

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5747424号
(P5747424)

(45) 発行日 平成27年7月15日(2015.7.15)

(24) 登録日 平成27年5月22日(2015.5.22)

(51) Int. Cl. F I
C 1 2 M 1/00 (2006.01) C 1 2 M 1/00 H
C 1 2 P 7/06 (2006.01) C 1 2 P 7/06

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2013-212265 (P2013-212265)	(73) 特許権者	306022513 新日鉄住金エンジニアリング株式会社 東京都品川区大崎一丁目5番1号 大崎センタービル
(22) 出願日	平成25年10月9日(2013.10.9)	(73) 特許権者	501174550 国立研究開発法人国際農林水産業研究センター 茨城県つくば市大わし1-1
(65) 公開番号	特開2015-73487 (P2015-73487A)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
(43) 公開日	平成27年4月20日(2015.4.20)	(74) 代理人	100175802 弁理士 寺本 光生
審査請求日	平成26年3月12日(2014.3.12)	(74) 代理人	100106909 弁理士 棚井 澄雄
微生物の受託番号	NPMD NITE BP-1055		
早期審査対象出願			
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エタノール製造設備、エタノール製造方法並びにエタノール及びバイオペレットの製造設備

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

糖を含有する樹液とデンプンとを含んだパームトランクを破碎し、破碎物を生成する破碎装置と、

糖を含有する樹液とデンプンとを含んだ前記破碎物がそのまま入った同一の槽内に酵素及びエタノール発酵することができる酵母が添加され、該破碎物から得た搾汁液ではなく、該破碎物を固体のまま糖化するとともに発酵させて、糖化及び発酵を並行して行い、糖化発酵物を生成する糖化発酵装置と、

前記糖化発酵物を搾汁し、搾汁液を生成する搾汁装置と、

前記搾汁液を蒸留し、エタノールを取り出す蒸留装置と、を備えたことを特徴とするエタノール製造設備。

【請求項2】

糖を含有する樹液とデンプンとを含んだパームトランクを破碎し、破碎物を生成する破碎装置と、

糖を含有する樹液とデンプンとを含んだ前記破碎物がそのまま入った同一の槽内に酵素及びエタノール発酵することができる酵母が添加され、該破碎物から得た搾汁液ではなく、該破碎物を固体のまま糖化するとともに発酵させて、糖化及び発酵を並行して行い、糖化発酵物を生成する糖化発酵装置と、

前記糖化発酵物を搾汁し、搾汁液を生成する搾汁装置と、

前記搾汁装置から排出された残さを乾燥させ、乾燥物を生成する乾燥装置と、

10

20

前記乾燥物を成形し、バイオペレットを生成する成形装置と、
 前記乾燥装置から排出されたエタノールを含む蒸気を冷却し、水を含んだエタノール液を生成する冷却装置と、
 前記搾汁液及びエタノール液を蒸留し、エタノールを取り出す蒸留装置と、を備えたことを特徴とするエタノール及びバイオペレットの製造設備。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のエタノール及びバイオペレットの製造設備において、
 前記乾燥装置が、多段の気流乾燥機であることを特徴とするエタノール及びバイオペレットの製造設備。

【請求項 4】

糖を含有する樹液とデンプンとを含んだパームトランクを破碎し、破碎物を生成する破碎装置と、

糖を含有する樹液とデンプンとを含んだ前記破碎物がそのまま入った同一の槽内に酵素、エタノール発酵することができる酵母及び水が添加され、該破碎物から得た搾汁液ではなく、該破碎物を固体のまま糖化するとともに発酵させて、糖化及び発酵を並行して行い、糖化発酵物を生成する糖化発酵装置と、

前記糖化発酵物から分離液としての液体と固形物とを分離する固液分離装置と、

前記固形物を搾汁し、搾汁液を生成する搾汁装置と、

前記分離液及び搾汁液を蒸留し、エタノールを取り出す蒸留装置と、を備えたことを特徴とするエタノール製造設備。

【請求項 5】

糖を含有する樹液とデンプンとを含んだパームトランクを破碎し、破碎物を生成する破碎工程と、

糖を含有する樹液とデンプンとを含んだ前記破碎物がそのまま入った同一の槽内に酵素及びエタノール発酵することができる酵母を添加し、該破碎物から得た搾汁液ではなく、該破碎物を固体のまま糖化するとともに発酵させて、糖化及び発酵を並行して行い、糖化発酵物を生成する糖化発酵工程と、

前記糖化発酵物を搾汁し、搾汁液を生成する搾汁工程と、

前記搾汁液を蒸留し、エタノールを取り出す蒸留工程と、を含むことを特徴とするエタノール製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ソフトセルロースを原料としてエタノールを製造するエタノール製造設備、エタノール製造方法並びにエタノール及びバイオペレットの製造設備に関する。

【背景技術】

【0002】

パームトランク（パーム幹）にはデンプンが含まれ、パームトランクからエタノールを製造する方法が知られている。パームトランクからエタノールを製造する従来の方法は、伐採したパームトランクを貯蔵する工程と、伐採直後のパームトランクよりも樹液の糖度又は糖濃度が増加している貯蔵中のパームトランクを選抜する工程と、前工程で選抜した貯蔵中のパームトランクから樹液を採取する工程と、樹液を採取した後のパームトランク繊維を酵素で糖化して糖化液を得る工程と、前工程で得られた糖化液と樹液とを混合してエタノール発酵を行なう工程とを含む（例えば、特許文献 1 参照）。貯蔵によってパームトランクの樹液の糖度又は糖濃度が増加するのは、パームトランクに含まれるデンプンが貯蔵中に熟成して糖化されるからである。

【0003】

ところで、デンプンはパームトランクの破碎物中の繊維の柔組織に蓄積され、コンパートメントされていることが開示されている（例えば、非特許文献 1 参照）。なお、デンプンはパームトランク以外にも、例えば、サゴ残さにも含まれており（例えば、非特許文献

10

20

30

40

50

2 参照)、芋残さにも含まれている(例えば、非特許文献3参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第4418871号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】Prawitwong P. et al., 「Efficient ethanol production from separated parenchyma and vascular bundle of oil palm trunk.」、Bioresour Technol.、2012 Dec; 125: 37-42.

