

(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2008-104452
(P2008-104452A)

(43) 公開日 平成20年5月8日(2008.5.8)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)		
C12P	7/06	(2006.01)	C12P 7/06	4B029	
C12M	1/00	(2006.01)	C12M 1/00	H	4B064
B09B	3/00	(2006.01)	B09B 3/00	ZABD	4D004
CO2F	11/00	(2006.01)	B09B 3/00	304Z	4D059
CO2F	11/02	(2006.01)	CO2F 11/00	B	

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-200979 (P2007-200979)
 (22) 出願日 平成19年8月1日(2007.8.1)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-266809 (P2006-266809)
 (32) 優先日 平成18年9月29日(2006.9.29)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 504159235
 国立大学法人 熊本大学
 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号
 (74) 代理人 100098785
 弁理士 藤島 洋一郎
 (74) 代理人 100109656
 弁理士 三反崎 泰司
 (72) 発明者 木田 建次
 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号 国立
 大学法人 熊本大学内
 (72) 発明者 森村 茂
 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号 国立
 大学法人 熊本大学内

最終頁に続く

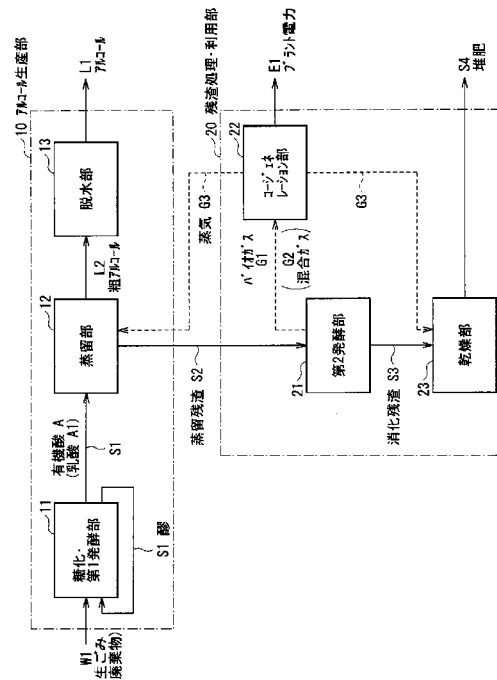
(54) 【発明の名称】 アルコール生産システムおよびアルコール生産方法

(57) 【要約】

【課題】簡素なシステム構成および工程により生ごみを有効利用することができるアルコール生産システムおよびアルコール生産方法を提供する。

【解決手段】糖化・第1発酵部11は、生ごみW1と酵素を反応させ糖化物を生成すると共に、生成された糖化物を用いてアルコール発酵させる。生ごみW1を希釈する必要がなくなり、固液分離や濃縮も不要となる。生成した醪S1の一部を次回のアルコール発酵に用いて繰返し回分発酵を行う。あるいは醪S1の一部を糖化・第1発酵部11の最初に戻して連続発酵を行う。培養した酵母を糖化・第1発酵部11に連続または間欠供給し連続発酵を行ってもよい。醪S1の残部は粗アルコールL2と蒸留残渣S2とに分離し、粗アルコールL2から無水アルコールL1を得る。蒸留残渣S2はメタン発酵させ、消化残渣S3を乾燥させて堆肥S4を生成し、バイオガスG1をエネルギー源として利用する。

【選択図】 図1



- 【特許請求の範囲】
- 【請求項 1】
 固体状態の生ごみを糖化して糖化物を生成し、生成された糖化物を用いてアルコール発酵させる糖化・第 1 発酵部を備えたことを特徴とするアルコール生産システム。
- 【請求項 2】
 前記糖化・第 1 発酵部は、生ごみの糖化とアルコール発酵とを同時に行うことを特徴とする請求項 1 記載のアルコール生産システム。
- 【請求項 3】
 前記糖化・第 1 発酵部において生成された醪の一部を次回アルコール発酵に使用することを特徴とする請求項 1 または 2 記載のアルコール生産システム。 10
- 【請求項 4】
 前記糖化・第 1 発酵部において生成された醪の一部を前記糖化・第 1 発酵部の最初に戻すことを特徴とする請求項 1 または 2 記載のアルコール生産システム。
- 【請求項 5】
 酵母を培養し、前記糖化・第 1 発酵部に連続的または間欠的に供給する酵母供給部を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のアルコール生産システム。 20
- 【請求項 6】
 前記糖化・第 1 発酵部により生成された醪を蒸留し、粗アルコールと蒸留残渣とに分離する蒸留部と、
 前記粗アルコールを脱水してアルコールを生成する脱水部と
 を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のアルコール生産システム。 20
- 【請求項 7】
 前記蒸留部から排出された蒸留残渣をメタン発酵させる第 2 発酵部と、
 前記第 2 発酵部から排出された消化残渣を乾燥させる乾燥部と
 を備えたことを特徴とする請求項 6 記載のアルコール生産システム。 30
- 【請求項 8】
 前記第 2 発酵部において生成されたバイオガスを前記蒸留部および前記乾燥部の少なくとも一方のエネルギー源として利用することを特徴とする請求項 7 記載のアルコール生産システム。 30
- 【請求項 9】
 前記第 2 発酵部は、空気を導入可能なメタン発酵槽を有し、前記メタン発酵槽中で生成されたバイオガスと空気とを接触させることにより、前記バイオガス中の硫化水素の濃度を低減させることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載のアルコール生産システム。
- 【請求項 10】
 前記第 2 発酵部は、前記メタン発酵槽の後段に水槽を有し、前記バイオガスと空気との混合ガスを前記メタン発酵槽と前記水槽との間で循環させることにより硫化水素を空気酸化させて硫黄または硫酸イオンとし、前記混合ガス中の硫化水素の濃度をさらに低減させることを特徴とする請求項 9 記載のアルコール生産システム。 40
- 【請求項 11】
 前記生ごみで、多糖類中のホロセルロースが 10% 以上含まれている場合、前記糖化・第 1 発酵部において糖化する前に、液化酵素により前記生ごみを液化することを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載のアルコール生産システム。
- 【請求項 12】 50

