

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3769734号
(P3769734)

(45) 発行日 平成18年4月26日(2006.4.26)

(24) 登録日 平成18年2月17日(2006.2.17)

(51) Int. Cl.		F I
C 1 3 D	1/08	(2006.01)
C 1 3 F	1/02	(2006.01)
B 0 1 D	3/00	(2006.01)

C 1 3 D	1/08
C 1 3 F	1/02
C 1 2 F	1/04

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2004-27016 (P2004-27016)	(73) 特許権者	000000055
(22) 出願日	平成16年2月3日(2004.2.3)		アサヒビール株式会社
(65) 公開番号	特開2004-321174 (P2004-321174A)		東京都中央区京橋3丁目7番1号
(43) 公開日	平成16年11月18日(2004.11.18)	(73) 特許権者	501203344
審査請求日	平成17年1月17日(2005.1.17)		独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構
(31) 優先権主張番号	特願2003-102534 (P2003-102534)		茨城県つくば市観音台3-1-1
(32) 優先日	平成15年4月7日(2003.4.7)	(74) 代理人	100082005
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 熊倉 禎男
早期審査対象出願		(74) 代理人	100084009
			弁理士 小川 信夫
		(74) 代理人	100084663
			弁理士 稲田 篤
		(74) 代理人	100093300
			弁理士 浅井 賢治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 砂糖及び有用物質を製造する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) サトウキビから搾汁及び搾り粕を生成する工程と、
 (b) 前記搾汁から砂糖及び廃糖蜜を生成する工程と、
 (c) 工程(a)及び(b)より得られる搾汁、廃糖蜜及び搾り粕を原料とする有用物質を生産する工程とを含むサトウキビから砂糖及び有用物質を製造する方法であって、
 前記サトウキビの庶茎部に15質量%以上の繊維分を含有し、かつ、単位面積当たりの乾物収量が40t/ha/year以上であり、
 前記搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから前記製造方法のすべての工程で必要とされるエネルギーの90%以上を得ることを特徴とする前記方法。

10

【請求項2】

単位面積当たりの乾物収量が65t/ha/year以上である、請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記工程(c)が工程(b)より得られる廃糖蜜からエタノールを生成する工程である、請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】

工程(b)において行われる砂糖の結晶化工程が2回以下である、請求項1～3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】

20

工程 (b) において行われる砂糖の結晶化工程が 1 回である、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから前記製造方法のすべての工程で必要とされる消費エネルギーの 95% 以上を得る請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はサトウキビから砂糖及び廃糖蜜を原料とするアルコール、プラスチック等を製造する方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

植物由来の燃料用エタノールは炭酸ガス増加を防ぐガソリン代替液体燃料として期待されている。植物由来のエタノールの製造に関して、従来からサトウキビを原料とする製造方法が知られている (図 1)。この方法では、搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから、エタノール製造で必要とされるほぼすべてのエネルギーを得ることができるという利点を有している。しかしながら、サトウキビをエタノール原料とした場合、砂糖生産と競合するため、現在の耕作面積でエタノールを作ると、食糧である砂糖生成量の減量を招くという問題がある。

一般に、サトウキビからの砂糖 (粗糖) の製造は図 2 に示す方法で生成される。ここで、砂糖の製造工程で副生される廃糖蜜を用いてエタノールを製造する方法も提案されている (図 3)。この方法では、通常繊維分含量が 10 ~ 12 質量% 程度のサトウキビを使用し、砂糖を製造しつつ、搾り粕を燃焼させて砂糖及びエタノール製造に必要なエネルギーを補っている。従って、上記の砂糖の減量という問題は解消されるが、搾り粕を燃焼して得られるエネルギーが少なく、これでは砂糖製造工程等で消費されるエネルギーを賄うことはできず、エネルギーの不足分を電力又は重油から得られるエネルギーで補う必要がある。さらに、廃糖蜜が少ないために得られるエタノール量も少ない。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従って、本発明は砂糖の減量を招くことなく、製造されるエタノール量を増大し、サトウキビからの砂糖及びエタノールの製造において排出される搾り粕を燃焼して得られるエネルギーにより、前記砂糖及びエタノールの製造工程等で消費されるエネルギーのほぼすべてを賄うことができる、サトウキビから砂糖及びエタノールを製造する方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記問題点に関して、本発明者らが鋭意検討した結果、サトウキビとして、特にサトウキビの蔗茎部に 15 質量% 以上の繊維分を含有するサトウキビを用いて製造方法を最適化することにより、砂糖生産及びエタノール生産を両立し、エネルギー的にも効率よく製造できることがわかった。本発明は、上記知見に基づいて完成されたものである。

40

すなわち、本発明は、

(a) サトウキビから搾汁及び搾り粕を生成する工程と、

(b) 前記搾汁から砂糖及び廃糖蜜を生成する工程と、

(c) 工程 (a) 及び (b) より得られる搾汁、廃糖蜜及び搾り粕を原料とするエネルギー及び有用物質を生産する工程とを含むサトウキビから砂糖及び有用物質を製造する方法であって、

前記サトウキビの蔗茎部に 15 質量% 以上の繊維分を含有し、かつ、単位面積当たりの乾物収量が 40 t / ha / year 以上であり、

前記搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから前記製造方法のすべての工程で必要とされるエネルギーの 90% 以上を得ることを特徴とする前記方法を提供する。

50

【発明の効果】

【0005】

本発明の製造方法は、搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから、本発明の製造工程のすべての工程で必要とされるほとんどのエネルギーを得ることができる。

また、砂糖生産量の減量を招くことなく有用物質、例えばエタノールを製造することができる。

サトウキビ原料から砂糖とエタノールとを単一のシステムで製造するために、砂糖及びエタノールをエネルギー的に効率よく製造することができる。

砂糖の結晶化回数を減らすことができるため、メイラード反応生成物の生成を低減することができる、その結果、着色を防止し、発酵阻害物質（フルフラール等）の生成を低減することができる。また、砂糖の結晶化回数を減らすことにより、従来廃糖蜜の発酵原料用途としての問題である糖に対する塩濃度の濃縮（特開昭7-59187号公報に記載される問題点）も低減でき、耐塩性を持たない発酵性微生物でも利用できるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

