



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1950514 B

(45) 授权公告日 2010.05.05

(21) 申请号 200580013778.5

(22) 申请日 2005.03.10

(30) 优先权数据

60/552,108 2004.03.10 US

60/614,916 2004.09.30 US

60/615,155 2004.10.01 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.10.30

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/008156 2005.03.10

(87) PCT申请的公布数据

W02005/087938 EN 2005.09.22

(73) 专利权人 布罗因联合公司

地址 美国南达科他

(72) 发明人 S·M·刘易斯

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 罗菊华

(51) Int. Cl.

C12P 7/06 (2006.01)

(56) 对比文件

US 5688674 A, 1997.11.18, 全文.

US 4511196 A, 1985.04.30, 全文.

冷云伟等. 玉米酒精生产中原料处理方法的探讨. 彭城大学学报 11 1.1996, 2(116), 全文.

刘大杰等. 无蒸煮酒精发酵中降低糖化酶用量的途径及措施. 酿酒科技 2 116.2003, 2(116), 全文.

审查员 唐慧

权利要求书 2 页 说明书 22 页 附图 4 页

(54) 发明名称

使用生淀粉和分级分离来生产乙醇的方法和系统

(57) 摘要

本发明涉及在植物材料的发酵过程中生产高水平醇的方法,以及生产的高醇啤酒。本方法可以包括植物材料的分级分离。本发明还涉及从植物材料的发酵来生产高蛋白干酒糟 (Distiller's Dried Grain) 的方法,以及涉及产生的高蛋白干酒糟。本方法可以包括通过环形干燥、急骤干燥、或流化床干燥来干燥联产品。本发明还涉及在乙醇生产中减少来自干燥蒸馏产品的烟气排放。

1. 一种从玉米生产乙醇的方法,包括:
分级分离该玉米;
粉碎该分级分离的玉米以产生含有淀粉的材料;粉碎的玉米具有的粒径使得至少50%的颗粒合适通过0.1-0.5mm筛孔的筛子;
用酶组合物不经蒸煮来糖化该淀粉;
发酵该糖化的淀粉。
2. 权利要求1的方法,包括降低发酵混合物的温度;以及从发酵物中回收乙醇和酒糟水以及干酒糟。
3. 权利要求1或2的方法,其中所述玉米包含高支链淀粉。
4. 权利要求1或2的方法,包括利用锤磨机、轧制机或锤磨机和轧制机来粉碎玉米。
5. 权利要求1或2的方法,包括利用粒度减小乳化技术来粉碎玉米。
6. 权利要求1的方法,包括同时糖化和发酵。
7. 权利要求1或6的方法,包括在糖化期间降低温度。
8. 权利要求1或6的方法,包括在25-40℃的温度下进行糖化、发酵、或同时糖化和发酵。
9. 权利要求1或6的方法,包括在糖化、发酵或同时糖化和发酵期间将温度从40℃降至25℃。
10. 权利要求1或6的方法,包括在3.0至6.0的pH下进行糖化、发酵、或同时糖化和发酵。
11. 权利要求10的方法,其中在发酵填料开始时pH为4至4.5。
12. 权利要求1或6的方法,包括在糖化、发酵、或同时糖化和发酵期间将pH值从4提高至5.3。
13. 权利要求1、6或11的方法,包括在糖化、发酵、或同时糖化和发酵期间将固形物含量从40%降低至15%。
14. 权利要求1、6或11的方法,其中酶组合物包含 α -淀粉酶、葡糖淀粉酶、蛋白酶、或它们的混合物。
15. 权利要求1、6或11的方法,其中糖化、发酵、或同时糖化和发酵包括添加回糟。
16. 权利要求1、6或11的方法,包括在发酵期间维持葡萄糖浓度小于3wt%。
17. 权利要求1、6或11的方法,包括使用每克干固形粉碎玉米0.1至10酸性真菌淀粉酶单位(AFAU)来进行糖化、发酵或糖化和发酵。
18. 权利要求17的方法,包括使用每克干固形粉碎玉米0.1至6葡糖淀粉酶单位(AGU)来进行糖化、发酵、或糖化和发酵。
19. 权利要求1、6、11或18的方法,包括以在水中25至45wt%的粉碎玉米开始糖化、发酵、或糖化和发酵。
20. 权利要求19的方法,其中在48至96小时的时间内产生高于18vol%的乙醇。
21. 权利要求1、6、11或18的方法,进一步包括从发酵物中回收固形物。
22. 权利要求21的方法,其中所述固形物包含干酒糟。
23. 权利要求22的方法,其中干酒糟包含至少30%的蛋白质。
24. 权利要求23的方法,其中干酒糟包含30-38wt%的蛋白质,11-19wt%的脂肪,

25-37wt%的纤维。

25. 权利要求 1、6、11、18、22、23 或 24 的方法,包括分批工艺。

26. 权利要求 1、6、11、18、22、23 或 24 的方法,包括连续工艺。

27. 一种从玉米生产乙醇的方法,包括:

分级分离该玉米;

粉碎该玉米使得至少 50%的颗粒合适通过 0.1-0.5mm 筛孔的筛子,以产生含有淀粉的材料;