前記糖化酵素として、グルコアミラーゼおよびセルラーゼの少なくとも一方を用いることを特徴とする請求項 1 記載のアルコール生産システム。

【請求項 1 3】

固体状態の生ごみを糖化して糖化物を生成し、生成された糖化物を用いてアルコール発酵させる糖化・第 1 発酵工程を含む

ことを特徴とするアルコール生産方法。

【請求項 1 4】

前記糖化・第 1 発酵工程において、生ごみの糖化とアルコール発酵とを同時に行う

ことを特徴とする請求項 1 3 記載のアルコール生産方法。

【請求項 1 5】

前記糖化・第 1 発酵工程において生成された醪の一部を次回アルコール発酵に利用する

ことを特徴とする請求項 1 3 または 1 4 記載のアルコール生産方法。

【請求項 1 6】

前記糖化・第 1 発酵工程において生成された醪の一部を前記糖化・第 1 発酵工程の最初に戻す

ことを特徴とする請求項 1 3 または 1 4 記載のアルコール生産方法。

【請求項 1 7】

酵母を培養し、前記糖化・第 1 発酵工程に連続的または間欠的に供給する

ことを特徴とする請求項 1 3 ないし 1 6 のいずれか 1 項に記載のアルコール生産方法。

【請求項 1 8】

前記糖化・第 1 発酵工程により生成された醪を蒸留し、粗アルコールと蒸留残渣とに分離する蒸留工程と、

前記粗アルコールを脱水してアルコールを生成する脱水工程と

を含むことを特徴とする請求項 1 3 ないし 1 7 のいずれか 1 項に記載のアルコール生産方法。

【請求項 1 9】

前記蒸留工程から排出された蒸留残渣をメタン発酵させる第 2 発酵工程と、

前記第 2 発酵工程から排出された消化残渣を乾燥させる乾燥工程と

を含むことを特徴とする請求項 1 8 記載のアルコール生産方法。

【請求項 2 0】

前記第 2 発酵工程において生成されたバイオガスを前記蒸留工程および前記乾燥工程の少なくとも一方のエネルギー源として利用する

ことを特徴とする請求項 1 9 記載のアルコール生産方法。

【請求項 2 1】

前記生ごみで、多糖類中のホロセルロースが 10% 以上含まれている場合、前記糖化・第 1 発酵工程において糖化する前に、液化酵素により前記生ごみを液化する

ことを特徴とする請求項 1 3 ないし 2 0 のいずれか 1 項に記載のアルコール生産方法。

【請求項 2 2】

前記糖化酵素として、グルコアミラーゼおよびセルラーゼの少なくとも一方を用いる

ことを特徴とする請求項 2 1 記載のアルコール生産方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば生ごみなどの廃棄物から燃料用アルコールを得ることが可能なアルコール生産システムおよびアルコール生産方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、地球環境問題の観点からバイオマスの利用が注目されている。特に、次世代自動車燃料として期待されているエタノール等のアルコールをバイオマスから製造する技術に

10

20

30

40

50

ついでの研究開発が盛んに行われている。このアルコール生産は、バイオマス原料を、加水分解などの糖化工程により分解した後、酵母（微生物）を用いたアルコール発酵によりエタノールに変換することにより行われる。

【0003】

一般的なバイオマス原料としては、サトウキビなどの糖質を含むものあるいはトウモロコシなどのデンプン質を含むものが多く用いられている。その他にも、バガスや稲わらのような草木系原料、木材チップ等の木質系原料、バイオマス等のセルロース系原料も原料として用いられている。しかし、サトウキビやトウモロコシなどの糖質やデンプン質原料は本来食用資源であり、これらの食用資源を長期的、安定的に工業用利用資源として用いることは、今後生じる人口増加問題と拮抗するため好ましくない。

10

【0004】

そこで最近では、産業廃棄物等を用いたバイオマスが研究されており、例えば、セルロース系資源として利用可能な廃建材等からアルコールを生成する方法等が提案されている（例えば、特許文献1参照。）。

【特許文献1】特開2004-187650号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一方、生ごみからの燃料用アルコール製造の開発も進められているが、システム構成および工程が複雑で多大なエネルギー投入が必要となることや、蒸留後の廃液処理などの問題があり、実用化には未だ改善の余地があった。

20

【0006】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、簡素なシステム構成および工程により生ごみを有効利用することができるアルコール生産システムおよびそのアルコール生産方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明によるアルコール生産システムは、固体状態の生ごみを糖化して糖化物を生成し、生成された糖化物を用いてアルコール発酵させる糖化・第1発酵部を備えたものである。なお、本明細書において「生ごみ」とは、家庭、ホテル、コンビニエンスストア等から廃棄される加熱前後の食物（残飯等）を含むごみをいい、その成分として、中性成分（糖類等）、脂溶性成分（脂質等）あるいはイオン性成分（タンパク質、アミノ酸、有機酸、無機塩類等）等を含むものである。なお、生ごみには紙、木片等の「燃えるごみ」として通常廃棄されるものが混在していてもよい。また、ここにいう「固体状態の生ごみ」とは、加水していない、すなわち水で希釈していない生ごみをいい、生ごみの中に水が混入していてもよい。

30

【0008】

本発明によるアルコール生産方法は、固体状態の生ごみを糖化して糖化物を生成し、生成された糖化物を用いてアルコール発酵させる糖化・第1発酵工程を含むものである。

【0009】

本発明のアルコール生産システムおよび本発明のアルコール生産方法では、固体状態の生ごみが糖化され、生成された糖化物を用いてアルコール発酵が行われる。よって、生ごみを水などで希釈する必要がなくなり、糖化後の固液分離や濃縮も不要となり、システム構成および工程が著しく簡素化される。

40

【0010】

特に、糖化・第1発酵部（工程）において、生ごみの糖化とアルコール発酵とを同時に行うことが好ましい。糖化で生成されたグルコースを酵母により直ちにアルコールに変換させることができ、雑菌汚染のおそれを極めて小さくすることができるからである。

【0011】

このアルコール生産システムおよび方法では、糖化・第1発酵部（工程）において生成

50

された醪の一部を次回アルコール発酵に用いることが好ましい。これにより、繰返し回分発酵を可能とすることができるからである。

【0012】

また、糖化・第1発酵部（工程）において生成された醪の一部を糖化・第1発酵工程の最初に戻すことが好ましい。安定した連続発酵を可能とすることができるからである。

【0013】

更に、このアルコール生産システムおよび方法では、酵母供給部において酵母を培養し、糖化・第1発酵部（工程）に連続的または間欠的に供給することが好ましい。安定した連続発酵を可能とすることができるからである。

【0014】

このアルコール生産システムおよび方法は、例えば、糖化・第1発酵部により生成された醪を蒸留し、粗アルコールと蒸留残渣とに分離する蒸留部（工程）と、粗アルコールを脱水してアルコールを生成する脱水部（工程）とを有することが好ましい。得られたアルコールは、例えば自動車燃料として有効に利用することができる。

【0015】

更に、このアルコール生産システムおよび方法は、蒸留部（工程）から排出された蒸留残渣を発酵させるメタン発酵槽を有する第2発酵部（工程）と、第2発酵部（工程）から排出された消化残渣を乾燥させる乾燥部（工程）とを有することが好ましい。これにより、消化残渣を乾燥させて堆肥などとして利用することができ、従来のような蒸留後の廃液処理は不要となる。よって、蒸留残渣や消化残渣の処理も、従来に比べて極めて簡素なシステム構成および工程により行うことが可能となる。

【0016】

第2発酵部においては、バイオガスを生成し、このバイオガスを蒸留部および乾燥部の少なくとも一方のエネルギー源として利用することが好ましい。これにより、蒸留部や乾燥部に外部からエネルギーを投入する必要がなく、完結型のプロセスを確立することができる。

【0017】

また、第2発酵部においては、空気をメタン発酵槽中に導入してバイオガスと接触させることにより、バイオガス中の硫化水素の濃度を空気やイオウ酸化細菌により低減させることが好ましい。具体的には、第2発酵部は、例えば、メタン発酵槽の後段に水槽を有し、バイオガスと空気との混合ガスをメタン発酵槽と水槽との間で循環させることにより硫化水素を空気酸化またはイオウ酸化細菌により酸化させて硫黄または硫酸イオンとし、混合ガス中の硫化水素の濃度を10ppm以下に低減させるようにすることができる。

【0018】

本発明のアルコール生産システムおよび本発明のアルコール生産方法では、ホロセルコースが10%以上含まれている家庭系の生ごみや家庭系および事業系生ごみの混合物に対しては、糖化・第1発酵部において糖化する前に、液化酵素により液化させることが好ましい。糖化酵素としては、グルコアミラーゼ、セルラーゼが挙げられるが、両方を併用することがより好ましい。

【発明の効果】

【0019】

本発明のアルコール生産システムまたは本発明のアルコール生産方法によれば、糖化・第1発酵部（工程）において固体状態の生ごみを糖化してアルコール発酵させるようにしたので、生ごみを水などで希釈する必要がなくなり、糖化後の固液分離や濃縮も不要とすることができる。よって、システム構成および工程を著しく簡素化することができる。

【0020】

特に、生ごみの糖化とアルコール発酵とを同時に行うようにすれば、糖化で生成されたグルコースを酵母により直ちにアルコールに変換させることができ、雑菌汚染のおそれを極めて小さくすることができる。