本発明の砂糖及びエタノールを製造する方法は、

- (a) サトウキビから搾汁及び搾り粕を生成する工程と、
- (b) 前記搾汁から砂糖及び廃糖蜜を生成する工程と、
- (c) 工程(a)及び(b)より得られる搾汁、廃糖蜜及び搾り粕を原料とするエネルギー及び有用物質を生産する工程とを含む。

サトウキビから搾汁及び搾り粕を準備する工程は、当業者に公知の方法、例えば圧搾工程により行うことができる。具体的には、刈り取ったサトウキビの蔗茎部をカッターで15～30cmに切断し、シュレッダーで細かく砕き、ミルロールで糖汁を搾り出す。搾出率をよくするために最終ロールに注水して95～97%の糖分を搾り出す。次いで、ジュースヒーターで80～100℃に加熱し、石灰混和槽において、石灰を添加して不純物を石灰塩として沈殿させ、上澄液を蒸発濃縮する。得られる搾汁は、主にスクロース、グルコース等を含む。また、搾り粕は、主にセルロース、ヘミセルロース、リグニン等を含む。

【0007】

本明細書において「サトウキビ」とは、一般にイネ科（Gramineae）、キビ亜科（Panicoideae）、オガルカヤ族（Andropogoneae）、サトウキビ属（*Saccharum* L.）に属する多年生草本で *Saccharum spontaneum* L.、*Saccharum officinarum* L.、*Saccharum robustum* Jeswiet、*Saccharum Barberi* Jeswiet、*Saccharum sinense* Roxb.、*Saccharum edule* の6種と、それら相互の種間雑種を言うが、さらに近縁属植物（*Miscanthus*属、*Sorghum*属、*Erianthus*属、*Ripidium*属等）との属間雑種で、可製糖（スクロース）を5%以上含有しているものを含む。なお、種間雑種、属間雑種は *Saccharum hybrids* と総称されている。本発明の製造方法で使用されるサトウキビは、サトウキビ属植物間の種間交雑、サトウキビ属植物と近縁属植物（*Sorghum*属、*Miscanthus*属、*Erianthus*属、*Ripidium*属等）との属間交雑、及びそれらの3系交雑によって作出された雑種のうち、温帯地域の畑地においてサトウキビの通常株出栽培法に従って1年間栽培した時に、サトウキビの蔗茎部の繊維分含有量が15質量%以上のものであり、好ましくは20～25質量%のものである。繊維分含有量が15質量%以上の場合には、上記搾り粕を燃焼して得られるエネルギー量から、本発明の製造方法のすべての工程で必要とされるエネルギーの90%以上を得ることができる。本発明の製造方法のすべての工程で必要とされるエネルギーの95%以上を得ることがより好ましく、特に100%を得るのがより好ましい。

【0008】

ここで、サトウキビの蔗茎部の繊維分含有量の測定は製糖化学便覧（日本分蜜糖工業会）に記載されている方法に準拠して行うことができる。例えば、以下の手順で繊維分含有量を測定できる。

- (1) サトウキビ（測定に用いるサンプル）の蔗茎部10本をシュレッダーで細断する

。

- (2) 細断したサンプルから500gを計り取る。
- (3) 油圧プレスで500gの上記サンプルを搾汁する。
- (4) 残差の質量(搾汁バガス重)を測定し、布袋に入れて乾燥機で乾燥させる。
- (5) 90で48時間以上乾燥させた後、乾燥後のバガス質量(乾燥バガス重)を測定する。
- (6) 下記式からバガス繊維重を算出する。

バガス繊維重 = 乾燥バガス重 - (搾汁バガス重 - 乾燥バガス重) × 搾汁 / (100 - 搾汁)

- (7) 次いで、下記式から繊維分含有量を算出する。

繊維分含有量 = バガス繊維重 / 500g × 100

10

【0009】

さらに、本発明の製造方法で使用されるサトウキビは、単位面積当たりの乾物収量が40t/ha/year以上の多収性品種である。このような収量であれば、製造される砂糖の減量を招くことはない。さらに砂糖及び有用物質、特にアルコールやプラスチックを効率よく製造するためには、単位面積当たりの乾物収量が65t/ha/year以上であることが好ましく、80t/ha/year以上であることがさらに好ましい。サトウキビの単位面積当たりの乾物収量は、例えば、以下の手順で測定できる。

- (1) 収穫したサトウキビの茎の中から生育が中庸なサンプル5本を選ぶ(できるだけ枯れ葉を落とさないようにサンプリングしてくる)。

- (2) 選んだ5本の茎すべての生重を枯れ葉や梢頭部をつけた状態で測定する。

20

- (3) 生重を測定した5本の茎をネットに詰めて、乾燥機で乾燥させる(時間はものによって変わってくるが、茎は乾燥しにくいので、搾り粕を乾燥させるよりも時間がかかる)。

- (4) 乾燥後、5本の茎の乾燥質量を測定する。

- (5) 下記式から乾物率を算出する。

乾物率 = 5本の茎の乾燥質量 / 5本の茎の生重 × 100

- (6) 単位面積当たりの収穫した全体の生重(枯れ葉、梢頭部含む)に乾物率を乗じて、単位面積当たりの乾物量を得る。

【0010】

本発明の製造方法で使用される上記サトウキビとしては、例えば本発明者らが育種・開発したサトウキビである95GA-27、S8-42、KRSp93-21及びKRSp93-30(杉本明、熱帯農業、46, Extra Issue 2, p49-50(2002))、S3-32、S3-10、SY480、SY435、SY478及び97S-133(杉本明、熱帯農業、45, Extra Issue 2, p57-58(2001))、及びS3-31(杉本明、熱帯農業、45, Extra Issue 2, p59-60(2001))等が挙げられる。これらのサトウキビの繊維分含量及び乾物収量を表1に示す。なお、表1には比較としてサトウキビの普及品種の平均値及び従来種(NCo310)についてのデータも併せて示す。