用包含酸性真菌淀粉酶的酶组合物不经蒸煮来糖化该淀粉;

发酵该经孵育的淀粉以产生包含至少 18vo 1%乙醇的组合物;

从发酵物中回收乙醇。

28. 权利要求 1、6、11、18、22、23、24 或 27 的方法,其中,通过环形干燥、急骤干燥、或流化床干燥来干燥酒糟水和干酒糟。

29. 通过权利要求 1-28 中任一项所述方法获得的包含至少 40wt%蛋白质的干酒糟。

使用生淀粉和分级分离来生产乙醇的方法和系统

[0001] 本申请作为一件 PCT 国际专利申请于 2005 年 3 月 10 日提交,对于除美国以外的所有国家指定的申请人是 Broin and Associates, Inc., 其为一家美国国营企业,并且将 Steven M. Lewis, 一个美国公民,指定作为仅仅针对美国的申请人,并要求美国临时申请序列号 Nos. 60/552, 108(于 2004 年 3 月 10 日提交);Nos. 60/614, 916(于 2004 年 9 月 30 日提交);以及 Nos. 60/615, 155(于 2004 年 10 月 1 日提交)的优先权。

发明领域

[0002] 本发明涉及在植物材料的发酵过程中生产高水平醇的方法,以及生产的高醇发酵醪。本方法可以包括植物材料的分级分离。本发明还涉及从植物材料的发酵来生产高蛋白干酒糟 (Distiller's Dried Grain) 的方法,以及涉及生产得到的高蛋白干酒糟。本方法可以包括通过环形干燥 (ring drying)、急骤干燥 (flash drying)、或流化床干燥来干燥联产品。本发明进一步涉及在乙醇生产中减少来自干燥蒸馏产品的烟气排放。

[0003] 发明背景

[0004] 已有许多传统的利用植物材料转化生产乙醇的方法。但是,这些方法具有许多缺陷。还需要另外的更有效的将植物材料转化成乙醇以及生产改良的发酵产品的方法。

[0005] 发明概述

[0006] 本发明涉及在植物材料的发酵过程中生产高水平醇的方法,以及涉及生产的高醇发酵醪。本方法可以包括植物材料的分级分离。本发明还涉及从植物材料的发酵来生产高蛋白干酒糟的方法,以及涉及生产得到的高蛋白干酒糟。本方法可以包括通过环形干燥、急骤干燥、或流化床干燥来干燥联产品。

[0007] 在一个实施方案中,本发明涉及从植物材料(例如,经分级分离的植物材料)生产乙醇的方法。该方法包括分级分离植物材料;研磨植物材料(例如,经分级分离的植物材料)以产生包括淀粉的碾碎的植物材料(如,经分级分离的植物材料);不经蒸煮而糖化淀粉;发酵此孵育的淀粉;和从发酵物中回收乙醇。本发明方法可以包括在发酵期间改变温度。本发明方法可以包括使用一定颗粒大小的植物材料(例如,经分级分离的植物材料),其中所述颗粒大小使得超过 50% 的材料在大小上合适通过具有 0.5mm 网孔的筛子。本发明方法可生产包括至少 18% 体积乙醇的组合物。

[0008] 在一个实施方案中,本发明涉及从植物材料(例如,经分级分离的植物材料)生产高蛋白干酒糟的方法。该方法包括分级分离植物材料;研磨植物材料(例如,分级分离的植物材料)以生产包括淀粉的碾碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料);不经蒸煮而从淀粉产生糖;发酵该不经蒸煮的糖以生产包括乙醇的组合物;以及从发酵物中回收干酒糟。干酒糟可以包括至少约 30% 的蛋白质。干酒糟可以包括增加的玉米醇溶蛋白水平。

[0009] 在一个实施方案中,本发明涉及从玉米生产乙醇的方法。该方法包括从玉米生产淀粉以及从淀粉生产乙醇;产生比常规技术含有明显更低水平的挥发性有机化合物的更干燥的烟气排放。

[0010] 附图的简要说明

[0011] 图 1 图解说明了根据本发明的一个实施方案的发酵系统。

[0012] 图 2A 至 2C 图解说明了本发明方法提高了利用干磨 (dry milling) 分级分离处理产生的玉米级分进行发酵的效率。

[0013] 图 3A 至 3C 图解说明了本发明方法提高了利用干磨分级分离处理产生的玉米级分进行发酵的效率。

[0014] 发明详述

[0015] 如此处所使用的, 短语“不经蒸煮”指不进行使淀粉糊化和糊精化的热处理而利用 α -淀粉酶将淀粉转化为乙醇的方法。通常, 对于本发明的方法, “不经蒸煮”指维持温度在淀粉糊化温度以下, 从而由天然不溶性生淀粉直接发生糖化作用生成可溶性葡萄糖而绕过常规的淀粉糊化条件。根据淀粉来源和聚合物类型, 淀粉糊化温度一般在 57°C 至 93°C 范围内。在本发明的方法中, 利用常规液化技术进行淀粉糊精化对于谷物中碳水化合物的有效发酵并不是必需的。