【0021】

10

20

30

40

50

糖化・第1発酵部(工程)において生成された醪の一部を次回アルコール発酵に使用するようにすれば、繰返し回分発酵を可能とすることができる。

【0022】

糖化・第1発酵部(工程)において生成された醪の一部を糖化・第1発酵工程の最初に戻すようにすれば、安定した連続発酵を可能とすることができる。

【0023】

酵母供給部において酵母を培養し、糖化・第1発酵部(工程)に連続的または間欠的に供給するようにすれば、安定した連続発酵を可能とすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0025】

[第1の実施の形態]

図1は本発明の第1の実施の形態に係るアルコール生産システム1の構成例を表すものである。なお、本発明のアルコール生産方法については、アルコール生産システム1の作用に具現化されるものであるので合わせて説明する。

【0026】

このアルコール生産システム1は、バイオマス原料から燃料用または工業用のアルコールを生成するものであり、例えば、アルコール生産部10と、残渣処理・利用部20とを備えている。バイオマス原料は、例えば家庭から、あるいは産業廃棄物として排出される生ごみW1であり、従って、このアルコール生産システム1は、ごみ処理問題についての一解決手段ともなるものである。

【0027】

アルコール生産部10は、例えば、糖化・第1発酵部11、蒸留部12および脱水部13を有している。

【0028】

糖化・第1発酵部11は、固体状態の生ごみW1と酵素を反応させ生ごみW1に含まれるデンプン質や一部のセルロース等を糖化して糖化物を生成し、生成された糖化物を用いて加えた酵母でアルコール発酵させ、醪S1を生成するものである。これにより、このアルコール生産システム1では、生ごみW1を水などで希釈する必要がなくなり、糖化後の固液分離や濃縮も不要となり、極めて簡素なシステム構成および工程により生ごみW1を有効利用することができるようになってきている。なお、固体状態の生ごみW1の水分含量は例えば70%以上、具体的には75%~80%以上である。

【0029】

この糖化・第1発酵部11は、生ごみの糖化とアルコール発酵とを同時に行うものであることが好ましい。糖化で生成されたグルコースを酵母により直ちにアルコールに変換させることができ、雑菌汚染のおそれを極めて小さくすることができるからである。なお、糖化・第1発酵部11は、生ゴミを糖化したのちにアルコール発酵を行うようにしてもよい。

【0030】

糖化・第1発酵部11においては、生成された醪S1の一部を蒸留部12に送らずに糖化・第1発酵部11自体に戻し、次回アルコール発酵に用いることが好ましい。繰返し回分発酵を可能とすることができるからである。

【0031】

このような糖化・第1発酵部11に用いる糖化・アルコール発酵反応槽は、例えば、生ゴミと酵素との接触がよいものにより構成されていることが好ましく、例えば回転ドラムや回転ブレード等が挙げられる。特に、回転ブレードは、糖化終了後、糖化物を回収したのち、糖化残渣を粗粉碎しつつ回収することができるので好ましい。なお、反応槽は横型に限らず縦型であってもよい。

【0032】

10

20

30

40

50

蒸留部 1 2 は、糖化・第 1 発酵部 1 1 により生成された醪 S 1 を蒸留し、粗アルコール L 2 と蒸留残渣 S 3 とに分離するものである。

【 0 0 3 3 】

脱水部 1 3 は、粗アルコール L 2 を脱水して無水アルコール L 1 を生成するものである。この無水アルコール L 1 は、例えばガソリンに添加して使用される。

【 0 0 3 4 】

残渣処理・利用部 2 0 は、例えば、第 2 発酵部 2 1、コージェネレーション部 2 2 および乾燥部 2 3 を有している。

【 0 0 3 5 】

第 2 発酵部 2 1 は、蒸留部 1 2 から排出された蒸留残渣 S 2 をメタン発酵させるものである。

【 0 0 3 6 】

コージェネレーション部 2 2 は、例えば、ボイラおよび発電機（いずれも図示せず）を備えており、第 2 発酵部 2 1 で生成されたバイオガス G 1 をエネルギー源として利用して蒸気 G 3 およびプラント電力 E 1 にエネルギー変換するものである。蒸気 G 3 は、蒸留部 1 2 および乾燥部 2 3 の少なくとも一方のエネルギー源として利用することが好ましい。蒸留部 1 2 や乾燥部 2 3 を含むプラントに対して外部からエネルギーを投入する必要がなく、完結型のプロセスを確立することができるからである。

【 0 0 3 7 】

乾燥部 2 3 は、第 2 発酵部 2 1 から排出された消化残渣 S 3 を乾燥させて、堆肥 S 4 を生成するものである。消化残渣 S 3 には、例えば、第 2 発酵部 2 1 でメタン発酵により消化されなかった有機物や無機物が含まれている。

【 0 0 3 8 】

図 2 は、第 2 発酵部 2 1 の構成を表したものである。第 2 発酵部 2 1 は、例えば、蒸留部 1 2 で排出された蒸留残渣 S 2 を発酵させるメタン発酵槽 2 1 A を有している。メタン発酵槽 2 1 A の後段には、水槽 2 1 B が設けられている。水槽 2 1 B の水は、地下水、河川水、工水、水道水または下水処理場の処理水などのいずれでもよい。

【 0 0 3 9 】

メタン発酵槽 2 1 A は空気を導入可能であり、内部で生成されたバイオガス G 1 と外部から導入された空気とを接触させることにより、バイオガス G 1 中の硫化水素の濃度を低減させることが好ましい。バイオガス G 1 は、エネルギー源などとして有用なメタン（ CH_4 ）のほか、無用な炭酸ガス、硫化水素やアンモニアを含んでいる。硫化水素はガスエンジンやボイラを腐食させるので、一般には乾式脱硫や湿式脱硫、さらには生物脱硫が行われているが、二次汚染や処理コストの問題がある。このようにバイオガス G 1 と空気を接触させることにより、容易に硫化水素の濃度を低減させることができる。よって、硫化水素による阻害を軽減してメタン発酵の有機物負荷を向上させることができる。空気の流入量は、例えば、バイオガス G 1 の発生量の 5 % 以上 10 % 以下であることが好ましい。また、バイオガス G 1 と空気とを含む混合ガス G 2 中の硫化水素の濃度は、例えば、10 ppm 以下であることが好ましい。

【 0 0 4 0 】

水槽 2 1 B は、混合ガス G 2 をメタン発酵槽 2 1 A との間で循環させることにより硫化水素を空気酸化させて硫黄または硫酸イオンとし、混合ガス G 2 中の硫化水素の濃度を更に低減させるためのものである。このようにすることにより、バイオガス G 1 または混合ガス G 2 を容易に脱硫することができ、蒸留部 1 2 あるいは乾燥部 2 3 のエネルギー源として利用しやすくすることができる。

【 0 0 4 1 】

また、水槽 2 1 B には、混合ガス G 2 が通され、バイオガス G 1 に含まれるアンモニアが硫安として除去されるようになっている。これにより、アンモニア阻害を軽減し、メタン発酵の有機物負荷を向上させることができる。なお、このアンモニアは、生ごみに含まれているアンモニウムイオンや、第 2 発酵部 2 1 においてタンパク質が加水分解されアミ

10

20

30

40

50

ノ酸となり脱アミノされ生成したアンモニウムイオンがアンモニアになったものである。

【0042】

次に、このような構成のアルコール生産システム1の作用について説明する。

【0043】

(糖化・第1発酵工程)

まず、粗粉碎および異物除去した生ごみW1と酵素および酵母とを混合したのち、アルコール生産部10の糖化・第1発酵部11において、固体状態の生ごみW1を糖化して糖化物、例えばグルコースを生成し、生成された糖化物を用いてアルコール発酵させる。これにより、生ごみを水などで希釈する必要がなくなり、糖化後の固液分離や濃縮も不要となり、工程を著しく簡素化することができる。