30

40

50

【 0 0 1 1 】

【表 1】

サトウキビ品種	乾物収量 (t / h a / y e a r)	繊維分含量 (質量 %)
9 5 G A - 2 7 ¹⁾	6 6 . 4	2 0 . 5
S 3 - 3 2 ²⁾	9 1 . 4	2 0 . 8
S 3 - 1 0 ²⁾	9 0 . 8	2 3
S Y 4 8 0 ²⁾	8 4 . 7	2 1 . 1
S Y 4 3 5 ²⁾	7 2	1 7 . 1
S Y 4 7 8 ²⁾	7 1 . 7	1 7 . 3
9 7 S - 1 3 3 ³⁾		1 9 . 1
S 3 - 3 1 ⁴⁾	7 3	1 5 . 7
S 8 - 4 2 ¹⁾	4 4 . 6	1 9 . 1
K R S p 9 3 - 2 1 ¹⁾	5 3 . 1	2 2 . 4
K R S p 9 3 - 3 0 ¹⁾	5 8 . 5	2 2 . 5
サトウキビ普及品種 (従来種 : N C o 3 1 0 、 N i F 5 、 N i F 8 、 N i 1 2 の平均値) ²⁾	1 7 . 0	1 2 . 0
N C o 3 1 0 (従来種) ⁴⁾	1 4 . 2	1 0 . 5

¹⁾ 3 反復乱塊法 (杉本明、熱帯農業 , 4 6 , Extra Issue 2 , p 4 9 - 5 0 (2 0 0 2)) 。

²⁾ 約 9 ヶ月栽培、反復なし (杉本明、熱帯農業 , 4 5 , Extra Issue 2 , p 5 7 - 5 8 (2 0 0 1)) 。

³⁾ 1 2 ヶ月栽培、反復なし (杉本明、熱帯農業 , 4 5 , Extra Issue 2 , p 5 7 - 5 8 (2 0 0 1)) 。

⁴⁾ 約 1 5 0 日栽培、反復なし (杉本明、熱帯農業 , 4 5 , Extra Issue 2 , p 5 9 - 6 0 (2 0 0 1)) 。

【 0 0 1 2 】

従来、砂糖製造に適したサトウキビとして奨励される品種は、蔗糖 (スクロース) 含量が多く、繊維分含量が少ない品種であった。しかしながら、本発明の製造方法においては、逆に砂糖製造には奨励されない繊維分含量の多い品種を原料として使用することによって、砂糖及び有用物質、特にアルコールやプラスチックの製造工程で必要とされるほぼすべてのエネルギーを繊維分から得ることができることを特徴としている。さらに、乾物収量の多い品種を原料として使用することで、砂糖生産量及び有用物質、特にアルコールやプラスチックの生産量を高めることができ、従って、本発明の製造方法は、砂糖及び有用物質、特にアルコールやプラスチックの生産性の向上と省エネルギーとを達成し、当該関連産業の発達に資する技術である。従来、我が国で品種として認められているサトウキビは、砂糖原料となる蔗糖 (スクロース) の含量が高く、生産性向上の為に、蔗茎部の繊維分含量が低い品種が多い。品種改良により作られた遺伝資源の中には、全体収量が多いが、蔗糖含量が少なく、繊維分含量が多いものがある。これらの中には、上記理由により、未だ品種として認められていないものがある。上記のような品種として未登録なサトウキビ遺伝資源を本システムで用いれば、生成搾り粕が多いため、製造工程で必要なエネルギーのすべてを搾り粕を燃焼して得ることができ、また全体収量増により蔗糖含量の少なさがカバーできる。本システムで用いるサトウキビとしては、蔗茎部の可製糖 (スクロース) が 7 質量 % 以上、かつ、全糖として 1 0 質量 % 以上含有しているものが好ましい。

【 0 0 1 3 】

10

20

30

40

50

前記搾汁から砂糖及び廃糖蜜を生成する工程は、当業者に公知の方法で、例えば砂糖を結晶化することにより行うことができる。具体的には、前記搾汁を少量ずつ（0.5～1kl）吸引減圧下で加熱濃縮を繰り返し、一定の大きさ以上の砂糖結晶を取り出す。遠心分離機で砂糖結晶と廃糖蜜とに分離する。本発明の粗糖及び廃糖蜜の製造方法の1つの例の製造フローを図4に示す。

前記砂糖の結晶化は2回以下であるのが好ましい。図5に示すように、砂糖の結晶化においては、回数を経ることによって得られる砂糖の量が減少し、エネルギー的にも効率が低下する。本発明においては、上述した特定のサトウキビを用いることによって、2回以下の砂糖の結晶化であっても製造される砂糖の減量を招くことなく、効率的にエタノールを製造することができる。さらに、結晶化回数に比例して増加するエタノール発酵阻害物質の抑制を図ることができる。本発明においては、前記砂糖の結晶化は1回とするのが好ましい。

【0014】

上記工程（a）及び（b）より得られる搾汁、廃糖蜜及び搾り粕を原料とするエネルギー及び有用物質を生産する工程は、当業者に公知の方法で行うことができる。ここで有用物質とは、糖質及び植物性セルロース分を原料とする燃料及び物質をいい、例えば、メタノール、エタノール、ブタノール等のアルコール、メタン、水素等の可燃性ガス、ポリ乳酸、ポリヒドロキシアルカノエート等の糖質を原料とする生分解性プラスチック及びアミノ酸、蛋白質等の微生物産生の機能性物質等が挙げられる。本発明の1つの実施態様において、前記廃糖蜜からエタノールを生成する工程は、当業者に公知の方法で行うことができる。エタノール製造方法としては、廃糖蜜に酵母などの発酵性微生物を作用させてエタノールを生産させる方法がよく行われている。また発酵方法については、発酵微生物と廃糖蜜を所定の割合で添加し発酵させる回分式、発酵性微生物を固定化後、廃糖蜜を連続供給し発酵させる連続式などある。さらに、生成したエタノールを精製分離する方法として、蒸留法、膜分離法が知られている。

例えば下記のような方法で行うことができる（図6及び7）。

- 1）発酵性微生物：日本醸造協会酵母、例えば協会7号（*Saccharomyces cerevisiae*）。
- 2）発酵方法：アルギン酸カルシウムゲルに酵母を固定化し、発酵温度10～20℃で行う。生成したエタノールは蒸留および膜分離処理により分離精製する。
- 3）培養液：廃糖蜜を糖濃度20%になるように希釈調整して用いる。

本発明の砂糖及びエタノールの製造方法の1つの例の概略を図8に示す。

【0015】

なお、工程のエネルギーを生成するために必要な搾り粕の量を超えて発生した余剰搾り粕については、当業者に公知な方法を用いて糖化することで、新たな発酵原料とすることができる。