[0016] 如此处使用的, 短语“植物材料”指任何植物的全部或一部分 (例如, 谷物谷粒), 典型的是包含淀粉的材料。合适的植物材料包括谷物如玉蜀黍 (玉米, 例如, 完整的磨碎的玉米)、高粱 (西非高粱 (milo))、大麦、小麦、黑麦、稻和黍; 以及含淀粉的块根作物、块茎或根如甘薯和木薯。植物材料可以是上述材料的混合物以及上述材料的联产品, 例如, 玉米纤维、玉米穗轴、秸秆或其他包含纤维素和半纤维素的材料如木材或植物残余物。合适的植物材料包括玉米, 或标准玉米或蜡质种玉米。

[0017] 如此处使用的, 短语“分级分离的植物材料”指仅包括整个植物的一部分或者一个级分的植物材料, 典型的是包含淀粉的材料。分级分离的植物材料可以包括分级分离的谷物例如分级分离的玉米 (maize) (分级分离的玉米 (fractionated corn)), 分级分离的高粱 (分级分离的西非高粱 (milo)), 分级分离的大麦, 分级分离的小麦, 分级分离的黑麦, 分级分离的稻, 以及分级分离的粟; 以及分级分离的含淀粉的块根作物, 块茎或根如分级分离的甘薯和分级分离的木薯。合适的分级分离的植物材料包括分级分离的玉米, 或分级分离的标准玉米或分级分离的蜡质种玉米。

[0018] 如此处使用的, 术语“糖化作用”和“糖化”指将淀粉转化为较小的多糖并最终转化为单糖, 如葡萄糖的过程。传统的糖化通过糊化后的淀粉的液化来生产可溶的糊精化底物, 该底物被葡糖淀粉酶水解为葡萄糖。本发明方法中, 糖化作用指用酶, 例如葡糖淀粉酶和酸性真菌淀粉酶 (AFAU), 将生淀粉转化为葡萄糖。按照本发明方法, 生淀粉不经过常规的液化和糊化来产生常规的糊精化底物。

[0019] 如此处使用的, 酸性真菌淀粉酶活性单位 (AFAU) 是指用来度量酸性真菌淀粉酶活性的标准 Novozymes 单位。该 Novozymes 单位在 Novozymes technical bulletin SOP No. :EB-SM-0259.02/01 中进行了描述。上述单位可通过碘滴定检测淀粉降解的产物而测定。1 单位定义为在标准条件下每小时降解 5.260mg 淀粉干物质的酶量。

[0020] 如此处使用, 葡糖淀粉酶活性单位 (GAU) 是指用来度量葡糖淀粉酶活性的标准 Novozymes 单位。此 Novozymes 单位和用于检测葡糖淀粉酶活性的测定法在公众可得的 Novozymes technical bulletin 中进行了描述。

[0021] 如此处使用的, 淀粉葡萄糖苷酶活性单位 (AGU) 是指用来度量淀粉葡萄糖苷酶活性的标准 Novozymes 单位。该 Novozymes 单位在 Novozymes technical bulletin SOP

No. :EB-SM-0131.02/01 中进行了描述。上述单位可通过检测麦芽糖向葡萄糖的转化而测定。可利用葡糖脱氢酶反应测定葡萄糖。1 单位定义为在给定条件下每分钟催化 1mmol 麦芽糖转化的酶量。

[0022] 如此处使用的,修饰任何量的术语“大约”指在生产糖和乙醇的实际条件中,例如在实验室、试验工厂或生产设备中所出现的量的改变。例如,混合物中所用组分的量当被“大约”进行修饰时包括在乙醇生产工厂或实验室中测量时典型使用的偏差和注意程度。例如,产物中组分的量当被“大约”进行修饰时包括乙醇生产工厂或实验室中批次间的偏差以及分析方法内在的偏差。不管是否以“大约”进行修饰,所述量包括那些量的等同值。此处所述的以及经“大约”修饰的任何量也可以作为不经“大约”修饰的量而用于本发明中。

[0023] 淀粉转化为乙醇

[0024] 本发明涉及在植物材料(例如,经分级分离的植物材料)发酵期间产生高水平醇的方法,以及涉及生产的高醇发酵醪。本发明还涉及从植物材料(例如,经分级分离的植物材料)的发酵中生产高蛋白干酒糟的方法,以及涉及生产的高蛋白干酒糟和更干净更干燥的烟气排放。

[0025] 本发明方法将来自植物材料(例如,经分级分离的植物材料)的淀粉转化为乙醇。在一个实施方案中,本发明方法可包括制备用于糖化作用的植物材料(例如,分级分离的植物材料)、不经蒸煮的情况下将制备的植物材料(例如,分级分离的植物材料)转化为糖,以及发酵该糖。

