャケット式の全容量 25 L の反応槽を用いて糖化反応を行った。糖化反応は、水平型反応槽であるブーノドライヤに最初の前処理バイオマスの添加を開始した時から 6 時間後、24 時間後に反応を停止した。

【 0107】

[C . 糖濃度の分析]

(1 . 糖の分析方法)

上記で得られた糖化液の糖濃度を測定した。得られた糖化液に含まれる糖濃度は、下記に示す高速液体クロマトグラフィー (High Performance Liquid Chromatography : H P L C) 条件で、標品との比較により定量した。結果を表 1 に示す。

カラム : L u n a N H ₂ (P h e n o m e n e x 社製)

移動相 : 超純水 ; アセトニトリル = 25 : 75

流速 : 0.6 mL / min

反応液 : なし

検出方法 : R I (示差屈折率)

温度 : 30

【 0108】

(2 . 固形分濃度の分析方法)

上記で得られた糖化液の固形分濃度を測定した。固形分濃度は、赤外線水分計 (「 F D - 720」、ケット科学研究所製) を使用して、糖化液を含む試料を 120 の温度に保持し、蒸発後の安定値と初期値との差分から得られる値である含水率を測定し、100 wt % から含水率を差し引いた値を固形分濃度とした。結果を表 1 に示す。

【 0109】

10

20

30

40

50

【表 1】
(表1)

固形分濃度	糖の種類	爆砕処理[g/L]		アンモニア処理[g/L]	
		6時間後	24時間後	6時間後	24時間後
10wt%	グルコース	26	36	18	27
	キシロース	7	7	16	18
15wt%	グルコース	34	57	24	42
	キシロース	8	12	24	27
20wt%	グルコース	44	72	31	55
	キシロース	12	14	30	36
30wt%	グルコース	64	98	46	72
	キシロース	16	21	44	49

10

【 0 1 1 0 】

表 1 の結果から、まず、前処理バイオマスを水平型反応槽で糖化した後、次に垂直型反応槽で糖化反応を行うことによって糖化反応効率が向上することが確認された。また、垂直型反応槽では高濃度で糖化反応を行えることが確認された。これにより、糖化反応槽の規模が縮小化され、設備費低減につなげることができる。

20

【 0 1 1 1 】

< 実施例 2 : 攪拌軸の保温 >

実施例 1 と同様の方法で、水平型反応槽としてブーノドライヤにおいてジャケットだけでなく、攪拌軸側にも 50 の温水を通して、上記 [A . 前処理したセルロース含有バイオマスの準備] で得られた前処理バイオマスに連続的に糖化反応を行った。水平型反応槽であるブーノドライヤに最初の前処理バイオマスの添加を開始してから 6 時間後、2 4 時間後に反応を停止し、糖濃度を測定した。結果を表 2 に示す。

【 0 1 1 2 】

30

【表 2】
(表2)

固形分濃度	糖の種類	爆砕処理[g/L]		アンモニア処理[g/L]	
		6時間後	24時間後	6時間後	24時間後
10wt%	グルコース	26	36	18	27
	キシロース	7	7	16	18
15wt%	グルコース	36	57	32	42
	キシロース	9	12	26	27
20wt%	グルコース	50	74	35	56
	キシロース	14	15	30	36
30wt%	グルコース	72	99	52	74
	キシロース	22	21	46	50

40

【 0 1 1 3 】

表 2 の結果から、水平型反応槽の攪拌機に温水を通液して糖化反応をすることで、糖濃度の向上が確認され、さらに糖化反応を効率化できることが判明した。

50

【 0 1 1 4 】

< 実施例 3 : ろ過型固液分離装置の併用 >

実施例 2 で得られた糖化液で、6 時間後に糖化反応を止め、さらにろ過型固液分離装置としてフィルタプレス（アタカ大機製）を用いて固液分離を行った。固液分離後、50 の温水 5 L をフィルタプレスに供給して圧搾を行い、糖化液と得られた糖液の総量と濃度を、上記「1 . 糖の分析方法」を用いて測定した。結果を表 3 に示す。

【 0 1 1 5 】

【表 3】

(表3)

固形分濃度	糖の種類	爆砕処理				アンモニア処理			
		ろ過装置無し		ろ過装置有り		ろ過装置無し		ろ過装置有り	
		糖濃度[g/L]	糖収量[g]	糖濃度[g/L]	糖収量[g]	糖濃度[g/L]	糖収量[g]	糖濃度[g/L]	糖収量[g]
15wt%	グルコース	36	684	30	720	32	608	28	672
	キシロース	9	171	7	168	26	494	22	528
20wt%	グルコース	50	950	43	1032	35	665	32	768
	キシロース	14	266	12	288	30	570	25	600
30wt%	グルコース	72	1368	69	1656	52	988	50	1200
	キシロース	22	418	18	432	46	874	38	912