10

【非特許文献2】Linggang S. et al., 「Sago pith residue as an alternative cheap substrate for fermentable sugars production.」、Appl Biochem Biotechnol. 2012 May; 167(1): 122-31.

【非特許文献3】Akihiko Kosugi. et al., 「Production of ethanol from cassava pulp via fermentation with a surface-engineered yeast strain displaying glucoamylase」、Renewable Energy, Volume 34, Issue 5, May 2009, Pages 1354-1358.

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、特許文献1等で開示されている従来の方法では、パームトランクを貯蔵するための広大なヤードが必要であり、また、デンプンを熟成して糖化させるために、長時間(例えば30日程度)を要し、パームトランクの貯蔵によって大きな負荷が伴うという問題点があった。

30

【0007】

本発明は上記事情に鑑みて為されたものであり、デンプンの糖化を目的としたパームトランクの貯蔵が省略可能な、新規のエタノール製造設備、エタノール製造方法並びにエタノール及びバイオペレットの製造設備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】

【0008】

上記課題を解決するため、本発明は以下の構成を採用する。

すなわち、本発明の第1の態様は、糖を含有する樹液とデンプンとを含んだパームトランクを破碎し、破碎物を生成する破碎装置と、糖を含有する樹液とデンプンとを含んだ前記破碎物がそのまま入った同一の槽内に酵素及びエタノール発酵することができる酵母が添加され、該破碎物から得た搾汁液ではなく、該破碎物を固体のまま糖化するとともに発酵させて、糖化及び発酵を並行して行い、糖化発酵物を生成する糖化発酵装置と、前記糖化発酵物を搾汁し、搾汁液を生成する搾汁装置と、前記搾汁液を蒸留し、エタノールを取り出す蒸留装置と、を備えたことを特徴とするエタノール製造設備である。

40

【0010】

本発明の第2の態様は、糖を含有する樹液とデンプンとを含んだパームトランクを破碎し、破碎物を生成する破碎装置と、糖を含有する樹液とデンプンとを含んだ前記破碎物がそのまま入った同一の槽内に酵素及びエタノール発酵することができる酵母が添加され、該破碎物から得た搾汁液ではなく、該破碎物を固体のまま糖化するとともに発酵させて、糖化及び発酵を並行して行い、糖化発酵物を生成する糖化発酵装置と、前記糖化発酵物を

50

搾汁し、搾汁液を生成する搾汁装置と、前記搾汁装置から排出された残さを乾燥させ、乾燥物を生成する乾燥装置と、前記乾燥物を成形し、バイオペレットを生成する成形装置と、前記乾燥装置から排出されたエタノールを含む蒸気を冷却し、水を含んだエタノール液を生成する冷却装置と、前記搾汁液及びエタノール液を蒸留し、エタノールを取り出す蒸留装置と、を備えたことを特徴とするエタノール及びバイオペレットの製造設備である。

【0011】

本発明の第2の態様においては、前記乾燥装置が、多段の気流乾燥機であることが好ましい。

【0012】

本発明の第3の態様は、糖を含有する樹液とデンプンとを含んだパームトランクを破砕し、破砕物を生成する破砕装置と、糖を含有する樹液とデンプンとを含んだ前記破砕物がそのまま入った同一の槽内に酵素、エタノール発酵することができる酵母及び水が添加され、該破砕物から得た搾汁液ではなく、該破砕物を固体のまま糖化するとともに発酵させて、糖化及び発酵を並行して行い、糖化発酵物を生成する糖化発酵装置と、前記糖化発酵物から分離液としての液体と固形物とを分離する固液分離装置と、前記固形物を搾汁し、搾汁液を生成する搾汁装置と、前記分離液及び搾汁液を蒸留し、エタノールを取り出す蒸留装置と、を備えたことを特徴とするエタノール製造設備である。

10

【0014】

本発明の第4の態様は、糖を含有する樹液とデンプンとを含んだパームトランクを破砕し、破砕物を生成する破砕工程と、糖を含有する樹液とデンプンとを含んだ前記破砕物がそのまま入った同一の槽内に酵素及びエタノール発酵することができる酵母を添加し、該破砕物から得た搾汁液ではなく、該破砕物を固体のまま糖化するとともに発酵させて、糖化及び発酵を並行して行い、糖化発酵物を生成する糖化発酵工程と、前記糖化発酵物を搾汁し、搾汁液を生成する搾汁工程と、前記搾汁液を蒸留し、エタノールを取り出す蒸留工程と、を含むことを特徴とするエタノール製造方法である。

20

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、デンプンの糖化を目的としたパームトランクの貯蔵が省略可能な、新規のエタノール製造設備、エタノール製造方法並びにエタノール及びバイオペレットの製造設備が提供される。

30

【0017】

本発明の第1の態様によれば、エタノール製造設備が、破砕物が入った同一の槽内に酵素及び酵母が添加され、破砕物を糖化するとともに発酵させ、糖化発酵物を生成する糖化発酵装置を有しているため、デンプンを含んだソフトセルローズが原料となる。

【0018】

本発明の第2の態様によれば、エタノール液が蒸留装置に導入されるので、エタノールの回収量が向上する。

【0019】

本発明の第3の態様によれば、エタノール製造設備が、破砕物が入った同一の槽内に酵素、酵母及び水が添加され、破砕物を糖化するとともに発酵させ、糖化発酵物を生成する糖化発酵装置を有しているため、破砕物、酵母及び酵素を容易に混合できる。