[0026] 可经任意的多种方法,例如经研磨,以使淀粉可以用于糖化作用和发酵,而制备用于糖化作用的植物材料(例如,分级分离的植物材料)。在一个实施方案中,可研磨植物性(Vegetable)材料以使磨后的材料的相当大部分,例如大部分在大小上通过具有 0.1-0.5mm 筛孔的筛子。例如,在一个实施方案中,研磨后的植物性(vegetable)材料的大约 70%或更多可通过具有 0.1-0.5mm 筛孔的筛子。在一个实施方案中,粉碎的植物材料(reduced plant material)(例如,分级分离的植物材料)可以与液体按照大约 20 至大约 50wt%或大约 25 至大约 45wt%粉碎的干植物材料(例如,分级分离的植物材料)的比率混合。

[0027] 本发明方法可以包括将粉碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料)转化为可使用微生物如酵母进行发酵的糖。可用酶制剂,如糖化酶组合物糖化此粉碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料)来进行该转化。糖化酶组合物可包括各种适于将粉碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料)转化为可发酵糖的已知酶中的任一种,如淀粉酶(例如, α -淀粉酶和/或葡糖淀粉酶)。在一个实施方案中,糖化作用在 pH 约 6.0 或更低,例如,约 4.5 至约 5.0 进行,例如,约 4.5 至约 4.8 中进行。

[0028] 本发明方法包括将来自粉碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料)的糖发酵为乙醇。发酵可由微生物,如酵母进行。在一个实施方案中,发酵在 pH 约 6 或更低,例如,约 4.5 至约 5 进行,例如,约 4.5 至约 4.8 中进行。在一个实施方案中,本发明方法包括改变 pH。例如,发酵可以包括在前一半加料期间在 pH 约 3 至约 4.5 时充填发酵罐以及在发酵罐加料周期的后半期间在 pH 约 4.5 至约 6(例如,大约 4.5 至大约 4.8)时加料。在一个实施方案中,发酵在约 25 至约 40°C 或约 30 至约 35°C 温度下进行。在一个实施方案中,

发酵期间温度从约 40°C 降至约 30°C 或约 25°C, 或者在发酵的前一半期间从约 35°C 降至约 30°C, 而在发酵的后一半温度保持在此较低的温度。在一个实施方案中, 发酵进行约 25 (例如, 24) 至约 150 小时, 例如, 进行约 48 (例如, 47) 至约 96 小时。

[0029] 本发明方法可以包括同时将粉碎的植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 转化为糖以及用微生物如酵母发酵这些糖。

[0030] 发酵过程的产物在本文中称作“发酵醪” (beer)。乙醇可通过各种已知方法, 例如通过蒸馏从发酵混合物、从发酵醪中回收。残留的釜馏物 (stillage) 包括液体和固体物质。该液体和固体可通过例如离心来进行分离。

[0031] 植物材料的制备

[0032] 本方法将来自植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 的淀粉转化成乙醇。植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 可经各种方法粉碎, 例如经研磨粉碎从而使淀粉可用于糖化和发酵。粉碎植物材料的其他方法也是可获得的。例如, 植物性材料如玉米粒可用已知用来研磨植物性材料、和 / 或其它的材料来达到降低颗粒尺寸的目的的球磨机、轧制机、锤磨机或其它磨机来进行研磨。可以通过乳化技术、旋转脉冲 (rotary pulsation) 及其他减小颗粒大小的方法的利用, 增加植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 的表面积同时提高液化后介质的流动效率。制备的植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 可称为“生淀粉 (raw starch)” 或者包括“生淀粉”。

[0033] 精细研磨暴露出植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 或植物性材料更多的表面积, 并且可以促进糖化作用和发酵。在一个实施方案中, 研磨植物性材料从而使得磨后的材料的相当大部分, 例如大部分在大小上合适通过具有 0.1-0.5mm 筛孔的筛子。在一个实施方案中, 磨碎的植物性材料的大约 35% 或更多在大小上可以通过具有 0.1-0.5mm 筛孔的筛子。在一个实施方案中, 磨碎的植物性材料的大约 35% 至约 70% 在大小上可以通过具有 0.1-0.5mm 筛孔的筛子。在一个实施方案中, 磨碎的植物性材料的大约 50% 或更多在大小上可以通过具有 0.1-0.5mm 筛孔的筛子。在一个实施方案中, 磨碎的植物性材料的大约 90% 在大小上可以通过具有 0.1-0.5mm 筛孔的筛子。在一个实施方案中, 所有磨碎的植物性材料在大小上均可以通过具有 0.1-0.5mm 筛孔的筛子。在一个实施方案中, 磨碎的植物性材料具有大约 0.25mm 的平均颗粒尺寸。

[0034] 植物材料粉碎

[0035] 植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 的制备可以应用大量的植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 粉碎技术中的任意一种。例如, 制备植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 的本方法可以应用乳化技术、旋转脉冲 (rotary pulsation)、超声、磁致伸缩、铁磁性材料, 等。粉碎植物材料的这些方法可以用于底物的预处理。虽然不用来限制本发明, 但是相信这些方法可以增加植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 的表面积同时增加液化后介质的流动效率 (也就是, 降低粘度)。这些方法可以包括电的到机械的、机械的到电的、脉冲和声音基础的不同速度的振动。这可以提供宽频率范围内的不同频率, 这些频率对于预处理植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 和 / 或减少颗粒尺寸可能是有效的。