搾り粕の糖化工程は、例えば酸による加水分解、セルラーゼ等の酵素による糖化、高温高圧水による加水分解等により行うことができる。具体的には、酸加水分解では、搾り粕を塩酸、硫酸等の酸に浸漬させて、搾り粕の主成分であるセルロースのグルコシド結合を開裂させることによりグルコースを得る。使用した酸は回収・再利用する。セルラーゼによる酵素糖化では、例えば搾り粕を粉碎し、アルカリ処理等により前処理した後、セルラーゼを作用させて搾り粕の主成分であるセルロースをグルコースに変換する。高温高圧水による加水分解では、例えば300℃以上の亜臨界、超臨界状態の高温高圧の水中に搾り粕を導入し、搾り粕の主成分であるセルロースを分解し、グルコースを得る。

【実施例】

【0016】

実施例1：砂糖及びエタノールの製造

（圧搾工程）

刈り取ったサトウキビ（97S-133）の蔗茎部をカッター（ナイフ13～72枚、375～675rpm）で15～30cmに切断し、シュレッダーで細裂化する。細裂化されたサトウキビを3本1組の4重（12本）又は5重（15本）のミルロールで圧搾し

10

20

30

40

50

、糖汁を搾り出す。搾出率をよくするために最終ロールに注水して95～97%の糖分を搾り出す。搾汁の糖度は $B \times 1.3 \sim 1.5$ である。次いで、ジュースヒーターで糖汁を80～100℃に加熱し(加熱面積 4 m^2)、石灰混和槽において、灰を添加して($\text{pH } 7.6 \sim 8.0$ 、 $0.07\% \text{ CaO}$ (対サトウキビ))、不純物を石灰塩として沈殿させ(上澄液は濃縮工程に送る)、オリバーフィルタ(回転数 6 rpm 、ケーキ量 $2 \sim 4\%$ (対サトウキビ)、水洗量:ケーキの 150% 、ケーキの糖分: $0.8 \sim 1.7\%$)で濾過して濾液を濃縮工程に送る。上澄液及び濾液を四重効用缶で、減圧化で連続的に蒸発濃縮を行い、搾汁を得る($B \times 60$)。

(結晶化工程)

砂糖晶析缶において、濃縮工程で得られた搾汁を少量ずつ($0.5 \sim 1\text{ kl}$)吸引減圧下で加熱濃縮を繰り返し、一定の大きさの砂糖結晶を取り出す($B \times 92 \sim 93$)。次いで、遠心分離機で一定量ずつ($200 \sim 400$ リットル)砂糖結晶と廃糖蜜とに分離する($1200 \sim 1500\text{ rpm}$ 、 $5 \sim 10$ 分間サイクル、下網8メッシュ上綱 0.35)。

(エタノール製造工程)

純粹分離した酵母菌株(日本醸造協会9号酵母)を前培養培地1(グルコース 2.0% (w/v)、Yeast Nitrogen Base(w/o :AA-AS) 0.17% (w/v)、硫酸アンモニウム 0.5% (w/v))を含む試験管に植菌し、 30°C で12時間振盪培養した(125 rpm)。次に、前培養培地2(グルコース 2.0% (w/v)、Yeast Extract 1.0% (w/v)、Bacto Peptone 2.0% (w/v))を含む坂口フラスコ(容量 500 ml)に $2 \times 10^6\text{ cells/ml}$ となるように酵母を植菌し、 30°C で6時間振盪培養し(125 rpm)、対数増殖期(4世代増殖後)の酵母を発酵用として採取した。

得られた酵母を $2 \times 10^7\text{ cells/ml}$ となるように植菌して三角フラスコ中の 500 ml 発酵用培地に移し、 30°C でエタノール発酵させた。結晶化工程で分離された廃糖蜜を糖濃度 10% (w/v)となるように調整し、発酵用培地とした。嫌気条件下で3日間静置し、発酵させた。発酵終了後は、発酵液を $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 孔径のメンブランフィルターで濾過した後、ガスクロマトグラフ法によりエタノール濃度を測定した。エタノール 4.5% (w/v)の発酵液が得られた。

【0017】

実施例2:多収性サトウキビ95GA-27と従来種(サトウキビ普及品種)から得られる生成物量及びエネルギー計算

多収性サトウキビ95GA-27と従来種(サトウキビ普及品種)から得られる粗糖及びエタノール生産量及びエネルギー生産量を結晶化回数を変えて計算した。実施例1～3は得られるバガスを全量燃焼した場合であり、実施例4～6は必要なエネルギー分だけバガスを燃焼し、残りのバガスは糖化後エタノール生産に使用した場合であり、比較例1～3は得られるバガスを全量燃焼した場合である。計算結果を表4に示す。

なお、それぞれの値は以下のようにして計算した。

(1)粗糖、エタノール及びバガス生産量

表2に示したデータを用いて、下記式に従って、粗糖、エタノール及びバガス生産量を計算した。

10

20

30

40

【 0 0 1 8 】
【 数 1 】

①粗糖生産量[t/ha]

$$= \text{サトウキビ単位収量[t/ha]} \times \frac{\text{可製糖率[\%]}}{100} \times \frac{\text{圧搾効率[\%]}}{100} \times \frac{100 - \text{清澄化ロス[\%]}}{100} \times \frac{\text{結晶化収率[\%]}}{100} \times \frac{100 - \text{遠心ロス[\%]}}{100}$$

②廃糖蜜中の可製糖量[t/ha]

$$= \text{サトウキビ単位収量[t/ha]} \times \frac{\text{可製糖率[\%]}}{100} \times \frac{\text{圧搾効率[\%]}}{100} \times \frac{100 - \text{清澄化ロス[\%]}}{100} \times \frac{100 - \text{結晶化収率[\%]}}{100} \times \frac{100 - \text{遠心ロス[\%]}}{100}$$

③廃糖蜜中の非可製糖量[t/ha]

$$= \text{サトウキビ単位収量[t/ha]} \times \frac{\text{非可製糖率[\%]}}{100} \times \frac{\text{圧搾効率[\%]}}{100} \times \frac{100 - \text{清澄化ロス[\%]}}{100} \times \frac{100 - \text{遠心ロス[\%]}}{100}$$