【 0 1 1 6 】

表 3 の結果から、得られた糖化液をフィルタプレスでろ過し、50 の温水を供給する

10

20

30

40

50

ことで、フィルタプレスのも室内で糖化反応が促進され、得られた糖の質量は、糖化液よりも収率が向上することが確認された。また、6時間程の糖化反応で、糖の収率は24時間糖化後と同等の糖濃度を得ることができると確認され、設備費が低減できることが示唆された。また、糖の質量としては、ろ過装置無しの場合は、バイオマス未分解分を1kgと仮定し、液量が19L、洗浄後は24Lとして計算した。その結果、糖化残渣の温水洗浄を実施することで糖収率も向上することが確認された。

【0117】

<比較例1>

実施例1～3と同様、上記[A.前処理したセルロース含有バイオマスの準備]で得られた前処理バイオマスをそれぞれ乾燥質量で2kg分取し、垂直型反応槽として、ジャケット式の全容量25Lの反応槽を用いて糖化反応を行った。糖化条件としては、爆砕バイオマスについては水酸化ナトリウムで、アンモニア処理バイオマスについては硫酸を使用して、pHを4.8に調整した後、アクセルレースデュエット(ダニスコジャパン製)を400mL添加した。固形分濃度は10wt%、15wt%、20wt%になるように水を添加してジャケットは温水を用いて50℃に保って24時間糖化反応を行った。最初の前処理バイオマスの添加を開始してから6時間後、24時間後に反応を停止し、糖濃度を測定した。結果を表4に示す。

【0118】

【表4】

(表4)

固形分濃度	糖の種類	爆砕処理[g/L]		アンモニア処理[g/L]	
		6時間後	24時間後	6時間後	24時間後
10wt%	グルコース	24	34	17	27
	キシロース	6	7	16	18
15wt%	グルコース	18	46	12	36
	キシロース	7	10	10	22
20wt%	グルコース	18	50	14	40
	キシロース	7	12	14	28

【0119】

表4の結果から、何れの固形分濃度においても実施例1と比較して糖濃度が低いことが確認された。なお、固形分濃度が15wt%、20wt%の場合には、粘度が高すぎるため、反応初期では攪拌機が回らなかったが、15wt%については50分後、20wt%については150分後に粘度が低下し、攪拌機が回るようになった。

【0120】

<比較例2>

実施例1～3と同様、上記[A.前処理したセルロース含有バイオマスの準備]で得られた前処理バイオマスをそれぞれ乾燥質量で2kg分取し、それぞれ糖化反応を行った。糖化槽としては、水平型反応槽として奈良機械製作所製のブーノドライヤ(ホールド容量:約30L)を用いて連続的に糖化反応を行った。50℃の温水はジャケットのみに供給し糖化反応を行った。ホールド量30Lに合わせて反応時間を24時間として前処理バイオマス、pH調整剤(硫酸または水酸化ナトリウム水溶液)、酵素液(アクセルレースデュエット)、水を連続的に添加した。反応は合計3日間運転した。各々の添加速度は、pH調整剤は糖化液のpHが4.8になるように添加し、酵素液は前処理バイオマスの乾燥質量1kgに対して200mLを供給するように添加し、水の添加量はpH調整剤および酵素液を含めて固形分濃度が10wt%、15wt%、20wt%、30wt%となるように添加して糖化反応を行った。

【 0 1 2 1 】

それぞれ得られた糖液は、ブーノドライヤの底に固形分が蓄積して、安定的な糖液が得られなかった。また、最終的には底に蓄積した固形分によって攪拌機が回らなくなった。このように、水平型反応槽を用いるだけでは糖化は連続的に処理することはできなかった。よって、実施例 1 では、水平型反応槽および垂直型反応槽を共用することで、糖化効率をより向上させることができることが確認された。