[0036] 虽然不用来限制本发明, 但是据信这些声波方法中的某些方法可以在植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 颗粒的周围产生低压并引起颗粒的空化或颗粒结构的破坏。这种空化的或破坏的颗粒可以增加植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 可用于酶的利

用率,例如,通过增加表面积的方式来实现。这种预处理被认为可以减少本发明乙醇生产方法中酶比率的数量。

[0037] 在一个实施方案中,本发明方法包括振荡植物材料(例如,分级分离的植物材料)并使含有植物材料的液体空化。这可以导致破坏植物材料和/或降低植物材料(例如,分级分离的植物材料)的尺寸。在某些实施方案中,本发明方法包括利用乳化技术、利用旋转脉冲(rotary pulsation)、利用磁致伸缩、或利用铁磁性材料处理植物材料(例如,分级分离的植物材料)。这可以导致破坏植物材料和/或降低植物材料(例如,分级分离的植物材料)的尺寸。在一个实施方案中,本发明方法包括声波处理植物材料(例如,分级分离的植物材料)。这可以导致破坏植物材料和/或降低植物材料(例如,分级分离的植物材料)的尺寸。

[0038] 在一个实施方案中,本发明方法可以包括利用声波来粉碎植物材料(例如,分级分离的植物材料)。这种声波可以是超声波。本发明方法可以包括声波处理植物材料(例如,分级分离的植物材料)。该方法可以包括在可以有效减少(或者协助减少)颗粒尺寸至上面所述的尺寸的频率(例如,以 kHz 度量的)、功率(例如,以瓦特度量的)及维持时间下声波处理植物材料。例如,该方法可以包括在 20,000Hz 和低于大约 3000W 下并在适当的温度下声波处理植物材料(例如,分级分离的植物材料)足够的时间。这种声波处理可以利用市场上已有的设备实现,例如可获自 ETREMA (Ames, IA) 的大功率超声波仪。

[0039] 在一个实施方案中,本发明方法可以包括使用旋转脉冲来粉碎植物材料(例如,分级分离的植物材料)。这种方法可以包括在可以有效减少(或者协助减少)颗粒尺寸至上面所述的尺寸的频率(例如,以 Hz 度量的)、功率(例如,以瓦特度量的)及持续时间下来旋转脉冲植物材料(例如,分级分离的植物材料)。这种旋转脉冲可以利用已知的设备来实现,例如美国专利 No. 6, 648, 500 中所介绍的设备,其所公开的内容作为参考被引入这里。

[0040] 在一个实施方案中,本发明方法可以包括使用脉冲波(pulsewave)技术来粉碎植物材料(例如,分级分离的植物材料)。这种方法可包括在可以有效减少(或者协助减少)颗粒尺寸至上面所述的尺寸的频率(例如,以 Hz 度量的)、功率(例如,以瓦特度量的)及持续时间下来旋转脉冲植物材料(例如,分级分离的植物材料)。这种脉冲可以利用已知的设备来实现,例如美国专利 No. 6, 726, 133 中所介绍的设备,其所公开的内容作为参考被引入这里。

[0041] 分级分离

[0042] 在一个实施方案中,植物性材料可分级分离为一个或多个组分。例如,植物性材料如禾谷类谷粒或玉米可分级分离为诸如纤维(例如,玉米纤维)、胚芽(ferm)(例如,玉米胚芽)以及淀粉和蛋白质的混合物(例如,玉米淀粉和玉米蛋白质的混合物)等组分。这些组分的一种或混合物可按照本发明的方法发酵。玉米或其它植物材料的分级分离可通过任意不同的方法或装置完成。例如,由 Satake 生产的系统可用于分级分离植物材料如玉米。

[0043] 在一个实施方案中,可以分级分离植物性材料中的胚芽和纤维组分并且将其从植物性材料的剩余部分中分离出来。在一个实施例中,植物性材料的剩余部分(例如,玉米胚乳)可以进一步研磨并且减小颗粒大小尺寸,然后同较大块的分级分离的胚芽和纤维组分进行合并用来进行发酵。

[0044] 在一个实施方案中,可以研磨植物性材料以获取增值产品(诸如 neutraceuticals, leutein, 类胡萝卜素, xanthophylls, 果胶, 纤维素, 木质素, 甘露糖, 木糖, 阿拉伯糖, 半乳糖, 半乳糖醛酸, GABA, 玉米油, 清蛋白, 球蛋白, 谷醇溶蛋白, 谷蛋白 (glutelins), 玉米醇溶蛋白等)。

[0045] 分级分离可以通过多种方法和装置的任一种来完成,例如在 U. S. 专利申请公开号 No. 2004/0043117 中所公开的那些,该文献中公开的内容作为参考文献被引入这里。对于分级分离合适的方法和装置包括筛子,筛分,和淘析。合适的装置包括摩擦型磨机如稻或者谷粒抛光机 (polishing mill) (例如由 Satake, Kett, 或 Rapsco 所制造的那些)。