40

【0020】

本発明の第4の態様によれば、エタノール製造方法が、破砕物が入った同一の槽内に酵素及び酵母が添加され、破砕物を糖化するとともに発酵させ、糖化発酵物を生成する糖化発酵工程を含んでいるため、デンプンを含んだソフトセルローズが原料となる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るエタノール製造設備の概略構成図である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係るエタノール製造設備の概略構成図である。

【図3】実施例1～2及び比較例1の糖化発酵工程における、破砕物の経時的な水分含有

50

量の測定結果を示すグラフである。

【図4】実施例1～2及び比較例1の糖化発酵工程における、破碎物の経時的なデンプン含有量の測定結果を示すグラフである。

【図5】実施例1～2及び比較例1の糖化発酵工程における、破碎物中の樹液の経時的な糖濃度の測定結果を示すグラフである。

【図6】実施例1～2及び比較例1の糖化発酵工程における、破碎物中の樹液の経時的なエタノール含有量の測定結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、各図において、説明に関連しない部分は図示を省略する場合がある。

【0023】

<第1の実施形態>

図1は、本発明の第1の実施形態に係るエタノール製造設備の概略構成図である。

ここに示すエタノール製造設備10は、原料としてデンプンを含んだソフトセルローズを用いるものであり、熟成が進んでいないパームトランク（ソフトセルローズの一例）を原料として用い、エタノールを製造することが可能なものである。そして、エタノール製造設備10は、熟成されたパームトランクも原料として用いることができる。

【0024】

エタノール製造設備10は、破碎装置12、糖化発酵装置14、搾汁装置16、蒸留装置18及び貯蔵タンク20を備えて構成されている。これら各装置（破碎装置12等）としては、いずれも当該分野で公知のものを用いることができる。

【0025】

破碎装置12は、デンプンを含んだソフトセルローズを破碎し、破碎物を生成するものである。すなわち、破碎装置12においては、破碎工程が行われる。

【0026】

糖化発酵装置14は、破碎装置12において生成された破碎物が入られる槽（図示略）を有している。この槽には、酵素及び酵母が添加され、前記破碎物を糖化するとともに発酵させ、糖化発酵物を生成するものである。すなわち、糖化発酵装置14においては、糖化発酵工程が行われる。

【0027】

搾汁装置16は、糖化発酵装置14において生成された糖化発酵物を搾汁し、搾汁液を生成するものである。すなわち、搾汁装置16においては、搾汁工程が行われる。なお、搾汁装置16からは、搾汁で生成された残さが排出される。

【0028】

蒸留装置18は、搾汁装置16において生成された搾汁液を蒸留し、エタノールを取り出すものである。すなわち、蒸留装置18においては、蒸留工程が行われる。

【0029】

貯蔵タンク20は、蒸留装置18において取り出されたエタノールを貯蔵するものである。

【0030】

エタノール製造設備10において、破碎装置12、糖化発酵装置14、搾汁装置16、蒸留装置18及び貯蔵タンク20は、これら装置間で内容物を移送する（例えば、糖化発酵装置14から搾汁装置16へ糖化発酵物を移送する）ための配管で互いに接続されていてもよく、必要に応じて内容物を移送するためのポンプ等を備えていてもよい。

【0031】

エタノール製造設備10には、さらに以下に説明するペレット製造設備50及び冷却装置52が併設され、全体として、エタノール及びバイオペレットの製造設備として構成されている。

そして、ペレット製造設備50は、乾燥装置54、成形装置56及び貯蔵タンク58を

10

20

30

40

50

備えて構成されている。

冷却装置 5 2、乾燥装置 5 4、成形装置 5 6 及び貯蔵タンク 5 8 としては、いずれも当該分野で公知のものを用いることができる。

【 0 0 3 2 】

乾燥装置 5 4 は、上述のように搾汁装置 1 6 から排出された残さを乾燥させ、乾燥物を生成するとともに、エタノールを含む蒸気を排出するものである。すなわち、乾燥装置 5 4 においては、乾燥工程が行われる。

乾燥装置 5 4 は、例えば、多段の気流乾燥機であることが好ましい。

【 0 0 3 3 】

成形装置 5 6 は、乾燥装置 5 4 から排出された乾燥物を成形し、バイオペレットを生成するものである。すなわち、成形装置 5 6 においては、成形工程が行われる。

【 0 0 3 4 】

貯蔵タンク 5 8 は、成形装置 5 6 において成形されたバイオペレットを貯蔵するものである。なお、本明細書では、エタノール製造設備が備える貯蔵タンク（貯蔵タンク 2 0）と区別するために、ペレット製造設備が備える貯蔵タンク（貯蔵タンク 5 8）を「第 2 の貯蔵タンク」と称し、エタノール製造設備が備える貯蔵タンクを「第 1 の貯蔵タンク」と称することがある。

【 0 0 3 5 】

冷却装置 5 2 は、乾燥装置 5 4 から排出されたエタノールを含む蒸気を冷却して、エタノールと水を凝縮させ、水を含んだエタノール液を生成するものである。すなわち、冷却装置 5 2 においては、冷却工程が行われる。生成されたエタノール液は、蒸留装置 1 8 に導入されるようになっており、搾汁工程で得られた前記搾汁液とともに（前記搾汁液と混合されて）蒸留装置 1 8 に導入されるようになっていてもよいし、搾汁工程で得られた前記搾汁液とは別途に蒸留装置 1 8 に導入されるようになっていてもよい。すなわち、冷却工程で得られたエタノール液は、搾汁工程で得られた搾汁液とともに、蒸留装置 1 8 で蒸留することにより、エタノールが取り出し可能となっている。