10

【0044】

また、糖化後の固液分離や濃縮を不要とすることで、糖化物の回収率を高めると共に、エネルギーのロスも低減することもできる。以下、例えば生ごみ1kgについての収支を取ると、本実施の形態のように糖化とアルコール発酵とを同時に行った場合、糖化後のグルコース回収率は100%である。これに対して、従来のように生ごみ1kgを水0.5kgで希釈した場合、糖化液1.125kgと残渣0.375kgが生じる。つまり、4分の1が残渣側に移るので、グルコース回収率は75%であった。

【0045】

また、エネルギーロス率については、糖化液を2倍濃縮すると仮定すると、糖化液量1.125kgから0.563kgの水を蒸発させるために、数1に示したように、343

20

【0046】

(数1)

$$0.563 \times (539 + (100 - 30)) = 343 \text{ kcal}$$

【0047】

更に、糖化とアルコール発酵とを同時に行うことにより、糖化で生成されたグルコースを酵母により直ちにアルコールに変換させることができる。よって、雑菌汚染のおそれを極めて小さくすることができる。

【0048】

このような糖化・第1発酵工程における具体的な糖化条件としては、例えば、糖化と第1発酵とを同時に行う場合には20度以上、好ましくは40度以下の温度が好ましい。酵母が生きていくために温度を高めることができないからである。糖化ののちに第1発酵を行う場合には、糖化温度は60度まで高めてもよいがアルコール発酵では温度を下げるのが好ましい。酵素の量は、固体状態の生ごみW1の湿潤重量1kgに対して50mg以上、更には100mg以上とすることが好ましい。ここで、湿潤重量とは食品ごみ中に混在する液状のごみも含めた重量(質量)を意味する。

30

【0049】

また、収集運搬や糖化期間中に、生ごみW1中に生息する微生物により主として乳酸発酵が起こり、生成する糖化物には、乳酸A1が主成分となる有機酸Aが含まれている。これにより、糖化物の水素イオン指数(pH)は、例えばpH3.5以上4.5以下に保たれる。

40

【0050】

収集運搬や糖化期間中に生成した乳酸A1の濃度は、例えば5000mg/l以上、より好ましくは10000mg/l以上であることが好ましい。糖化物のpHを低下させ、雑菌の増殖を抑制して、糖化物の殺菌を不要とすることができるからである。また、乳酸A1の濃度をこの範囲内とすることにより、糖化物のpHは自ずと3.5以上4.5以下の範囲になり、このpH領域でアルコール発酵に用いる酵母は増殖するので、糖化物のpHを特別に調整する必要はない。

【0051】

アルコール発酵に用いる酵母としては、pHが4.5以下でも増殖および発酵する非凝

50

集酵母および凝集性酵母のうちの少なくとも一方が利用可能である。具体的には、非凝集酵母としては、*Saccharomyces cerevisiae* EP1株または焼酎製造で使用する鹿児島酵母5号など、凝集性酵母としては*Saccharomyces cerevisiae* KF-7株、などがそれぞれ挙げられる。

【0052】

アルコール発酵の方式としては、回分発酵、繰返し回分発酵または連続発酵が利用可能である。回分発酵としては流加発酵方式でもよく、繰返し回分発酵としてはガス発生量に基づいて自動化して行う装置を用いる方式あるいは1日に1回の回分発酵を繰り返す方式が好ましく、連続発酵方式としてはケモスタット方式が好ましい。

【0053】

具体的なアルコール発酵条件としては、例えば、連続発酵方式を適用すると共にアルコール発酵温度を25度以上、好ましくは30度以上とし、希釈率Dを 0.05 h^{-1} 以上、好ましくは 0.2 h^{-1} 以上、より好ましくは 0.3 h^{-1} 以上とする。ここで希釈率D (h^{-1})とは、生ごみ供給速度F (m^3 / h)を糖化・第1発酵部11の実容積V (m^3)で除した値 ($D = F / V$)である。

【0054】

なお、アルコール発酵の際には、残存する雑菌を更に低減した状態または好適なpHの状態とするため、殺菌処理またはpH調整を施してもよい。例えば、糖化物のpH4前後および上述した乳酸濃度、並びに発酵pH4前後で希釈率Dを 0.2 h^{-1} 以上とすることにより、アルコール発酵中に雑菌が繁殖することを完全に防ぐことが可能となる。

【0055】

このようにして糖化・第1発酵工程において生成された醪S1の一部は、蒸留工程に送らず、再び糖化・第1発酵工程において次のアルコール発酵に使用することが好ましい。繰返し回分発酵を可能とすることができるからである。

【0056】

(蒸留工程)

次いで、蒸留部12において、糖化・第1発酵工程により生成された醪S1を蒸留し、粗アルコールL2と蒸留残渣S2とに分離する。

【0057】

(脱水工程)

続いて、脱水部13において、粗アルコールL2を脱水してアルコールL1を生成する。

【0058】

一方、アルコール生産部10から排出された蒸留残渣S2は残渣処理・利用部20へ送られて、以下のように処理あるいは利用される。

【0059】

(第2発酵工程)

まず、第2発酵部21のメタン発酵槽21Aにおいて、蒸留工程から排出された蒸留残渣S2をメタン発酵させ、バイオガスG1を生成させる。このバイオガスG1中には、エネルギー源として有用なメタン(CH_4)のほか炭酸ガス、硫化水素およびアンモニア等が含まれているので、メタン発酵槽21Aに空気を導入することによりバイオガスG1と空気とを接触させ、バイオガスG1に含まれる硫化水素の濃度を例えば 10 ppm 以下に低減する。これにより、硫化水素による人体への悪影響やボイラーや発電機の腐食を防止することができる。空気の流入量は、例えばバイオガスG1の発生量の5%以上10%以下とすることが好ましい。また、メタン発酵槽21Aと水槽21Bとの間で混合ガスG2を循環させることにより、混合ガスG2中の硫化水素の濃度を更に低減させることが好ましい。

【0060】

また、水槽21Bには、混合ガスG2を通し、バイオガスG1に含まれるアンモニアを硫酸として除去することが好ましい。アンモニア阻害を軽減し、メタン発酵の有機物負荷

10

20

30

40

50

を向上させることができるからである。

【0061】

硫化水素が除去されたバイオガスG1（混合ガスG2）はコージェネレーション部22に送られて蒸気G3およびプラント電力E1にエネルギー変換される。蒸気G3は蒸留部12および乾燥部23の少なくとも一方の熱源として利用される。電力E1はプラントで使用する。

【0062】

（乾燥工程）

また、乾燥部23において、第2発酵工程から排出された消化残渣S3を乾燥させ、堆肥S4を得る。これにより、従来のような蒸留後の廃液処理は不要となり、蒸留残渣S2や消化残渣S3の処理も、従来に比べて極めて簡素なシステム構成および工程により行うことができる。

【0063】

図3は、以上のアルコール生産方法での生ごみ1トンあたりの生成エネルギーと消費エネルギーとのバランス収支を表した図である。エネルギー生成量は、脱水部13で生成されるアルコールL1による244,800kcalと、第2発酵部21で得られるバイオガスG1による324,500kcalとの合計で、569,300kcalである。一方、エネルギー消費量は、生ごみ収集のための収集車の燃料として25,000kcalと、糖化・第1発酵部11などのプラント電力として86,000kcalと、蒸留部12での消費エネルギーとして130,100kcalと、脱水部13での消費エネルギーとして125,300kcalと、乾燥部23での消費エネルギーとして171,900kcalとの合計で、538,500kcalとなる。このように、本実施の形態では、エネルギー生成量のほうが消費量よりも大きくなり、外部からのエネルギー投入もなく、廃水処理も不要な自己完結型プロセスを実現することができる。