[0046] 糖化和发酵

[0047] 糖化

[0048] 本发明方法可以包括将粉碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料)转化为糖,该糖可通过微生物如酵母进行发酵。可通过用任何已知的多种糖化酶组合物之任一种糖化该粉碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料)而进行转化。在一个实施方案中,糖化酶组合物包括淀粉酶,如 α 淀粉酶(例如酸性真菌淀粉酶)。该酶制剂还可以包括葡糖淀粉酶。该酶制剂不必,且在一个实施方案中,不包括蛋白酶。然而,按照本发明的乙醇生产方法可通过再利用可能包含蛋白酶的工艺用水(回糟)而节约用水。在一个实施方案中,本发明方法使用酸性真菌淀粉酶水解生淀粉。

[0049] 糖化作用可不经蒸煮而进行。例如,可通过将研磨的谷物和工艺用水与糖化酶组合物源(例如,工业酶)、酵母和发酵组分混合,不经蒸煮而进行糖化。

[0050] 在一个实施方案中,糖化过程包括将粉碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料)和液体混合,其可形成浆液或悬浮液,以及向液体中添加糖化酶组合物。在一个实施方案中,该方法包括将粉碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料)和液体混合,随后添加糖化酶组合物。或者,添加酶组合物可在混合之前或混合时进行。

[0051] 在一个实施方案中,粉碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料)可以以约 20 至约 50wt%、约 25 至约 45(例如,44)wt%、约 30 至约 40(例如,39)wt%,或以约 35wt% 粉碎的干植物材料(例如,分级分离的植物材料)的比率与液体混合。如此处使用的,液体中粉碎植物材料的 wt% 指粉碎的植物材料干物质或干固形物的百分比。在一个实施方案中,相比进行蒸煮的常规糖化作用,本发明的方法可将生淀粉或天然淀粉(例如,在干的粉碎的植物材料中)以更高的干固形物水平和更快的速率转化为乙醇。虽然不限制本发明,但认为本发明方法可以以更高的干固形物水平进行,因为不同于常规方法,本发明方法不包括增加粘度的糊化作用。

[0052] 合适的液体包括水以及水和工艺用水的混合物,所述工艺用水为例如釜馏物(回糟)、涤气塔水 (scrubber water)、蒸发器冷凝液或馏出液、来自蒸馏的侧线汽提塔 (side stripper) 水或其他乙醇工厂的工艺用水。在一个实施方案中,液体包括水。在一个实施方案中,液体包括与约 1 至约 70vol% 釜馏物、约 15 至约 60vol% 釜馏物、约 30 至约 50vol% 釜馏物,或约 40vol% 釜馏物混合的水。

[0053] 在应用糊化作用和液化作用的常规方法中,釜馏物为酵母发酵提供了有效的养分,尤其是酵母所需的游离氨基氮 (FAN)。本发明可在提供降低水平的釜馏物以及甚至不添加釜馏物的情况下实现有效发酵。在一个实施方案中,本发明方法使用植物材料(例如,分

级分离的植物材料)的制备物,其中该制备物为在高浓度条件下(例如,在存在高水平粉碎的植物材料时)的有效发酵提供足够数量以及质量的氮源。因此,在一个实施方案中,不需要釜馏物或仅低水平的釜馏物就足够了。

[0054] 然而,如果需要的话,本发明方法提供使用高水平釜馏物的机动性。本发明方法不使用常规的液化作用。常规的液化作用增加发酵混合物以及所得釜馏物的粘度。本发明方法产生较低粘度的釜馏物。因此,在一个实施方案中,本发明方法可采用提高的釜馏物水平而不引起发酵混合物和所得釜馏物的粘度的不利增加。

[0055] 此外,虽然不限制本发明,但认为由于在高温糊化作用和液化作用期间发生不期望的“美拉德反应”,常规的糖化以及发酵过程需要加入 FAN。美拉德反应在蒸煮期间消耗 FAN。因此,常规方法需要添加釜馏物(或者其它来源的 FAN)以在发酵中提高 FAN 的水平。本发明方法被认为可以避免温度诱导的美拉德反应并且在粉碎的植物材料中提供增高水平的 FAN,这些 FAN 在发酵中能被酵母有效利用。

[0056] 糖化可使用各种已知酶源(例如,微生物)或组合物之任一种进行,以从粉碎的植物材料(例如,分级分离的植物材料)中产生可发酵糖。在一个实施方案中,糖化酶组合物包括淀粉酶,如 α 淀粉酶(例如,酸性真菌淀粉酶)或葡糖淀粉酶。

[0057] 在一个实施方案中,糖化作用在 pH 约 6.0 或更低,pH 约 3.0 至约 6.0,约 3.5 至约 6.0,约 4.0 至约 5.0,约 4.0 至约 4.5,约 4.5 至约 5.0,或约 4.5 至约 4.8 时进行。在一个实施例中,糖化过程可以在 pH 约 4.1 至约 4.6 或者约 4.9 至约 5.3 时进行。可通过添加例如,氨、硫酸、磷酸、工艺用水(例如,釜馏物(回槽(backset))、蒸发器冷凝液(馏出液)、侧线汽提塔下残液(bottom)等)等来调节糖化作用混合物的初始 pH。某些糖化酶组合物(例如,一种包括酸性真菌淀粉酶的酶组合物)的活性可在低于上述范围的 pH 时得到提高。