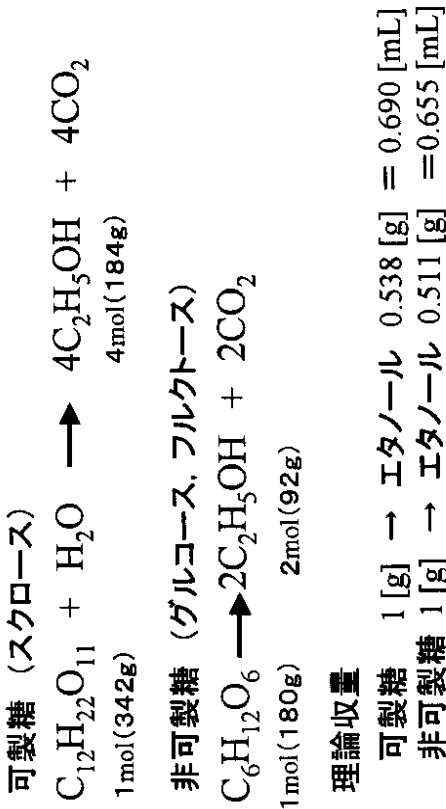
④エタノール生産量[KL/ha]

$$= (\text{廃糖蜜中可製糖量[t/ha]} \times 0.69[\text{KL/t}] + \text{廃糖蜜中非可製糖量[t/ha]} \times 0.655[\text{KL/t}]) \times \frac{\text{発酵効率[\%]}}{100}$$

⑤バガス生成量[t/ha]

$$= \text{サトウキビ単位収量[t/ha]} \times \frac{\text{繊維分含率[\%]}}{100} \times \frac{100}{100 - \text{水分含率[\%]}}$$

【 0 0 1 9 】
【 数 2 】



10

20

【 0 0 2 0 】
【 表 2 】

表 2 計算に使ったデータ

圧搾効率		9 5 %
清澄化ロス		1 . 5 %
結晶化収率	1 回	7 1 . 7 %
	2 回	8 7 . 5 %
	3 回	9 5 . 4 %
遠心分離ロス	可製糖	5 %
	非可製糖	1 0 %
発酵効率		9 5 %
バガス水分含率		5 0 %

30

【 0 0 2 1 】

40

(2) バガスの燃焼エネルギー

バガスの燃焼エネルギーは図 9 に示す理論的考察に基づいて計算した。得られたバガスの燃焼エネルギーは、蒸気量に関して、バガス 1 トン当たり 1 . 8 5 トンであり、発電量に関して、バガス 1 トン当たり 7 4 k W h である。

(3) 粗糖製造に必要なエネルギー

粗糖製造に必要な蒸気量は、「平成 1 3 / 1 4 年 期 さとうきび及び甘し ゃ糖生産実績」(沖縄県農林水産部) の 8 0 ページの表のバガスと重油の燃料消費量から上記バガスの燃焼エネルギーの考察に基づいて、原料 1 トン当たりの蒸気量として求めた。また、粗糖製造に必要な発電量は、「原料糖製造法」(山根 獄雄著、精糖技術研究会発行) の 4 3 ページに記載のデータに基づいて決定した。さらに、結晶化回数を 1 回及び 2 回に減らした

50

ときの蒸気量及び発電量を、「原料糖製造法」(山根嶽雄著、精糖技術研究会発行)の41～43ページの表2・1及び表2・3に示すデータに基づいて計算した。すなわち、結晶化に係する「煎糖、助晶、分蜜」の部分のエネルギーを3分割して回数によって配分して計算した。得られた粗糖製造に必要な蒸気量及び発電量を表3に示す。

【0022】

【表3】

表3 粗糖製造に必要なエネルギー

	必要蒸気量 [t-蒸気/t-甘蔗]	必要電力量 [kWh/t-甘蔗]
3回結晶化	0.470	18.0
2回結晶化	0.418	16.7
1回結晶化	0.366	15.4

10

【0023】

(4) エタノール製造に必要なエネルギー

エタノール製造に必要な蒸気量及び発電量は、精糖産業の副産物-産業利用への導入-(日本分蜜糖工業会編)の262ページの表11に示される製造データB、C及びDの平均から求めた。得られたエネルギーは、蒸気量に関して、エタノール1kL当たり5.38トンであり、発電量に関して、エタノール1kL当たり120kWhである。

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

【 表 4 】

	さとうきび品種 結晶化回数	実施例1			実施例2			実施例3			実施例4			実施例5			実施例6			比較例1			比較例2			比較例3			
		95GA27			95GA27			95GA27			95GA27			95GA27			95GA27			95GA27			95GA27			95GA27			
		(3回結晶化)	(2回結晶化)	(1回結晶化)	(3回結晶化)	(2回結晶化)	(1回結晶化)	(3回結晶化)	(2回結晶化)	(1回結晶化)	(3回結晶化)	(2回結晶化)	(1回結晶化)	(3回結晶化)	(2回結晶化)	(1回結晶化)	(3回結晶化)	(2回結晶化)	(1回結晶化)	(3回結晶化)	(2回結晶化)	(1回結晶化)	(3回結晶化)	(2回結晶化)	(1回結晶化)	(3回結晶化)	(2回結晶化)	(1回結晶化)	
さとうきび品種 の品種特性	粗糖結晶化収率	[%]	95.4	87.5	71.7	95.4	87.5	71.7	95.4	87.5	71.7	95.4	87.5	71.7	95.4	87.5	71.7	95.4	87.5	71.7	95.4	87.5	71.7	95.4	87.5	71.7	95.4	87.5	71.7
	単位収量	[t/ha]		162.5									162.5											64.7					
	乾物収量	[dry-t/ha]		66.4									66.4											26.4 ^{*1}					
	可製糖率	[%]		8.8									8.8											13.3					
	非可製糖率	[%]		3.6									3.6											3.6 ^{*2}					
最終生産物量	繰繰分率	[%]		20.5									20.5											13.3					
	粗糖生産量	[t/ha]	12.13	11.12	9.11	12.13	11.12	9.11	12.13	11.12	9.11	12.13	11.12	9.11	12.13	11.12	9.11	12.13	11.12	9.11	12.13	11.12	9.11	12.13	11.12	9.11	12.13	11.12	9.11
	エタノール生産量	[kL/ha]	3.47	4.16	5.55	3.47	4.16	5.55	3.47	4.16	5.55	3.47	4.16	5.55	3.47	4.16	5.55	3.47	4.16	5.55	3.47	4.16	5.55	3.47	4.16	5.55	3.47	4.16	5.55
	バガス生産量(燃焼量)	[t/ha]		66.63									66.63											54.18					17.21
	バガス燃焼による発生蒸気量	[t/ha]		123.26									123.26											100.23					31.84
蒸気使用量	バガス燃焼発電量	[kWh/ha]		4930								4930											4009					1274	
	粗糖生産	[t/ha]	76.38	67.93	59.48	76.38	67.93	59.48	76.38	67.93	59.48	76.38	67.93	59.48	76.38	67.93	59.48	76.38	67.93	59.48	76.38	67.93	59.48	76.38	67.93	59.48	76.38	67.93	59.48
	エタノール製造	[t/ha]	18.66	22.39	29.85	18.66	22.39	29.85	18.66	22.39	29.85	18.66	22.39	29.85	18.66	22.39	29.85	18.66	22.39	29.85	18.66	22.39	29.85	18.66	22.39	29.85	18.66	22.39	29.85
	粗糖生産	[kWh/ha]	2925	2714	2503	2925	2714	2503	2925	2714	2503	2925	2714	2503	2925	2714	2503	2925	2714	2503	2925	2714	2503	2925	2714	2503	2925	2714	2503
	エタノール製造	[kWh/ha]	416	499	686	416	499	686	416	499	686	416	499	686	416	499	686	416	499	686	416	499	686	416	499	686	416	499	686
バガス燃焼 エネルギー 貢献率	総消費エネルギーに占める バガス蒸気貢献率	[%]	130	136	138	130	136	138	130	136	138	130	136	138	130	136	138	130	136	138	130	136	138	130	136	138	130	136	138
	総消費エネルギーに占める バガス蒸気貢献率	[%]	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156
	総消費エネルギーに占める バガス蒸気貢献率	[%]	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156
	総消費エネルギーに占める バガス蒸気貢献率	[%]	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156
	総消費エネルギーに占める バガス蒸気貢献率	[%]	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156	148	153	156