【 0 0 3 6 】

エタノール製造設備 1 0 において、乾燥装置 5 4 及び冷却装置 5 2 は、エタノールを含む蒸気を移送するための配管で互いに接続されていることが好ましく、冷却装置 5 2 及び蒸留装置 1 8 は、前記エタノール液を移送するための配管で互いに接続されていることが好ましい。そして、エタノール製造設備 1 0 は、エタノールを含む蒸気又はエタノール液を移送するためのポンプ等を備えていてもよい。

【 0 0 3 7 】

エタノールは、エタノール製造設備 1 0 を用いて、以下の方法で製造できる。

まず、破碎装置 1 2 において、デンプンを含んだソフトセルロースを破碎し、破碎物を生成する破碎工程を行う。

【 0 0 3 8 】

破碎工程で用いるソフトセルロースは、デンプンを含んでいればよく、例えば、デンプンの含有量が 4 . 0 質量% 以上のものが好ましい。

また、原料として、例えば、スクロース、グルコース、フラクトース及びマルトースの遊離糖をそれぞれ 0 . 5 質量% 以上含有する糖液、並びにデンプンを 4 . 0 質量% 以上含有するソフトセルロースを用いることもできる。

ソフトセルロースの他の例としては、ニッパヤシ、サゴ残さ、稲わら、バガス、キャッサバ等の芋残さ、又はトウモロコシ残さ等が挙げられる。

破碎工程で用いるソフトセルロースは、1 種のみでもよいし、2 種以上でもよく、2 種以上である場合、その組み合わせ及び比率は任意に選択できる。

【 0 0 3 9 】

次いで、得られた破碎物が入っている、糖化発酵装置 1 4 の槽内に酵素及び酵母を添加し、前記破碎物を糖化するとともに発酵させ、糖化発酵物を生成する糖化発酵工程を行う。

。

10

20

30

40

50

糖化発酵工程においては、破砕物中のデンプンが前記酵素によって糖化され、マルトース等のオリゴ糖に分解される。さらに、破砕物中に元来含まれていたオリゴ糖と、前記酵素の作用によって生じた前記オリゴ糖（遊離オリゴ糖）とが、前記酵母によって発酵に利用され、エタノールが生成する。このように、糖化発酵工程においてデンプンが利用されることにより、本発明によって、従来よりも顕著に効率的にエタノールを製造できる。糖化発酵工程においては、従来の製造方法とは異なり、破砕物から得た搾汁液ではなく、破砕物をそのまま利用して、固体発酵を十分に行うことができる。デンプンや樹液は、破砕物中の柔組織という繊維でコンパートメントされており、破砕物を固体のまま用いて糖化及び発酵を行うことは、従来困難であると考えられていたことから、本発明において糖化発酵工程を行うことが可能であることは、全く意外であるといえる。

10

【0040】

糖化発酵工程で用いる酵素は、デンプンを糖化できるものであればよく、1種のみでもよいし、2種以上でもよく、2種以上である場合、その組み合わせ及び比率は目的に応じて任意に選択できる。

【0041】

好ましい前記酵素の例としては、アミラーゼ及びグルコアミラーゼが挙げられ、アミラーゼ及びグルコアミラーゼを併用することが好ましい。

アミラーゼ及びグルコアミラーゼを併用する場合、アミラーゼ/グルコアミラーゼのユニット比率は、 $1/9 \sim 9/1$ であることが好ましく、 $2/8 \sim 8/2$ であることがより好ましく、 $3/7 \sim 7/3$ であることが特に好ましい。このような比率とすることで

20

【0042】

糖化発酵工程においては、糖化及び発酵がともに進行可能となるように糖化発酵槽内の温度（糖化発酵温度）を設定すればよく、酵素をより効果的に作用させるためには、糖化発酵槽内の温度を $32 \sim 43$ に維持することが好ましく、 $40 \sim 43$ に維持することがより好ましい。

【0043】

糖化発酵工程で用いる酵母は、1種のみでもよいし、2種以上でもよく、2種以上である場合、その組み合わせ及び比率は目的に応じて任意に選択できるが、通常は1種のみで十分な効果が得られる。

30

【0044】

前記酵母は、エタノール発酵可能な微生物であることが好ましく、例えば、 $32 \sim 36$ 等の 40 未満の温度で良好にエタノール発酵可能な微生物が挙げられるが、上述の通り槽内の温度を、例えば、 $40 \sim 43$ 等、 40 以上に維持する場合には、このような温度で良好にエタノール発酵可能な耐熱性酵母（耐熱性微生物）であることがより好ましく、 43 において 86% 以上の収率でエタノール発酵可能な耐熱性酵母であることが特に好ましい。ここで「収率」とは、グルコースの使用量を基準として算出されるものであり、これは以下においても同様である。このような耐熱性酵母の例としては、サッカロミセス・セルビジエ（*Saccharomyces cerevisiae*）NITE BP-1055株が挙げられる。

40

【0045】

サッカロミセス・セルビジエ NITE BP-1055株は、2011年2月8日付けで受託番号NITE P-890として、独立行政法人製品評価技術基盤機構特許微生物寄託センターに寄託され、その後、ブダペスト条約に基づき、国際寄託当局に移管されて、受託番号「NITE BP-1055」が新たに付与されている。

【0046】

サッカロミセス・セルビジエ NITE BP-1055株は、例えば、「特許第5017432号公報」において、特定の発酵条件の下、 $40 \sim 42$ において 70% 以上の収率でエタノール発酵可能であることが具体的に開示されており（段落0030～0032、図4等）、本発明における前記耐熱性酵母として好適なものである。

50

【 0 0 4 7 】

糖化発酵工程においては、糖化及び発酵を並行して行うことが好ましい。そのためには、糖化は通常、温度が高いほど進行し易く、発酵時には酵母の耐熱性に限界があるため、糖化発酵工程における温度としては、酵母がエタノール発酵可能な範囲で高めの温度を設定して、糖化及び発酵が共に良好に進行するように調節することが好ましく、前記耐熱性酵母を用いることで、このような温度調節を容易に行うことができる。