[0058] 在一个实施方案中,糖化作用在约 25 至约 40°C 或约 30 至约 35°C 温度下进行。

[0059] 在一个实施方案中,可以对糖化过程所使用的糖化酶组合物的量进行选择以维持发酵液中糊精处于低浓度。例如,本发明方法可使用为达到如下目的而选择的糖化酶组合物量,所述目的为维持麦芽三糖(DP3)水平等于或低于约 0.2wt% 或者等于或低于约 0.1wt%。例如,本发明方法可以对所使用的糖化酶组合物的量进行选择以维持具有 4 或以上聚合度的糊精(DP4+)处于等于或低于约 1wt% 或者等于或低于约 0.5wt% 的水平。

[0060] 在一个实施方案中,可以对糖化过程所使用的糖化酶组合物的量进行选择以维持发酵液中麦芽糖的低浓度。例如,本发明方法可使用为达到如下目的而选择的糖化酶组合物量,所述目的为维持麦芽糖水平等于或低于约 0.3wt%。为维持低水平的麦芽糖,合适的酸性真菌淀粉酶和葡糖淀粉酶水平包括酸性真菌淀粉酶为约 0.05 至约 3FAU/克干固形的粉碎植物材料(例如,DSC)以及葡糖淀粉酶为约 1 至约 2.5(例如,2.4)AGU/克干固形的粉碎植物材料(例如,DSC)。在一个实施方案中,反应混合物包括酸性真菌淀粉酶为约 0.1 至约 2FAU/克干固形的粉碎植物材料(例如,DSC)以及葡糖淀粉酶为约 1 至约 2.5AGU/克干固形的粉碎植物材料(例如,DSC)。在一个实施方案中,反应混合物包括酸性真菌淀粉酶为约 0.3 至约 2FAU/克干固形的粉碎植物材料(例如,DSC)以及葡糖淀粉酶为约 1 至约 2.5AGU/克干固形的粉碎植物材料(例如,DSC)。在一个实施方案中,反应混合物包括酸性真菌淀粉酶为约 1 至约 2FAU/克干固形的粉碎植物材料(例如,DSC)以及葡糖淀粉酶为约 1 至约 1.5AGU/克干固形的粉碎植物材料(例如,DSC)。

[0061] 葡糖淀粉酶

[0062] 在某些实施方案中,本方法可以应用葡糖淀粉酶。葡糖淀粉酶也被称为淀粉葡萄糖苷酶并且具有 1,4- α -D-葡聚糖葡萄糖水解酶 (1,4- α -D-glucan glucohydrolase) 的系统命名 (E. C. 3. 2. 1. 3)。葡糖淀粉酶是指一种酶,其可以从淀粉的非还原末端除去连续的葡萄糖单元。例如,某些葡糖淀粉酶可以水解淀粉、直链淀粉和支链淀粉的直链和支链糖苷键。许多适当的葡糖淀粉酶是已知的并且是商业上可购得的。例如,供应商如 Novozymes 和 Genencor 提供了葡糖淀粉酶。这种葡糖淀粉酶可以是真菌来源的。

[0063] 在本方法中使用的葡糖淀粉酶的量可以根据淀粉酶制剂的酶活性来改变。适当的用量包括约 0.05 至约 6.0 葡糖淀粉酶单位 (AGU)/克干固形粉碎植物材料 (例如, DSC)。在一个实施方案中,反应混合物可以包括约 1 至约 6AGU/克干固形粉碎植物材料 (例如, DSC)。在一个实施方案中,反应混合物中可以包括约 1 至约 3AGU/克干固形的粉碎植物材料 (例如, DSC)。在一个实施方案中,反应混合物可以包括约 1 至约 2.5 (例如, 2.4) AGU/克干固形的粉碎植物材料 (例如, DSC)。在一个实施方案中,反应混合物可以包括约 1 至约 2AGU/克干固形的粉碎植物材料 (例如, DSC)。在一个实施方案中,反应混合物可以包括约 1 至约 1.5AGU/克干固形的粉碎植物材料 (例如, DSC)。在一个实施方案中,反应混合物可以包括约 1.2 至约 1.5AGU/克干固形的粉碎植物材料 (例如, DSC)。

[0064] 酸性真菌淀粉酶

[0065] 在某些实施方案中,本发明方法使用 α -淀粉酶。该 α -淀粉酶可以由真菌产生的。该 α -淀粉酶的特征可以为具有在酸性条件下水解碳水化合物的能力。由真菌产生且在酸性条件下能水解碳水化合物的淀粉酶此处称为酸性真菌淀粉酶,且亦称酸稳定的真菌 α -淀粉酶。酸性真菌淀粉酶可催化已部分水解的淀粉以及大的寡糖水解为诸如葡萄糖的糖。可用于本发明方法的酸性真菌淀粉酶其特征可以在于能够帮助生淀粉或天然淀粉水解;增强由葡糖淀粉酶提供的糖化作用。在一个实施方案中,该酸性真菌淀粉酶比常规的 (例如,细菌的) α -淀粉酶产生更多的麦芽糖。