*1 95GA-27の乾物収量/単位収量の比の値と同等として算出した。

*2 95GA-27と同等とみなした。

【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

表 4 から分かるように、本発明の方法を用いることで、従来法に比べエタノール生産量が大きく増加しており、さらに従来法では、バガスの燃焼エネルギーから粗糖製造及びエタノール製造に必要なエネルギーのすべてを得ることはできなかったが、本発明の方法を用いることで、バガスの燃焼エネルギーから粗糖製造及びエタノール製造に必要な蒸気量及び発電量のすべてを得ることができる。

【 0 0 2 6 】

実施例 3：多収性サトウキビ 9 5 G A - 2 7 を用いた粗糖及び廃糖蜜の製造（ラボスケール）

（ 1 ）サトウキビの圧搾・搾汁の清澄化

収穫後のサトウキビ（ 9 5 G A - 2 7 ）の蔗茎部約 3 k g をシュレッダーで裁断後、4 重ミルロールで圧搾し、搾汁 2 L（糖度 $Bx = 15.2$ ）を得た。搾汁を 3 L 三角フラスコに移し、ウォーターバスにて 7 0 °C まで加熱した後、1.00 g（搾汁重量に対して 0.05 %）の $Ca(OH)_2$ を添加して 3 0 分間攪拌することにより不純物を沈殿させた。次いで、アングルロータ型遠心分離機にて 8 0 0 0 r p m で 1 0 分間遠心分離し、上澄みの清澄化搾汁と沈殿物を分離した。

（ 2 ）清澄化搾汁の濃縮・結晶化

上記で得られた清澄化搾汁を 3 L 容のロータリーエバポレーターにてフラスコ内温 5 0 °C の吸引減圧下（ 7 0 ~ 1 1 0 m m H g ）で約 4 時間濃縮し（蒸発水分量 1 7 0 0 m L ）、約 3 0 0 m L の濃縮シラップ（ $Bx = 80.0$ ）を得た。

（ 3 ）濃縮シラップの結晶化

濃縮シラップに、種結晶として市販グラニュー糖（粒径 2 5 0 ~ 5 0 0 μm ）5 0 g を添加し、フラスコ内温 5 0 °C の吸引減圧下（ 1 2 0 m m H g ）で約 4 時間結晶化させた。

（ 4 ）粗糖と糖蜜の分離

上記で結晶化させた糖及び糖蜜の混合物を、5 0 ~ 1 0 0 μm メッシュの濾布を用いた有孔壁型遠心分離機にて 3 0 0 0 r p m 2 0 分間遠心分離し、結晶化糖（一番糖）と糖蜜（一番蜜）に分離した。回収した一番糖は一晩乾燥・放冷後、秤量し、種結晶添加量を差し引いて収量とした。

（ 5 ）糖蜜の再結晶化

上記で得られた糖蜜（一番蜜）に注水し、 $Bx = 80$ に合わせた後（ 3 ）及び（ 4 ）の作業を繰り返して二番糖及び二番蜜を得た。更にもう一度注水した後（ 3 ）及び（ 4 ）の作業を繰り返して三番糖及び三番蜜（廃糖蜜）を得た。結晶化回数と粗糖収率の関係を図 1 0 に示す。

図 1 0 から明らかなように、粗糖収率は一番糖で約 7 0 % であり、一番糖と二番糖を合わせると約 9 0 % となる。

【 0 0 2 7 】

上記で得られた糖蜜（一番蜜、二番蜜）について、蔗糖残存率並びに発酵阻害物質である H M F（ヒドロキシメチルフルフラール）の生成量及び色度を測定し、従来法での廃糖蜜（三番蜜）と比較した。蔗糖残存率は、実施例 1 の濃縮シロップに含まれる蔗糖量を 1 0 0 % として、各結晶化糖の収率を減じて算出した。H M F については、「シュガーハンドブック」（浜口栄次郎，桜井芳人監修、朝倉書店、1 9 6 4）の 6 8 2 ページに記載の方法（波長 2 8 4 μm の吸光度と波長 2 4 5 μm の吸光度の差を濃度既知の検量線から求める方法）で行った。色度は水に 3 0 倍希釈した後、石英セルに入れ、比色計（E B C）を用いて測定した。結果を図 1 1 及び図 1 2 に示す。