【0064】

このように本実施の形態によれば、糖化・第1発酵部11において固体状態の生ごみW1を糖化し、生成された糖化物を用いてアルコール発酵を行うようにしたので、生ごみW1を水などで希釈する必要がなくなり、糖化後の固液分離や濃縮も不要とすることができる。よって、極めて簡素なシステム構成および工程により生ごみW1を有効利用することができる。

【0065】

また、固液分離や濃縮を行わなくてすむことにより、糖化物の回収率を高めると共にエネルギーのロスを低減することができる。

【0066】

特に、糖化とアルコール発酵とを同時に行うようにしたので、生成された糖化物を直ちにアルコールに変換させることができ、雑菌汚染のおそれを極めて小さくすることができる。また、糖化およびアルコール発酵の装置を別々に設けなくてもよいので、プラントコストを低減することができる。更に、60度に昇温して糖化したのちに30度に温度を下げたアルコール発酵を行うのに比べて、糖化とアルコール発酵とを同時に行う場合は一貫して30度程度の低温とすることができるので、消費エネルギーも低減することができる。

【0067】

更に、糖化・第1発酵部11において生成された醪S1の一部を次のアルコール発酵に使用するようにしたので、繰返し回分発酵を可能とすることができる。

【0068】

[第2の実施の形態]

続いて、本発明の第2の実施の形態について説明する。本実施の形態は、糖化・第1発酵工程において生成された醪S1の一部を、糖化・第1発酵工程の最初に戻す、すなわち固体状態の生ごみW1に醪S1の一部および酵素を加えて糖化・第1発酵工程を行うようにしたことを除いては、第1の実施の形態のアルコール生産方法と同様である。なお、アルコール生産システムについては、第1の実施の形態で図1を参照して説明したアルコー

10

20

30

40

50

ル生産システムと同一である。

【0069】

本実施の形態では、糖化・第1発酵工程において生成された醪S1の一部を、糖化・第1発酵工程の最初に戻すようにしたので、安定した連続発酵を可能とすることができる。

【0070】

[第3の実施の形態]

図4は、本発明の第3の実施の形態に係るアルコール生産システムの構成を表すものである。このアルコール生産システムは、糖化・第1発酵部11に酵母供給部14が接続されていることを除いては、第1の実施の形態のアルコール生産システムと同様の構成を有している。よって、同一の構成要素には同一の符号を付して説明する。

10

【0071】

酵母供給部14は、酵母を培養し、糖化・第1発酵部11に連続的または間欠的に供給するものである。これにより、このアルコール生産システムでは、安定した連続発酵を可能とすることができるようになっている。

【0072】

なお、このような酵母供給部14を設ける場合には、醪S1の一部を糖化・第1発酵部11に返送することは必ずしも必要ではないが、返送を行ってもよい。

【0073】

本実施の形態では、酵母供給部14において酵母を培養し、糖化・第1発酵部11に連続的または間欠的に供給するようにしたので、安定した連続発酵を可能とすることができる。

20

【0074】

[第4の実施の形態]

図5は、本発明の第4の実施の形態に係るアルコール生産方法を表したものである。このアルコール生産方法は、糖化・第1発酵工程S11の前に、生ごみ処理工程S31を含むことを除いては、上記第1の実施の形態のアルコール生産方法と同様である。よって、同一の工程についてはその説明を省略する。

【0075】

(生ごみ処理工程)

まず、生ごみ処理工程S31において、生ごみW1に10%以下、好ましくは1%以下の乳酸菌培養液L0を表面散布などで添加したのち重石をのせるなどして嫌気状態にする。ここでは、図6(A)、(B)に示した2つの方法が考えられる。図6(A)の方法は、生ごみW1に乳酸菌を表面散布し、重石をのせて嫌気状態として何日も、例えば6日間放置しておくものである。一方、図6(B)に示した方法は、毎日排出される生ごみに対応するもので、翌日の生ごみW12を前日の生ごみW1に追加し、同様に乳酸菌培養液を表面散布し、重石をのせる。この操作を毎日、例えば6日間繰り返すものである。なお、後述の実施例からも明らかのように、図6(B)の方法、すなわち生ごみを毎日、継ぎ足し、その都度表面に乳酸菌を散布する方法がグルコース回収率は優れている。

30

【0076】

本実施の形態では、図6(A)や図6(B)、好ましくは図6(B)の方法により、生ごみW1の一部が乳酸発酵して、pHが低下し、生ごみW1の鮮度が保持される。従って、生ごみW1の腐敗が防止され、腐敗による糖化物の回収率の低下や、糖分を含む生ごみW1中での酢酸等のアルコール発酵を阻害する有機酸の生成が抑制される。このように生ごみW1が処理されることにより処理ごみW2が得られる。

40

【0077】

(糖化・第1発酵工程)

次いで、糖化・第1発酵工程S11において、固体状態の処理ごみW2を糖化して糖化物、例えばグルコースを生成すると共に、生成された糖化物を用いてアルコール発酵させる。

【0078】

50

その際、具体的な糖化条件としては、糖化およびアルコール発酵を同時に行う場合は、処理ごみW2と酵素Fおよび酵母とを混合したのち、20度以上、好ましくは40度以下の温度とする。糖化したのちにアルコール発酵を行う場合は、処理ごみW2と酵素Fとを混合し、30度以上、好ましくは50度以上の温度で糖化したのち、酵母を加えてアルコール発酵を行う。酵素Fには、pH3程度でも働く耐酸性を有する酵素、例えば耐酸性グルコアミラーゼを使用してもよい。あるいは、耐酸性と耐熱性を有するグルコアミラーゼを用いてもよい。また、このような酵素の添加後、セルラーゼ酵素を添加するようにしてもよい。更に、生ごみを加熱処理などの方法で前処理した後、酵素糖化することにより、糖をより効率良く回収することが可能となる。酵素Fの量については、湿潤の処理ごみW2の1kgに対して50mg以上、更には100mg以上とすることが好ましい。

10

【0079】

アルコール発酵に用いる酵母およびアルコール発酵の方式、発酵条件などについては第1ないし第3の実施の形態と同様である。また、蒸留工程以降については、第1ないし第3の実施の形態と同様である。

【0080】

このように本実施の形態によれば、生ごみ処理工程S31において、生ごみW1に10%以下好ましくは1%以下の乳酸菌培養液L0を表面散布などで添加したのち嫌気状態で保持するようにしたので、生ごみW1の鮮度を保持することができる。従って、生ごみW1の腐敗を防止し、腐敗による糖化物の回収率の低下や、糖化物を含む生ごみW1中での酢酸等のアルコール発酵を阻害する有機酸の生成を抑制することができ、糖を効率良く生成することが可能となる。このように生成された糖(グルコース)は、アルコールのみならず、有用物質の生産のための原料として、またグルコース電池などの燃料電池の原料としても利用され得る。

20

【0081】

以上の説明では、主として、デンプン質の含有量が多く、ホロセルロース系の含有量の少ない生ごみ(事業系生ごみ)について説明したが、ホロセルロース系の含有量の多い家庭系の生ごみや家庭系および事業系生ごみの混合物の場合については、以下の実施の形態が有効である。

【0082】**[第5の実施の形態]**

30

図7は、本発明の第5の実施の形態に係るアルコール生産方法を表したものである。このアルコール生産方法は、生ごみ処理工程S31ののち、糖化・第1発酵工程S11の前に、酵素液化工程S32を含むことを除いては、上記第4の実施の形態のアルコール生産方法と同様である。よって、同一の工程についてはその説明を省略する。