【 0 0 4 8 】

次いで、得られた糖化発酵物を搾汁し、搾汁液を生成する搾汁工程を行い、さらに、得られた搾汁液を蒸留し、エタノールを取り出す蒸留工程を行う。取り出されたエタノールは、貯蔵タンク 2 0 内で貯蔵できる。

【 0 0 4 9 】

一方、搾汁工程で搾汁装置 1 6 から排出された残さを、乾燥装置 5 4 内で乾燥させる乾燥工程を行うことで、乾燥物と、エタノールを含む蒸気とが得られる。

前記残さの乾燥温度は、用いる乾燥装置（適用する乾燥方法）に応じて適宜設定すればよい。

前記残さの乾燥時間は、乾燥温度等、その他の条件を考慮して設定すればよい。

【 0 0 5 0 】

得られた前記乾燥物は、成形装置 5 6 で成形する成形工程を行うことで、バイオペレットとすることができ、このバイオペレットは、貯蔵タンク 5 8 内で貯蔵できる。

【 0 0 5 1 】

一方、エタノールを含む蒸気は、これを冷却して、エタノールと水を凝縮させる冷却工程を行うことで、水を含んだエタノール液とすることができ、このエタノール液は蒸留装置 1 8 に導入することで蒸留できる。

【 0 0 5 2 】

エタノール製造設備 1 0 において、ペレット製造設備 5 0 及び冷却装置 5 2 を作動させ、エタノール及びバイオペレットを製造した場合、乾燥装置 5 4 から排出されたエタノールを回収できるので、エタノールの収量を、例えば、7 ~ 1 5 % 向上させることが可能である。

【 0 0 5 3 】

< 第 2 の実施形態 >

図 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係るエタノール製造設備の概略構成図である。なお、図 2 に示す構成要素のうち、図 1 に示す構成要素と同じものには、図 1 の場合と同じ符号を付し、その詳細な説明は省略する。

ここに示すエタノール製造設備 9 0 は、糖化発酵装置 1 4 と搾汁装置 1 6 との間に、固液分離装置 1 5 を備えて構成されており、この点以外は、図 1 に示すエタノール製造設備 1 0 と同じものである。

【 0 0 5 4 】

固液分離装置 1 5 は、糖化発酵工程で得られた糖化発酵物を液体（分離液）と固形物とに分離するものである。すなわち、固液分離装置 1 5 においては、固液分離工程が行われる。

【 0 0 5 5 】

固液分離工程で生成された分離液は、蒸留装置 1 8 に導入されるようになっており、搾汁工程で得られた前記搾汁液とともに（前記搾汁液と混合されて）蒸留装置 1 8 に導入されるようになっていてもよいし、搾汁工程で得られた前記搾汁液とは別途に蒸留装置 1 8 に導入されるようになっていてもよい。さらに、生成された分離液は、冷却工程で得られた前記エタノール液とともに（前記エタノールと混合されて）蒸留装置 1 8 に導入されるようになっていてもよいし、冷却工程で得られた前記エタノール液とは別途に蒸留装置 1 8 に導入されるようになっていてもよい。すなわち、固液分離工程で得られた分離液は、搾汁工程で得られた搾汁液及び冷却工程で得られたエタノール液とともに、蒸留装置 1 8 で蒸留することにより、エタノールが取り出し可能となっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

一方、固液分離工程で得られた固形物は、上述のエタノール製造設備 1 0 を用いた場合の糖化発酵物と同様に、搾汁工程に供して搾汁し、搾汁液を生成することができる。

【 0 0 5 7 】

エタノール製造設備 9 0 において、固液分離装置 1 5 及び蒸留装置 1 8 は、前記分離液を移送するための配管で互いに接続されていることが好ましい。また、固液分離装置 1 5 及び搾汁装置 1 6 は、固液分離後の前記固形物を移送するための配管で互いに接続されていてもよい。そして、エタノール製造設備 9 0 は、前記分離液及び固形物を移送するためのポンプ等を備えていてもよい。

【 0 0 5 8 】

エタノール製造設備 9 0 を用いた場合、糖化発酵工程で得られた糖化発酵物を分離液と固形物とに分離し、分離液は蒸留装置 1 8 に導入して蒸留し、固形物は搾汁装置 1 6 に導入して搾汁する点以外は、エタノール製造設備 1 0 を用いた場合と同じ方法でエタノールを製造できる。

【 0 0 5 9 】

エタノール製造設備 9 0 は、例えば、糖化発酵工程において、糖化発酵装置 1 4 の槽内に酵素及び酵母に加え、さらに水性媒体を添加して、糖化及び発酵を行うのに好適なものである。このように水性媒体を併用することで、糖化発酵装置 1 4 の槽内で破砕物、酵母及び酵素を容易に混合できる。

【 0 0 6 0 】

前記水性媒体とは、水又は水を含む液体を意味し、水であることが好ましい。

水性媒体の添加順は特に限定されず、酵素及び酵母の添加前並びに添加後のいずれでもよいし、酵素及び酵母と同時に水性媒体を添加してもよい。

【 0 0 6 1 】

糖化発酵工程における前記水性媒体の添加量は、特に限定されないが、糖化発酵装置 1 4 の槽内での破砕物、酵母及び酵素が容易に混合できる範囲内で、できるだけ少量であることが好ましい。前記水性媒体の添加量がこのように少量であることで、固液分離工程で生成された分離液の量が低減され、その結果、蒸留装置 1 8 での蒸留量が低減されるので、工程時間を短縮でき、省エネルギー化をはかれるなど、工程上の負荷が小さくなる。