図 1 1 から結晶化回数が少ない方が蔗糖残存率が高く、これらをエタノール発酵原料とした場合にエタノール収量が多くなることが分かる。

また、図 1 2 から結晶化回数が少ない方が発酵阻害物質 H M F 生成量及び色度が低下する。すなわち、結晶化回数の少ない糖蜜を使う方が良好な発酵を示し、且つ、製造後の排水の着色の問題が軽減されることが分かる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

10

20

30

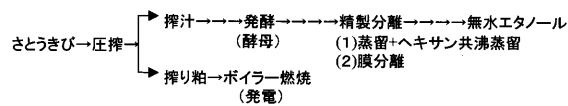
40

50

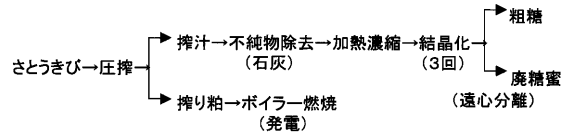
- 【図1】サトウキビからエタノールを製造する方法の概略である。
 【図2】サトウキビから砂糖を製造する方法の概略である。
 【図3】廃糖蜜からエタノールを製造する方法の概略である。
 【図4】本発明の粗糖及び廃糖蜜の製造方法の1つの例の製造フローを示す。
 【図5】砂糖の結晶化のマスバランスを示す。
 【図6】エタノールの製造方法の1つの例の概略である。
 【図7】エタノールの製造方法の1つの例の製造フローを示す。
 【図8】本発明の砂糖及びエタノールの製造方法の1つの例の概略である。
 【図9】バガスの燃焼エネルギーの計算方法を示す。
 【図10】結晶化回数と粗糖収量及び収率との関係を示すグラフである。
 【図11】糖蜜中の蔗糖残存率を示すグラフである。
 【図12】糖蜜中のHMF及び色度を示すグラフである。