【0083】

一般に、家庭系の生ごみでは、多糖類中にホロセルロースが10%以上含まれている。なお、ここでのホロセルロースの割合は、 $\text{ホロセルロース} / \text{多糖類} = \text{ホロセルロース} / (\text{デンプン質} + \text{ホロセルロース})$ を表すものであり、ホロセルロースには、セルロースおよびヘミセルロースが含まれる。

【0084】

40

すなわち、本実施の形態では、生ごみ処理工程S31において処理された処理ごみW2に対して、酵素液化工程S32において液化酵素、例えばターマミルを添加し、液化する。この液化された処理ごみW3に対して、糖化・第1発酵工程S11において糖化酵素として、グルコアミラーゼまたはセルラーゼ、あるいはグルコアミラーゼおよびセルラーゼを併用して糖化・発酵を行う。

【0085】

このようにホロセルロースの含有量の多い家庭系生ごみや家庭系および事業系生ごみの混合物に対しては、酵素液化工程S32において液化処理を行うことにより、グルコースの回収率が高くなる。特に、グルコアミラーゼおよびセルラーゼを併用して糖化を行うことにより、グルコースの回収率がより高くなる。

50

【 0 0 8 6 】

更に、本発明の具体的な実施例について説明する。

【 0 0 8 7 】

[実施例 1]

上記第 4 の実施の形態と同様にして生ごみの回分発酵試験を行い、有機酸およびエタノールの濃度を調べた。まず、生ごみ W 1 として厨芥や食べ残し等の食品ごみを用い、この生ごみ W 1 を、図 6 (B) の方法による生ごみ処理工程 S 3 1 において鮮度保持し、処理ごみ W 2 とした。この処理ごみ W 2 を異物除去したのち 1 k g (湿潤重量) を採取し、粗粉碎した。

【 0 0 8 8 】

10

(前培養液の調製)

前培養液は、5 % Y P D 培地 (グルコース 5 g / l 、酵母エキス (Y E) 1 g / l 、ポリペプトン 1 g / l) にスラント (斜面培地 ; 酵母を寒天培地に保存しておく方法) で保存しておいた鹿児島 5 号を 1 白金耳植菌したのち、30 度、160 r p m で 16 時間振とう培養することにより調製した。

【 0 0 8 9 】

(糖化・アルコール同時発酵 (S S F : Simultaneous Saccharification and Fermentation))

続いて、処理ごみ W 2 を 100 g 採取して、空滅菌した 300 m l の三角フラスコに投入し、グルコアミラーゼとしてナガセテムテックス (株) の長瀬酵素剤 N - 40 を 13 m g 添加し、上述したように調製した前培養液 10 m l を三角フラスコに投入した。そのうち、この三角フラスコを 30 度の恒温水槽に浸漬し、48 時間、糖化・エタノール同時発酵試験を行い、有機酸濃度 (乳酸と酢酸との合計濃度) およびアルコール (エタノール) 濃度を調べた。初発 pH を調べたところ pH 3 . 9 であった。得られた結果を図 8 および図 9 にそれぞれ示す。また、有機酸濃度 (乳酸と酢酸とのそれぞれの濃度) の経日変化を図 10 に示す。

20

【 0 0 9 0 】

[比較例 1]

グルコアミラーゼを添加しない、すなわち糖化を行わずにアルコール発酵のみを行ったことを除いては、実施例 1 と同様にして回分発酵試験を行った。得られた結果を図 8 および図 9 に合わせて示す。また、有機酸濃度の経日変化を図 11 に示す。

30

【 0 0 9 1 】

[実施例 2]

生ごみ W 1 を実施例 1 と同様にして処理した処理ごみ W 2 を 100 g 採取し、空滅菌した 300 m l の三角フラスコに投入したのち、グルコアミラーゼとしてナガセテムテックス (株) の長瀬酵素剤 N - 40 を 13 m g 添加し、60 度の温度下で 3 時間糖化した。そのうち、水冷や放冷などにより 30 度まで温度を下げ、実施例 1 と同様の前培養液 10 m l を添加し、30 度の温度下で 48 時間アルコール発酵試験 (回分発酵) を行った。得られた結果を図 8 および図 9 に合わせて示す。また、有機酸濃度の経日変化を図 12 に示す。

40

【 0 0 9 2 】

[比較例 2]

糖化ののち酵母を添加せず放置した (アルコール発酵は行わなかった) ことを除いては、実施例 2 と同様にして回分発酵試験を行った。得られた結果を図 8 および図 9 に合わせて示す。また、有機酸濃度の経日変化を図 13 に示す。

【 0 0 9 3 】

図 8 ないし図 13 から分かるように、糖化・アルコール同時発酵を行った実施例 1、および糖化ののち酵母を加えてアルコール発酵を行った実施例 2 では、アルコール発酵のみを行った比較例 1 や、糖化ののち酵母を添加せず放置した比較例 2 に比べて、生成したエタノール濃度が高かった。すなわち、生ごみ W 1 を処理した処理ごみ W 2 を糖化し、生成

50

した糖化物を用いてアルコール発酵を行うようにすれば、エタノールの生成量を増やすことができることが分かった。

【0094】

なお、実施例2および比較例2では、60度に昇温して糖化を行っているので、30度で放置しても、あるいは30度でアルコール発酵を行っても有機酸はほとんど増加していなかった。

【0095】

[実施例3]

次に、第4の実施の形態での生ごみ処理工程S31の方法の違いによる効果を検証した。図6(A)の方法では6日間放置した。一方、図6(B)の方法では、生ごみの追加、乳酸菌培養液の表面散布、重石をのせる、の操作を6日間繰り返した。6日後に両方の生ごみを粉砕して有機酸を測定した。その結果、図6(A)の方式では、乳酸濃度は23,030mg/l、酢酸濃度は3,280mg/lであり、ともに非常に高くその分グルコース回収率が低下することが分かった。これに対して、図6(B)の方式の乳酸濃度は10,490mg/l、酢酸濃度は2,190mg/lであった。また、別のサンプルでは、11,800mg/l、2,950mg/lであり、図6(A)の方式に比べて低下していた。以上のように、生ごみ処理工程S31では、毎日、生ごみを継ぎ足し、その都度その表面に乳酸菌を散布する、図6(B)の方法が好ましいことが分かった。

10

【0096】

[実施例4]

次に、上記第5の実施の形態での酵素液化工程S32による液化処理によるグルコース回収率の変化について調べた。家庭系生ごみの多糖類中のホロセルロース含量は約30%であった。

20

【0097】

実施例4として、上記生ごみを粉砕した後、水で1.5倍希釈した。この希釈した生ごみを酵素液化(80、30分)したのち、酵素糖化(60、2時間)を行った。グルコアミラーゼN-40とセルラーゼ酵素剤XL531を併用することによりグルコース回収率は83%まで向上した。表1にその結果を示す(試験3)。また、酵素液化の最適温度を検討した結果、85、30分間の条件で、グルコース回収率は86%まで向上した(表1、試験4参照)。更に、試験4の条件でグルコアミラーゼN-40およびセルラーゼ酵素剤XL531の添加量の検討を行った。N-40の添加量は1/4以下に、XL531は半分に削減することができた。

30

【0098】

【表 1】

	処理法	酵素添加			グルコース 回収率 (%)
		mg/g(生ごみ) or ml/g(生ごみ)			
		液化酵素	糖化酵素		
	ターマミル	セルラーゼ XL-531	グルコアミラーゼ N-40		
1	糖化(60℃, 2時間)		0.06ml		71
				0.62mg	62
2	酵素糖化 セルラーゼとグルコアミラーゼの併用効果		0.06ml	0.62mg	77
3	酵素液化→酵素糖化併用	0.16mg	0.06ml	0.62mg	83
4	酵素液化の温度の影響				
	80℃, 30分→酵素糖化				
	85℃, 30分→酵素糖化				
	90℃, 30分→酵素糖化				
	95℃, 30分→酵素糖化				
5	酵素液化(85℃, 30分)→酵素糖化併用	0.12mg	0.03ml	0.04mg	86