【 0 0 6 2 】

本発明に係るエタノールの製造設備、並びにエタノール及びバイオペレットの製造設備は、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の効果を損なわない範囲内において、一部構成が適宜変更されたものでもよい。例えば、上述の第 1 又は第 2 の実施形態において、一部又はすべての構成が複数組み合わせられてなる設備も本発明に包含される。

【 0 0 6 3 】

本発明に係るエタノールの製造設備、並びにエタノール及びバイオペレットの製造設備は、熟成が進んでいないパームトランクを原料として用いて、エタノールを製造することが可能であるため、かかる製造設備を用いてエタノールを製造する場合、従来とは異なり、デンプンの糖化を目的としたパームトランクの貯蔵が省略可能であり、広大なヤードや、長時間に及ぶデンプンの糖化が不要であって、製造工程を大幅に簡略化できる。また、エタノールの製造効率を向上させることができる。さらに、バイオペレットを並行して製造可能であるため、天然資源を大幅に有効利用できる。

【実施例】

【 0 0 6 4 】

以下、具体的実施例により、本発明についてより詳細に説明する。ただし、本発明は以下に示す実施例に何ら限定されるものではない。

【 0 0 6 5 】

[実施例 1]

<破砕工程>

伐採後の熟成が進んでいない、直径が 3 2 ~ 3 5 c m のパームトランクをディスク状に

10

20

30

40

50

スライスした。スライスしたパームトランクの厚さは、6.8～7.0 cmであった。スライスしたパームトランクを更に細かく破碎するために、スティック状に裁断した後、市販品ミキサーで細かく破碎し、パームトランクの破碎物を生成した。

【0066】

(破碎物の水分含有量の測定)

得られた破碎物を3～5 g秤量し、80℃で24時間加熱して乾燥させた。そして、この乾燥破碎物の重量を測定し、乾燥前の破碎物の重量からこの測定値を差し引いて、破碎物の水分含有量を算出した結果、76質量%であった。

【0067】

(乾燥破碎物のデンプン含有量の測定)

上記の乾燥破碎物を3～5 g秤量し、総澱粉量測定キット(メガザイム社製、日本バイオコン)を用い、本キットに記載の手順に従って、この乾燥破碎物のデンプン含有量を測定した結果、4.6±0.5質量%であった。

【0068】

(破碎物における樹液の糖組成及び糖濃度の測定)

得られた破碎物を小型搾汁器で圧搾して、樹液を採取し、この樹液中の糖(遊離糖)の組成及び含有量を、高速液体クロマトグラフィー(測定装置:島津製作所製「Prominence」(登録商標)、カラム:東京化成工業社製「CARBO Sep CHO-682カラム」、移動相:超純水、流量:0.4 mL/分、温度:80℃)により測定した。より具体的には、測定対象の各単糖、すなわち、グルコース、フラクトース、スクロース及びマルトースについて、予め検量線を作成しておき、この検量線を用いて、前記樹液の糖の種類を確認し、糖濃度を算出した。結果を表1に示す。なお、先に述べたとおり、デンプンはパームトランクの破碎物中の繊維の柔組織に蓄積され、コンパートメントされているため、前記樹液中には含まれておらず、ここでは観測されていない。

【0069】

【表1】

糖の種類	樹液の糖濃度 (mg/mL)
グルコース	38.0±4.8
フラクトース	15.0±1.5
スクロース	6.5±1.1
マルトース	2.0±1.1
合計	61.5

【0070】

<糖化発酵工程>

酵母(酒類総合研究所製「サッカロミセス・セルビシエ(Saccharomyces Cerevisiae)協会7号」)に酵母エキス(酵母に対して1質量%)、ポリペプトン(酵母に対して2質量%)、及びグルコース(酵母に対して2質量%)を加え、pHを7.0に調整した酵母含有液を得た。ここで、「サッカロミセス・セルビシエ協会7号」は、32～36℃で良好にエタノール発酵可能な酵母である。そして、オートクレーブ滅菌したYPD培地(25 mL)にこの酵母含有液を加え、30℃で2日間、前培養を行った。得られた前培養液を8000回転で10分間、遠心分離に供し、上清を取り除き、沈殿物である酵母を取り出して滅菌水(10 mL)に懸濁させて、酵母培養液を調製した。

【0071】

次いで、滅菌済みの100 mL容の耐圧瓶に、破碎工程で得られたパームトランクの破碎物(40 g)を投入し、ここへさらに前記酵母培養液(10 mL)と酵素とを添加して

、32 で67時間静置することにより、糖化発酵物を得た。

前記酵素としては、バチルス・アミロリクイファシエンス (*Bacillus amyloliquefaciens*) 由来のアミラーゼ (シグマ・アルドリッチ社製、製品番号A7595、100ユニット) と、アスペルギルス・ニガー (*Aspergillus niger*) 由来のグルコアミラーゼ (シグマ・アルドリッチ社製、製品番号A7095、100ユニット) を添加した。

また、酵母培養液と酵素の添加後は、経時的に糖化発酵中の破砕物 (2~3g) をサンプルとして採取し、さらにその一部から、簡易の絞り器を用いて樹液 (約1mL) を採取して、以下の測定を行った。

【0072】

10

(糖化発酵中の破砕物の水分含有量の測定)

採取した糖化発酵中の前記サンプルを80 で24時間加熱して乾燥させた。そして、この乾燥サンプルの重量を測定し、乾燥前のサンプルの重量からこの測定値を差し引いて、サンプルの水分含有量を算出した。結果を図3に示す。なお、図3中、横軸の「糖化発酵時間0hr」とは、糖化発酵工程の開始時、すなわち前記酵母培養液及び酵素の添加時を意味する。これは、以降の図においても同様である。

【0073】

(糖化発酵中の破砕物のデンプン含有量の測定)