【 0 1 2 2 】

< 比較例 3 : 水平型反応槽の保温なし >

実施例 1 ~ 3 と同様、上記 [A . 前処理したセルロース含有バイオマスの準備] で得られた前処理バイオマスをそれぞれ乾燥質量で 2 k g 分取し、それぞれ糖化反応を行った。糖化槽としては、水平型反応槽として奈良機械製作所製のブーノドライヤ (ホールド容量 : 約 3 0 L) を用いて連続的に糖化反応を行った。ジャケットおよび攪拌軸には温水を通水せず温度制御なしに糖化反応を行った。外部の温度は 2 5 度であった。ホールド量 3 0 L に合わせて反応時間を 3 0 分として前処理バイオマス、p H 調整剤 (硫酸または水酸化ナトリウム水溶液)、酵素液 (アクセルレースデュエット)、水を連続的に添加した。添加速度は、p H 調整剤は p H が 4 . 8 になるように添加し、酵素液は前処理バイオマスの乾燥質量 1 k g に対して 2 0 0 m L を供給するように添加し、水添加量は p H 調整剤および酵素液を含めて固形分濃度が 1 0 w t %、1 5 w t %、2 0 w t %、3 0 w t % となるように添加して糖化反応を行った。その後、排出された糖化スラリー 2 0 L を分取して、垂直型反応槽として、ジャケット式の全容量 2 5 L の反応槽を用いて糖化反応を行った。糖化反応は、水平型反応槽であるブーノドライヤに最初の前処理バイオマスの添加を開始した時から 6 時間後、2 4 時間後に反応を停止し、糖濃度を測定した。結果を表 5 に示す。

【 0 1 2 3 】

【表 5】

(表5)

固形分濃度	糖の種類	爆砕処理[g/L]		アンモニア処理[g/L]	
		6時間後	24時間後	6時間後	24時間後
10wt%	グルコース	21	32	16	25
	キシロース	6	7	12	18
15wt%	グルコース	32	51	29	38
	キシロース	6	11	21	25
20wt%	グルコース	30	61	21	42
	キシロース	10	13	20	25
30wt%	グルコース	40	70	30	58
	キシロース	14	16	29	32

【 0 1 2 4 】

表 5 の結果から、何れの固形分濃度においても実施例 1、2 と比較して糖濃度が低いことが確認された。また、垂直型反応槽での糖化の際に固形分濃度 2 0 w t %、3 0 w t % においては、攪拌機がそれぞれ 1 時間、2 時間は、粘度が高すぎて回らない現象が起きた。このように、実施例 1、2 との比較から水平型反応槽の温度制御が糖化反応に極めて重要であることが判明した。

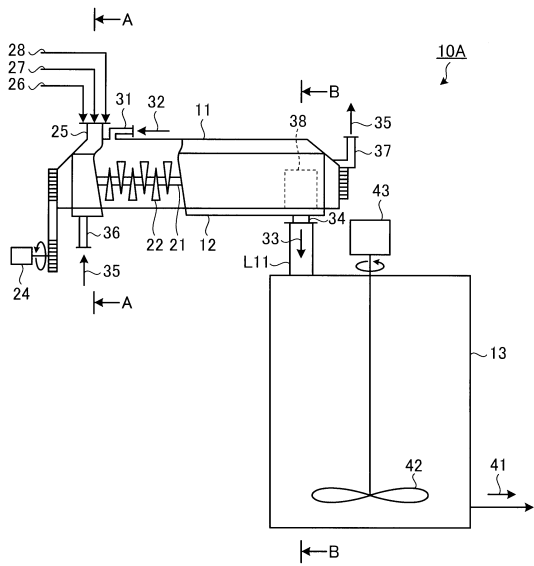
【符号の説明】

【 0 1 2 5 】

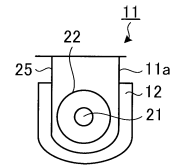
1 0 A ~ 1 0 E 糖液の製造装置 (糖液製造装置)

1 1、5 1	水平型反応槽	
1 1 a	壁面	
1 2、4 6	ジャケット（加温部）	
1 3	垂直型反応槽	
2 1、2 1 A、2 1 B、5 2	攪拌軸	
2 2、2 2 A、2 2 B、4 2	攪拌翼	
2 2 a	切欠き部	
2 4	モーター（駆動装置）	
2 5	バイオマス導入口	
2 6	セルロース含有バイオマス	10
2 7	水	
2 8	pH調整剤	
3 1、4 4	酵素供給通路	
3 2、4 5	糖化酵素	
3 3	糖化スラリー	
3 4	糖化スラリー排出口	
3 5、5 5、7 4	温水	
3 6	ジャケット用温水供給通路	
3 7	ジャケット用温水排出通路	
3 8	せき止め部	20
4 1	糖化液	
4 3	縦型攪拌駆動装置（縦型攪拌モーター）	
5 2	中空攪拌軸	
5 3	中空回転体用温水供給通路	
5 4	中空回転体用温水排出通路	
6 1	バイオマス供給装置（バイオマス供給部）	
6 2	ホッパー	
6 3	フィーダ攪拌機	
6 4	フィーダ攪拌機用モータ（フィーダ攪拌機駆動部）	
6 5	移送機	30
6 6	移送機用モータ（移送機用駆動部）	
6 7	固形分調整水供給通路	
7 1	固液分離装置	
7 2	糖液	
7 3	温水供給槽	
7 5	糖化残渣	
L 1 1	糖化スラリー供給ライン	
L 2 1、L 2 1 - 1、L 2 1 - 2	糖化液供給ライン	
L 2 2	糖液排出ライン	
L 2 3	温水供給ライン	40
L 2 4	糖化残渣排出ライン	
P 1 1	糖化液供給ポンプ	
P 1 2	糖液供給ポンプ	
P 1 3	温水供給ポンプ	
P 1 4	糖化残渣排出用ポンプ	
V 1 1 ~ V 1 4	調節弁	