10

20

30

40

50

【0099】

なお、粉碎後、1.5倍希釈した上記生ごみを酵素糖化試験（使用酵素：長瀬酵素剤、グルコアミラーゼN-40、60、2時間）を行ったが、グルコース回収率は62%であった。グルコアミラーゼN-40の代わりにセルラーゼ酵素剤XL531を用いたが、それでもグルコース回収率は71%であった。グルコアミラーゼN-40とセルラーゼ酵素剤XL531を併用するとグルコース回収率は77%に向上したが、それでもグルコース回収率は低かった（表1の試験1、2参照）。

【0100】

ちなみに、多糖類中のホロセルロース含量が約3%の生協残飯（事業系生ごみ）について、この生ごみを粉碎後、1.5倍希釈し、比較例4と同じ条件の糖化試験を行った結果では、グルコース回収率は82～86%であった。

【0101】

以上により、ホロセルロースの含有量の高い家庭系生ごみの場合には、85の温度で酵素液化し、そののち酵素糖化を行うことによりグルコース回収率を向上させることができることが分かった。なお、実施例4においては、酵素の分散性を良くするために、あえて1.5倍希釈を行ったが、希釈しなくても同等の効果を得ることができるものである。

【0102】

上記の結果を基に、下記のプロセスで発酵試験を行った。

鮮度保持した家庭系生ごみを粉碎 酵素液化 同時糖化・発酵

その結果、生成エタノール濃度は20.5～21g/kg（生ごみ）であった。生ごみに含まれている糖分から算出したエタノール量に対して約85%の高い発酵収率を得ることができた。なお、湿潤生ごみ中のグルコース換算したデンプンおよびホロセルロース濃度=48g/kg（生ごみ）であり、理論エタノール生成量=48g/kg×(92/180)=24.5g/kgとなる。

【0103】

以上より、家庭系生ごみにおいても、酵素液化（温度85、30分）した後、セルラーゼおよびグルコアミラーゼを併用して糖化・発酵することにより、高いエタノール収率

を達成することができることが分かった。

【0104】

以上、実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態および実施例に限定されるものではなく、種々変形が可能である。例えば、上記実施の形態および実施例において説明した各要素の構造および材料、または糖化・発酵の方法および条件などは限定されるものではなく、他の構造および材料としてもよく、または他の方法および条件としてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0105】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るアルコール生産システムの構成を表すブロック図である。 10

【図2】図1に示した第2発酵部の構成を表すブロック図である。

【図3】図1に示したアルコール生産システムのエネルギー収支を説明するための図である。

【図4】本発明の第3の実施の形態に係るアルコール生産システムの構成を表すブロック図である。

【図5】本発明の第4の実施の形態に係るアルコール生産方法の流れを表す図である。

【図6】図5に示した生ごみ処理工程を説明するための図である。

【図7】本発明の第5の実施の形態に係るアルコール生産方法の流れを表す図である。

【図8】実施例1、2および比較例1、2の反応時間に対する有機酸の濃度の関係を表す特性図である。 20

【図9】実施例1、2および比較例1、2の反応時間に対する生成したエタノールの濃度の関係を表す特性図である。

【図10】実施例1の有機酸濃度の経日変化を表す特性図である。

【図11】比較例1の有機酸濃度の経日変化を表す特性図である。

【図12】実施例2の有機酸濃度の経日変化を表す特性図である。

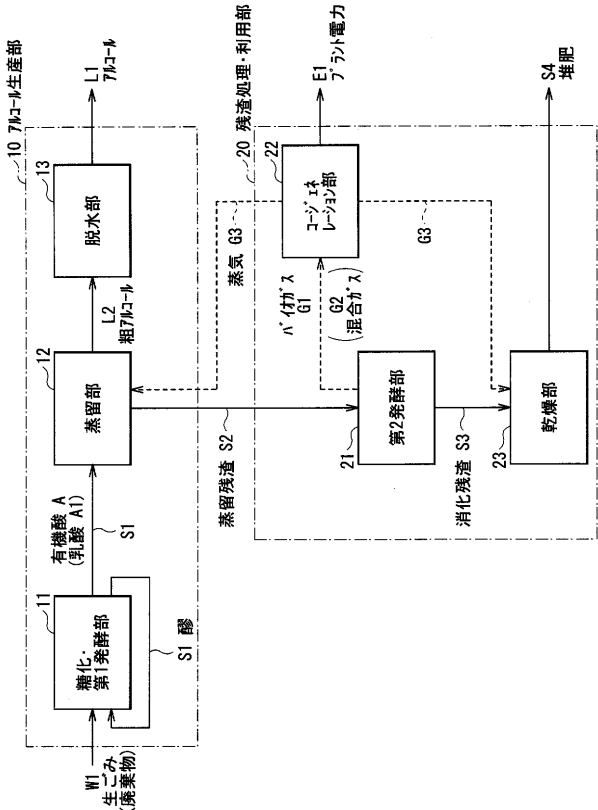
【図13】比較例2の有機酸濃度の経日変化を表す特性図である。

【符号の説明】

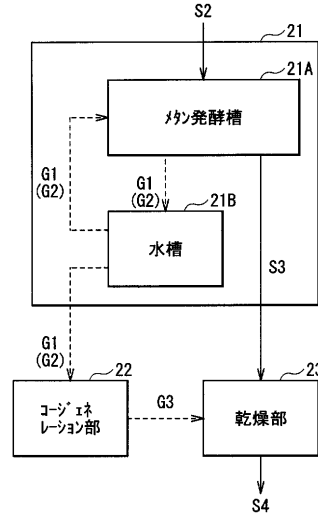
【0106】

1...アルコール生産システム、10...アルコール生産部、11...糖化・第1発酵部、12...蒸留部、13...脱水部、14...酵母供給部、20...残渣処理・利用部、21...第2発酵部、21A...メタン発酵槽、21B...水槽、22...コージェネレーション部、23...乾燥部 30