10

【図1】



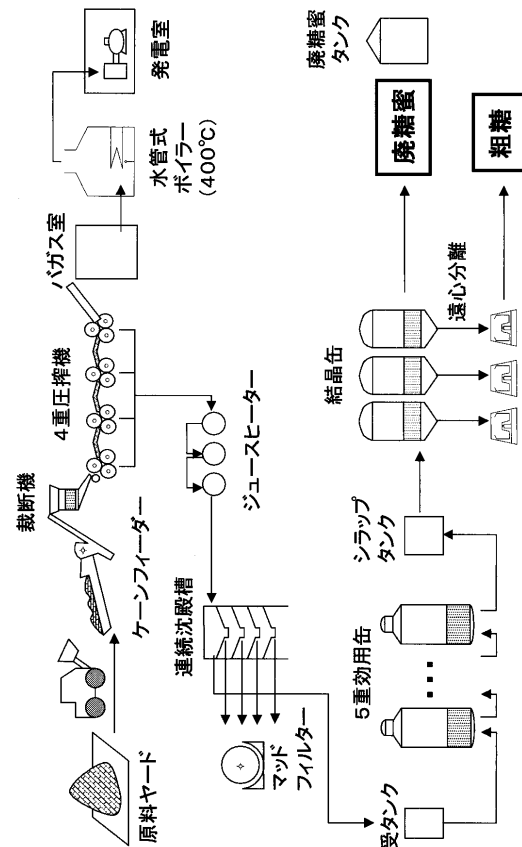
【図2】



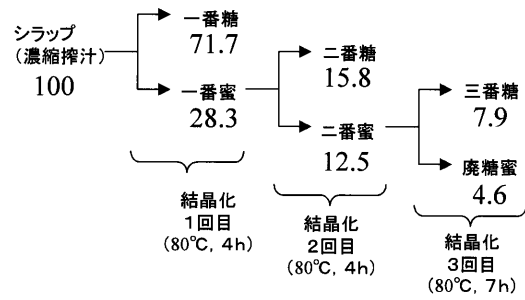
【図3】

廃糖蜜 → 発酵 → 精製分離 → 無水エタノール

【図4】

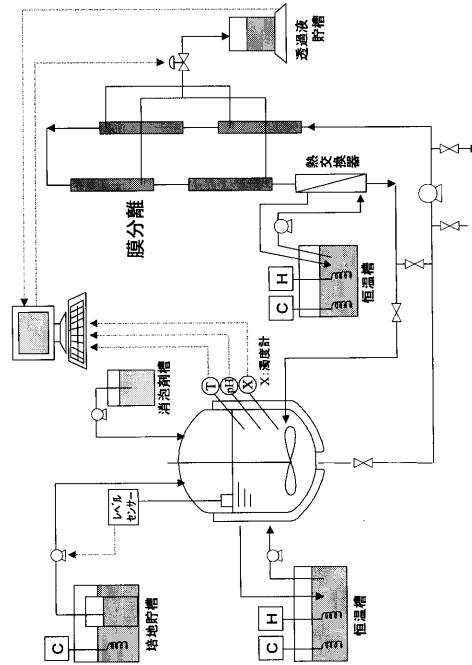


【図 5】

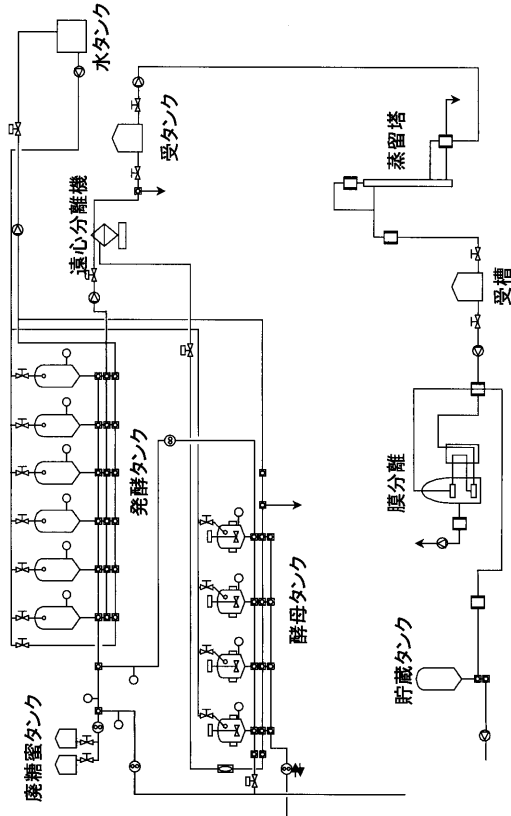


※シラップ中の純糖量を100とする

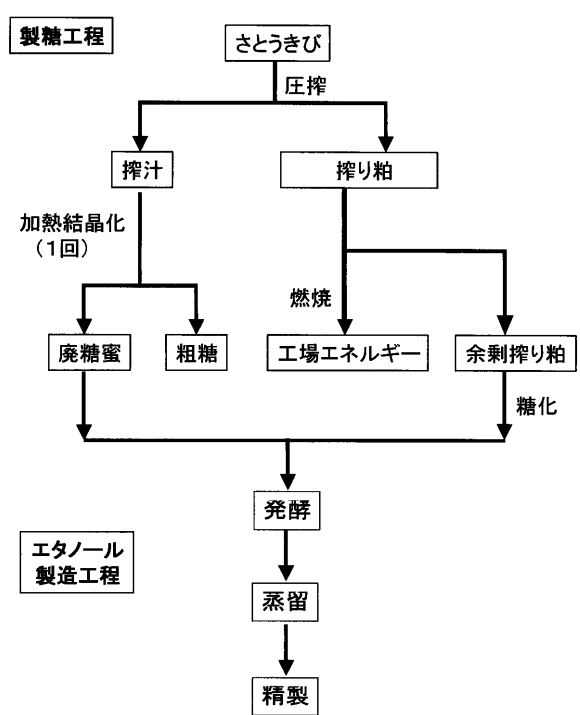
【図 6】



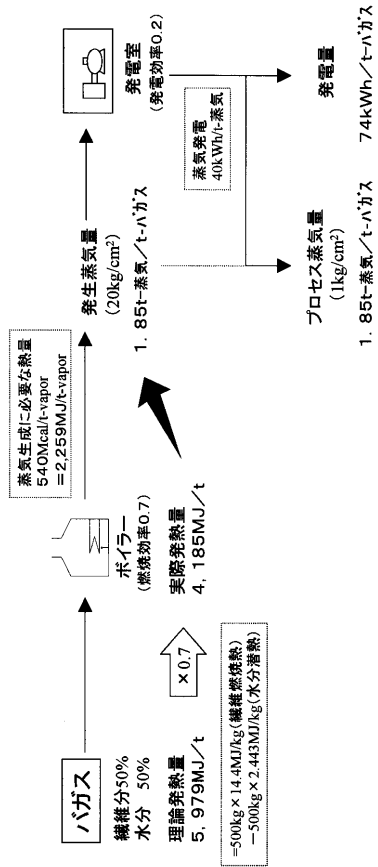
【図 7】



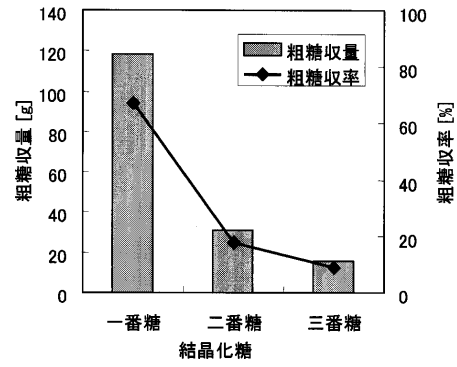
【図 8】



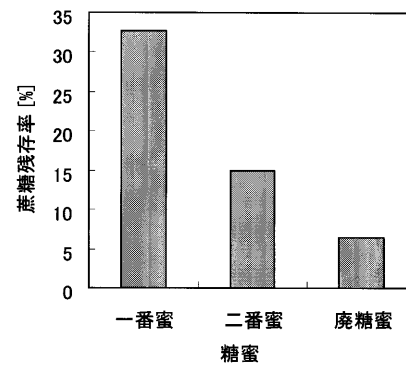
【図 9】



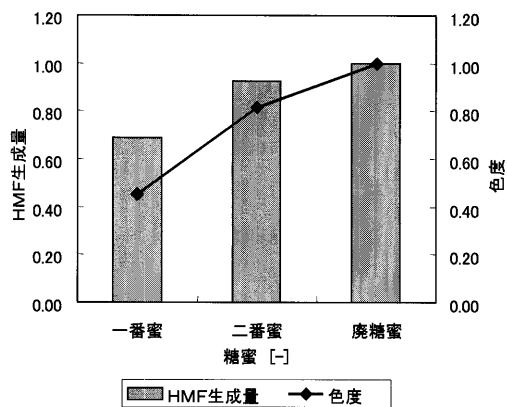
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (74)代理人 100114007
弁理士 平山 孝二
- (74)代理人 100119013
弁理士 山崎 一夫
- (72)発明者 小原 聡
茨城県守谷市緑 1 - 1 - 2 1 アサヒビール株式会社 技術開発研究所内
- (72)発明者 富野 義孝
茨城県守谷市緑 1 - 1 - 2 1 アサヒビール株式会社 技術開発研究所内
- (72)発明者 杉本 明
鹿児島県西之表市安納 1 7 4 2 - 1 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構 九州沖縄
農業研究センター 作物機能開発部 さとうきび育種研究室内
- (72)発明者 氏原 邦博
鹿児島県西之表市安納 1 7 4 2 - 1 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構 九州沖縄
農業研究センター 作物機能開発部 さとうきび育種研究室内
- (72)発明者 寺島 義文
鹿児島県西之表市安納 1 7 4 2 - 1 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構 九州沖縄
農業研究センター 作物機能開発部 さとうきび育種研究室内

審査官 村上 騎見高

- (56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 1 0 4 0 0 0 (J P , A)
特開平 2 - 2 6 8 6 7 5 (J P , A)
特開昭 5 7 - 1 7 7 6 9 5 (J P , A)
特表平 1 1 - 5 0 0 0 0 5 (J P , A)
特表平 9 - 5 1 1 6 5 1 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 2 5 6 7 0 (J P , A)
高田明和他監修, 砂糖百科, 社団法人糖業協会, 2 0 0 3 年 3 月 3 1 日, 第 1 版, p . 2 0 2
- 2 0 9

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 1 3 D 1 / 0 0 - 3 / 0 0
C 1 3 F 1 / 0 0 - 1 / 1 2
C 1 2 P 7 / 0 6 - 7 / 1 4
A 0 1 H 5 / 0 0