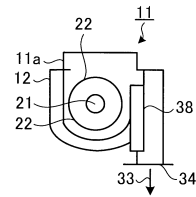
【 図 1 】



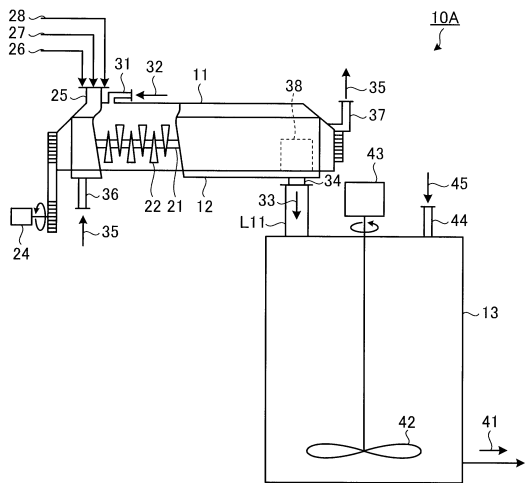
【 図 2 】



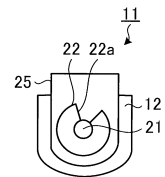
【 図 3 】



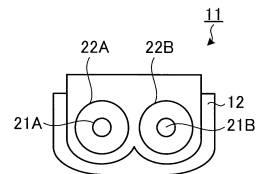
【 図 4 】



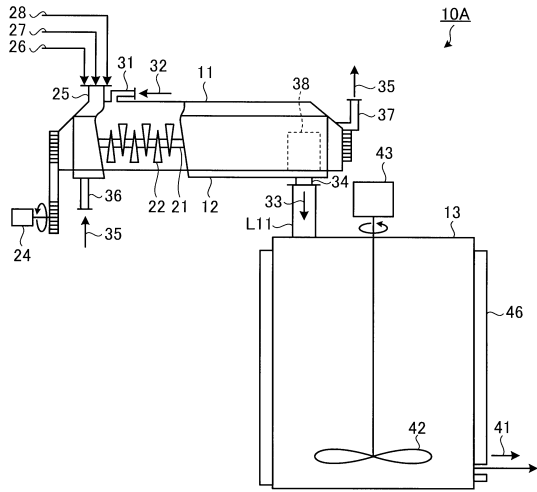
【 図 5 】



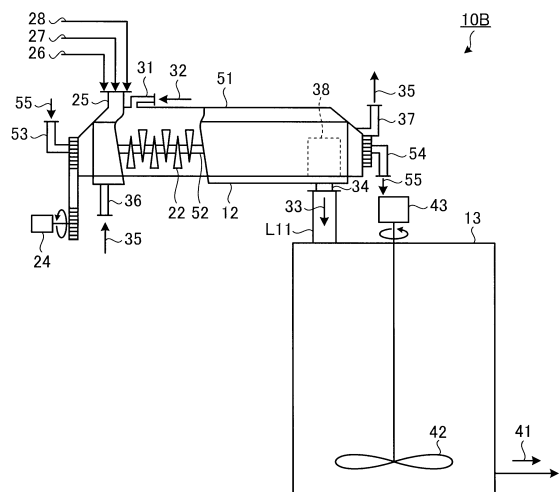
【 図 6 】



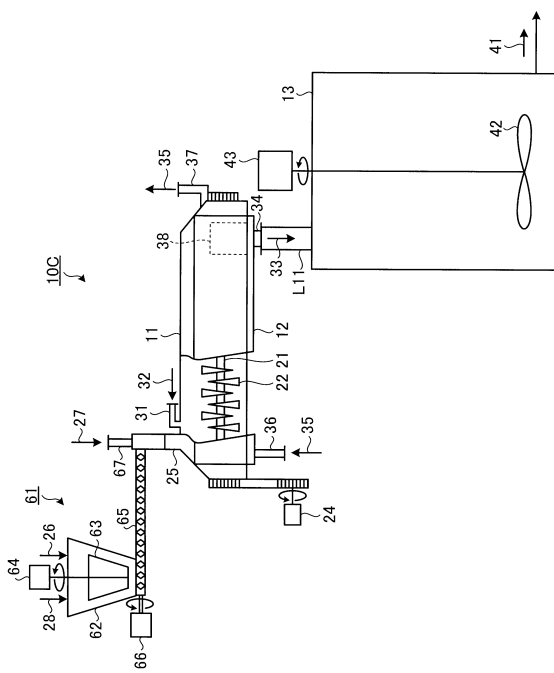
【図 7】



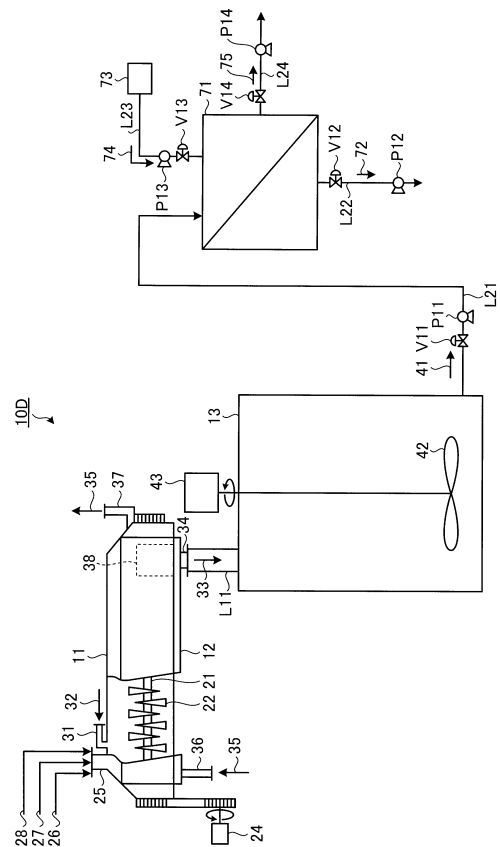
【図 8】



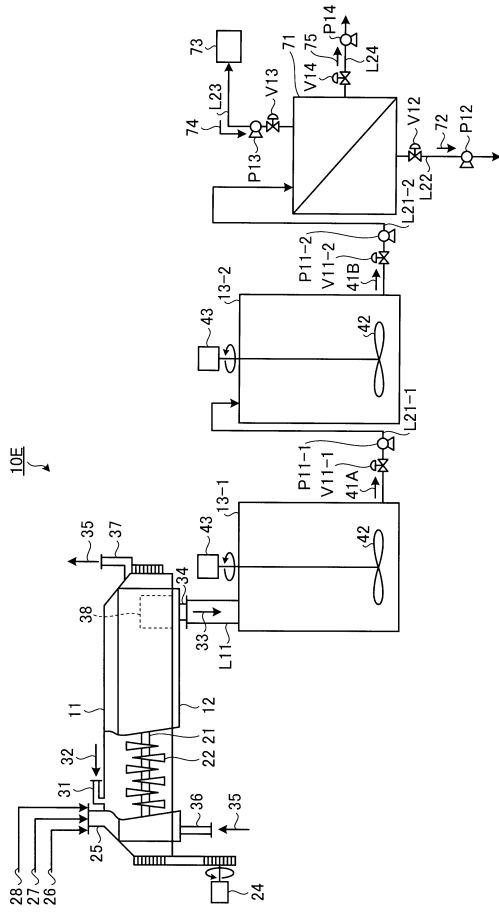
【図 9】



【図 10】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 山田 勝成

神奈川県鎌倉市手広6丁目10番1号 東レ株式会社 基礎研究センター内

審査官 小倉 梢

(56)参考文献 国際公開第2012/068578(WO, A1)

特開2002-101865(JP, A)

国際公開第2011/115039(WO, A1)

特開2007-099542(JP, A)

特開2010-254687(JP, A)

特表2008-501330(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C12M 1/00 - 1/42

C12P 19/00 - 19/64

C13K 1/02

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

CAPLUS/MEDLINE/EMBASE/BIOSIS(STN)

WPIDS/WPIX(STN)