総澱粉量測定キット (メガザイム社製、日本バイオコン) を用い、本キットに記載の手順に従って、採取した糖化発酵中の前記サンプルについてデンプン含有量を測定した。結果を図4に示す。

20

【0074】

(糖化発酵中の破砕物における樹液の糖濃度及びエタノール含有量の測定)

ガスクロマトグラフィー (測定装置: 島津製作所製「モデルBC-2014」) により、採取した糖化発酵中の前記樹液の糖 (遊離糖) 濃度及びエタノール含有量を測定した。糖濃度の測定結果を図5に、エタノール含有量の測定結果を図6にそれぞれ示す。

【0075】

[実施例2]

糖化発酵工程において、酵素としてグルコアミラーゼを添加しなかった (すなわち、酵素としてアミラーゼ100ユニットのみを添加した) 点以外は、実施例1と同様の方法で糖化発酵物を得た。各測定結果を図3~6に示す。

30

【0076】

[比較例1]

糖化発酵工程において、酵素 (アミラーゼ及びグルコアミラーゼ) を添加しなかった点以外は、実施例1と同様の方法で糖化発酵物の取得を試みた。各測定結果を図3~6に示す。

【0077】

図3に示すように、実施例1~2及び比較例1ではいずれも、糖化発酵工程の開始から67時間後までの間、水分含有量はほとんど変化せず、乾燥等による水分含有量の減少はないことを確認できた。

40

【0078】

図4に示すように、実施例1では、糖化発酵工程の開始から経時とともにデンプン含有量が大きく低下しており、アミラーゼ及びグルコアミラーゼによるデンプンの糖化が良好に進行していることを確認できた。

これに対して、実施例2及び比較例1では、糖化発酵工程の開始から67時間後でも、デンプン含有量が多かった。

このように、糖化発酵工程では、酵素としてアミラーゼ及びグルコアミラーゼを併用することにより、デンプンの糖化 (分解) が顕著に促進されることを確認できた。

【0079】

図5に示すように、実施例1~2及び比較例1ではいずれも、糖化発酵工程の開始から

50

24時間後までの間に、糖濃度がほぼ0 mg/mLとなっており、この時間までにほぼすべての糖（遊離糖）が酵母によって消費されたことを確認できた。

【0080】

図6に示すように、糖化発酵工程の開始から67時間後の段階でのエタノール含有量は、実施例1が2.8質量%であり、実施例2が2.2質量%であり、比較例1が1.9質量%であった。

【0081】

ここで、糖化発酵工程に供した前記破砕物は、1g中に0.011g（すなわち、40g中に0.44g）のデンプン含有していることが計算により求められた。また、破砕物40g中の樹液の量を水分含有量から算出したところ、30.4mLであり、この中には、遊離糖が1.86g含有されていることを、液体クロマトグラフィーでの定量により確認できた。すなわち、糖化発酵工程に供した前記破砕物は、デンプンも含めて発酵可能な糖を2.3g含有していることを確認できた。

この発酵可能な糖の含有量から、糖化発酵工程における破砕物を基準としたエタノールの収率を算出したところ、実施例1は72.4%であり、実施例2は56.8%であり、比較例1は49.1%であった。

【0082】

このように、実施例1では、酵素としてアミラーゼ及びグルコアミラーゼを併用したことにより、デンプンがマルトース等のオリゴ糖に分解され、さらにこの遊離オリゴ糖が樹液中の遊離糖とともに、酵母による発酵に利用されたことにより、効率的にエタノールを製造でき、エタノールの収率が最も高かった。また、樹液中の遊離糖は酵素の働きを阻害していないことが示唆された。

実施例2では、酵素としてアミラーゼを用いたことにより、実施例1よりも劣るものの、デンプンがマルトース等のオリゴ糖に分解され、この遊離オリゴ糖が樹液中の遊離糖とともに、酵母による発酵に利用されたことにより、エタノールの収率が高くなった。

そして、実施例1～2より、樹液を搾汁することなく固体発酵によって、十分な量のエタノールが得られることを確認できた。

これに対して、比較例1では、酵素（アミラーゼ及びグルコアミラーゼ）をいずれも用いなかったことにより、デンプンが利用されず、エタノールの収率が低かった。

【0083】

なお、実施例1～2では、エタノールの生成量を詳細に解析するために、搾汁工程及び蒸留工程を行っていないが、比較例1との比較により、搾汁工程及び蒸留工程を行うことにより、高収率でエタノールを製造できることは明らかである。

【符号の説明】

【0084】

10、90・・・エタノール製造設備（エタノール及びバイオペレットの製造設備）、
12・・・破砕装置、14・・・糖化発酵装置、15・・・固液分離装置、16・・・搾汁装置、
18・・・蒸留装置、20・・・貯蔵タンク（第1の貯蔵タンク）、50・・・ペレット製造設備、
52・・・冷却装置、54・・・乾燥装置、56・・・成形装置、58・・・貯蔵タンク（第2の貯蔵タンク）