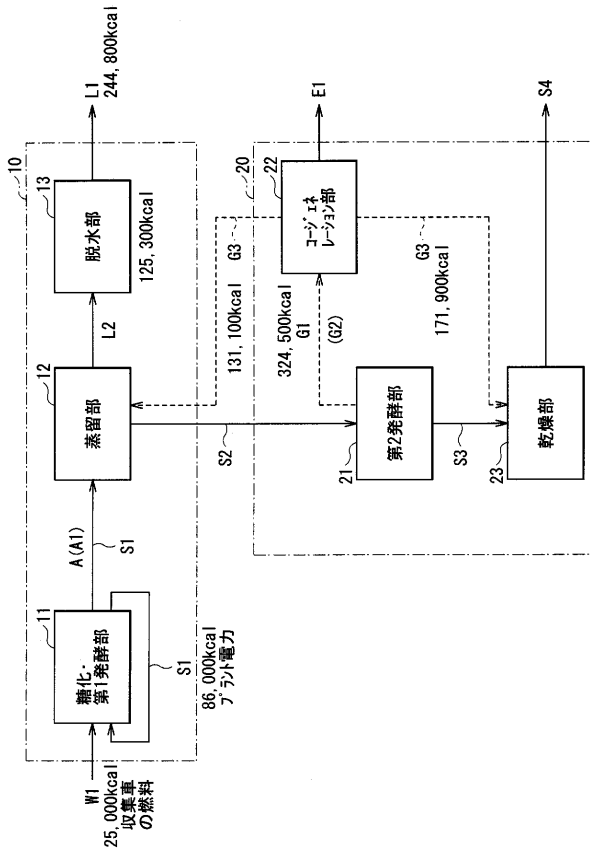
【図1】



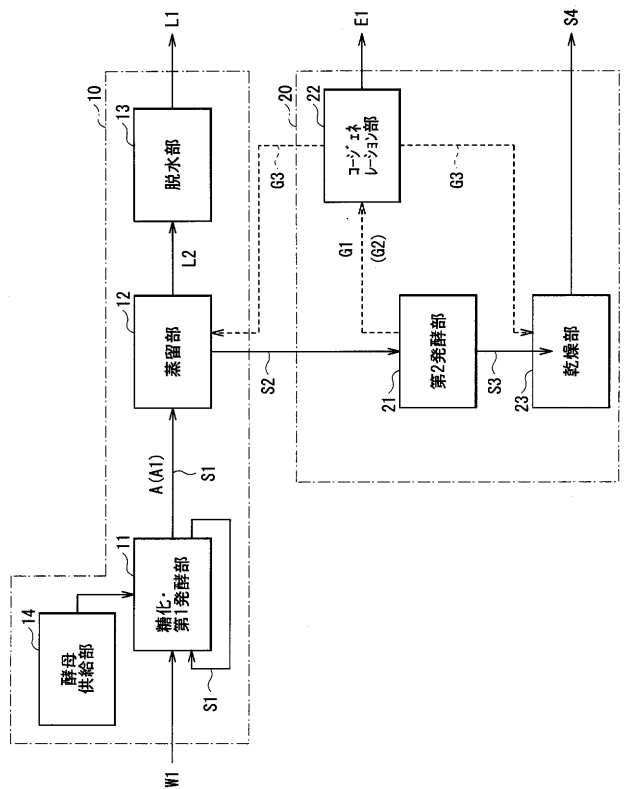
【図2】



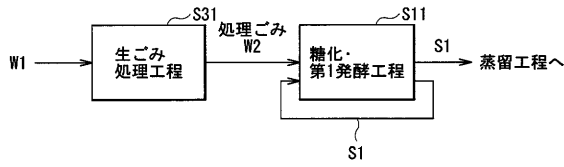
【図3】



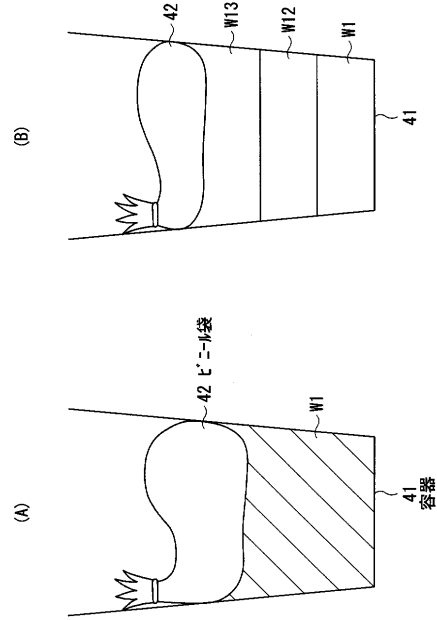
【図4】



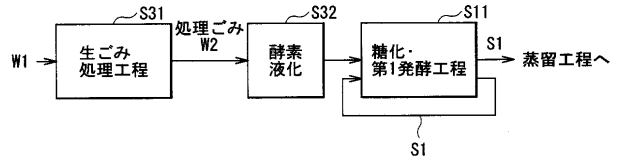
【 図 5 】



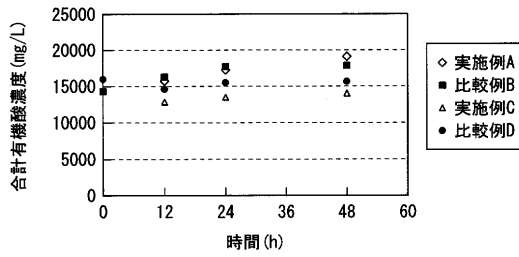
【 図 6 】



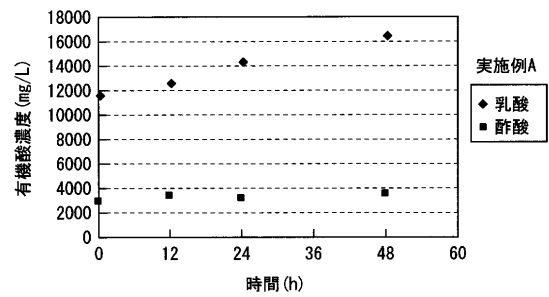
【 図 7 】



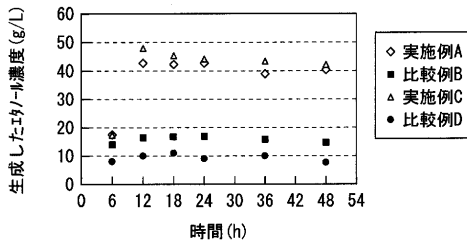
【 図 8 】



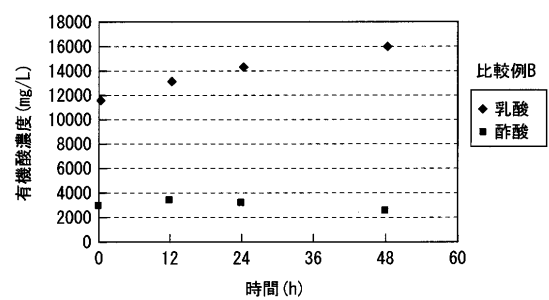
【 図 10 】



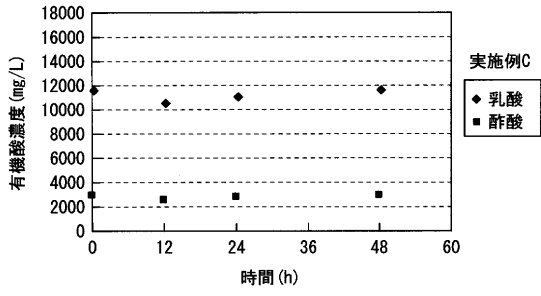
【 図 9 】



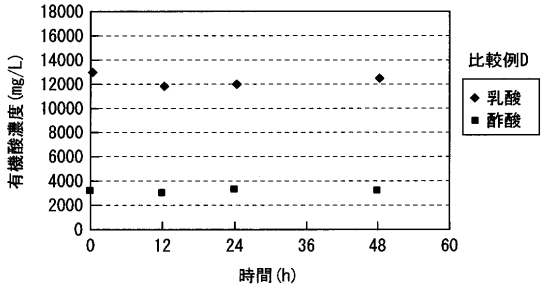
【 図 11 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
C 0 2 F 11/04 (2006.01)	C 0 2 F 11/02	
C 0 2 F 11/12 (2006.01)	C 0 2 F 11/04	A
C 1 2 P 5/02 (2006.01)	C 0 2 F 11/12	A
C 1 2 M 1/107 (2006.01)	C 1 2 P 5/02	
	C 1 2 M 1/107	

(72)発明者 湯 岳琴
 熊本県熊本市黒髪2丁目3番1号 国立大学法人 熊本大学内

(72)発明者 小池 洋潤
 東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内

Fターム(参考) 4B029 AA02 BB07 CC01 DA10 DB19
 4B064 AB03 AC03 CA06 CA21 CB07 CC30 CD23 CE01 DA16 DA20
 4D004 AA03 AA04 AA12 AC05 BA03 BA04 BA10 CA12 CA18 CA20
 CA42 CA47 CB04 CB05 CC07
 4D059 AA07 BA13 BA15 BA24 BA26 BD25 BD32 BK01 CA14 CC01
 DA47