【図1】

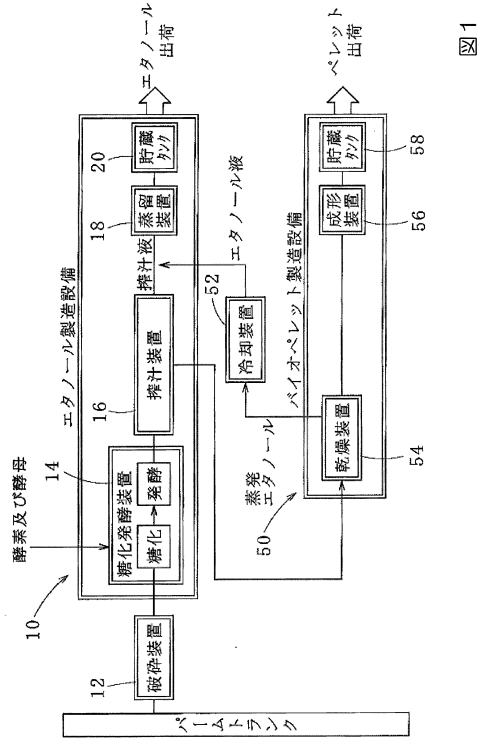


図1

【図2】

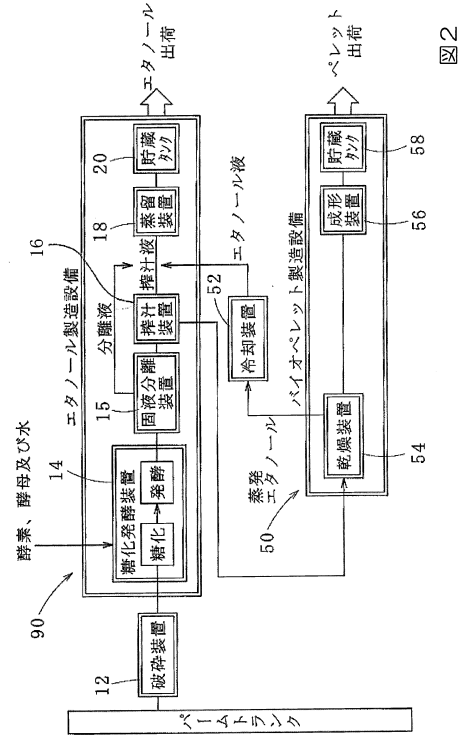


図2

【図3】

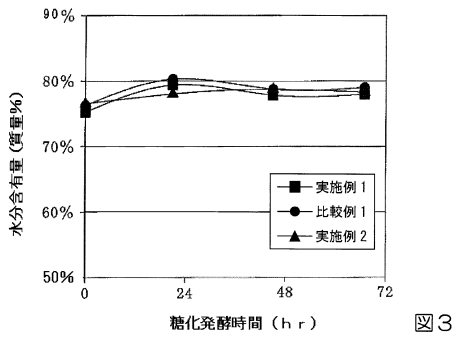


図3

【図5】

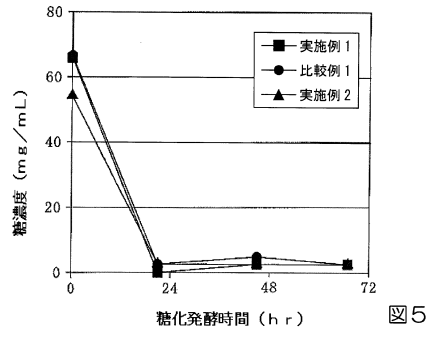


図5

【図4】

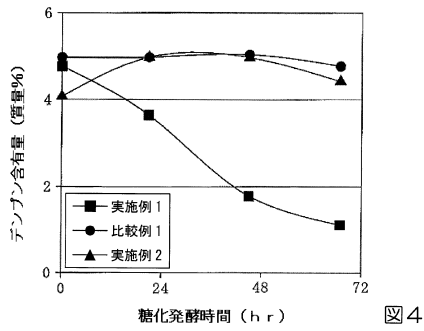


図4

【図6】

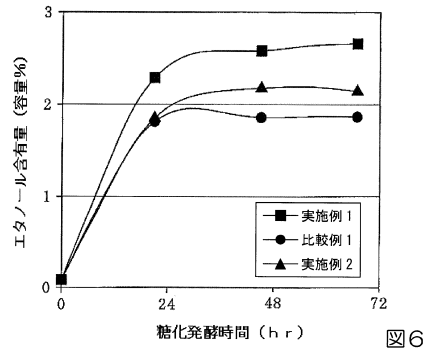


図6

フロントページの続き

- (74)代理人 100188592
弁理士 山口 洋
- (72)発明者 若村 修
東京都品川区大崎一丁目5番1号 大崎センタービル 新日鉄住金エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 加藤 也寸彦
東京都品川区大崎一丁目5番1号 大崎センタービル 新日鉄住金エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 西 猛
東京都品川区大崎一丁目5番1号 大崎センタービル 新日鉄住金エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 竹丸 廣志
東京都品川区大崎一丁目5番1号 大崎センタービル 新日鉄住金エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 小杉 昭彦
茨城県つくば市大わし1番地1 独立行政法人国際農林水産業研究センター内
- (72)発明者 荒井 隆益
茨城県つくば市大わし1番地1 独立行政法人国際農林水産業研究センター内

審査官 鈴木 崇之

- (56)参考文献 特開2010-094093(JP,A)
特開2011-083974(JP,A)
特開2009-254311(JP,A)
特開2012-034596(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0267101(US,A1)
特開2011-055715(JP,A)
特開2010-246422(JP,A)
特開2008-178355(JP,A)
齋藤 昌義, 非食料バイオマスからのエタノール生産技術開発と東南アジアにおける産業化への取り組み, バイオマス燃料の事業化に向けた国際戦略シンポジウム 平成24年9月3日 講演スライド, スライド1-24, URL, <http://www.taiyo-keizai.com/biofuels2012/pdf/Masayoshi%20SAITO.pdf>
神波 康夫, マレーシアにおけるオイルパーム・プランテーションを中核としたエコインダストリーパークの創設, 博士論文, 早稲田大学大学院アジア太平洋研究科, 2003年 9月 3日, 表紙、目次、第38頁、図-13, URL, <http://dspace.wul.waseda.ac.jp/dspace/bitstream/2065/487/9/Honbun-3743.pdf>
Bioresource Technology, 2012年, Vol. 125, P. 37-42

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C12P 7/06 - 7/14
C12M 1/00 - 1/42
C13B 5/00 - 99/00
C13K 1/00 - 1/08
MEDLINE/BIOSIS(STN)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)
PubMed
Thomson Innovation