[0066] 合适的酸性真菌淀粉酶可从各种真菌物种中分离,包括曲霉属 (*Aspergillus*)、根霉属 (*Rhizopus*)、毛霉属 (*Mucor*)、念珠菌属 (*Candida*)、革盖菌属 (*Coriolus*)、疫病霉属 (*Endothia*)、*Enthomophtora*、耙菌属 (*Irpex*)、青霉属 (*Penicillium*)、小核菌属 (*Sclerotium*) 和球拟酵母属 (*Torulopsis*)。在一个实施方案中,酸性真菌淀粉酶是热稳定的且分离自曲霉属 (*Aspergillus*) 物种,如黑曲霉 (*A. niger*)、*A. saitoi* 或米曲霉 (*A. oryzae*), 分离自毛霉属 (*Mucor*) 物种,如微小毛霉 (*M. pusillus*) 或米赫毛霉 (*M. miehei*), 或分离自疫病霉属 (*Endothia*), 如寄生疫病霉 (*E. parasitica*)。在一个实施方案中,酸性真菌淀粉酶分离自黑曲霉 (*Aspergillus niger*)。酸性真菌淀粉酶活性可以作为葡糖淀粉酶制剂中的一种活性而提供,或其可以作为单独的酶而添加。合适的酸性真菌淀粉酶可从 Novozymes 获得,例如与葡糖淀粉酶一起。

[0067] 本方法中使用的酸性真菌淀粉酶量可根据淀粉酶制剂的酶活性而改变。合适的量包括约 0.1 至约 10 酸性真菌淀粉酶单位 (AFAU)/克干固形的粉碎植物材料 (例如,干固形的玉米 (DSC))。在一个实施方案中,反应混合物可包括约 0.05 至约 3AFAU/克干固形的粉碎植物材料 (例如, DSC)。在一个实施方案中,反应混合物可包括约 0.1 至约 3AFAU/克干固形的粉碎植物材料 (例如, DSC)。在一个实施方案中,反应混合物可包括约 0.3 至约

3AFAU/克干固形的粉碎植物材料(例如,DSC)。在一个实施方案中反应混合物可包括约1至约2AFAU/克干固形的粉碎植物材料(例如,DSC)。

[0068] 发酵

[0069] 本方法包括将来自粉碎植物材料(例如,分级分离的植物材料)的糖发酵为乙醇。发酵可由微生物,如酵母进行。该发酵混合物不必包括蛋白酶,在一个实施方案中不包括蛋白酶。然而,工艺用水可能包含蛋白酶。该蛋白酶的量可低于常规方法中所用的量。根据本发明,发酵是在不经蒸煮的淀粉组合物上进行的。在一个实施方案中,该发酵方法产生可饮用的醇(alcohol)。可饮用的醇仅仅具有可接受的无毒水平的其他醇,如杂醇油。发酵可包括将含有来自粉碎植物材料(例如,分级分离的植物材料)的糖的混合物与酵母在适于酵母生长和乙醇生产的条件下接触。在一个实施方案中,发酵使用糖化混合物。

[0070] 任意不同的酵母都可在本发明方法中被用作酵母起子(starter)。合适的酵母包括各种市场上可买到的酵母,如商业化的酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)菌株。合适的菌株包括" Fali" (Fleischmann's)、Thermosac (Alltech)、Ethanol Red (LeSafre)、BioFerm AFT (North American Bioproducts),等等。在一个实施方案中,选择在高温和高乙醇水平存在时提供快速生长和发酵速度的酵母。在一个实施方案中,发现 Fali 酵母提供了良好性能,测量的最终乙醇含量大于 17% 体积。

[0071] 选择所用酵母起子的量以在合适的时间,例如小于 75 小时内有效地生产出商业上有意义的乙醇量。

[0072] 可通过各种用于添加酵母至发酵过程的已知方法将酵母加入发酵物。例如,酵母起子可以作为一批干材料,或经过调理(conditioning)/增殖而加入。在一个实施方案中,酵母起子作为单一接种物加入。在一个实施方案中,酵母以每 100,000 加仑发酵醪 5 至 100 磅活的干酵母(ADY)的速率在充填发酵罐期间加入发酵物。在一个实施方案中,酵母可通过在预发酵罐或繁殖罐中以每 10,000 加仑发酵罐体积孵育约 5 至 50 磅的 ADY 进行适应或调理。在繁殖阶段,孵育可为 8 至 16 小时,其中也经通气以刺激酵母生长。用于接种主发酵罐的预发酵罐可以是主发酵罐的 1 至 10% 容积,例如,相对于主发酵罐的 2.5 至 5% 的容积。

[0073] 在一个实施方案中,发酵在 pH 约 6 或更低、pH 约 3 至约 6、约 3 至约 4.5、约 3.5 至约 6、约 4 至约 5、约 4 至约 4.5、约 4.5 至约 5 或约 4.5 至约 4.8 时进行。发酵混合物的初始 pH 可通过添加例如,氨、硫酸、磷酸、工艺用水(例如,釜馏物(回糟)、蒸发器冷凝液(馏出液)、侧线汽提塔下残液等等)等等而调节。

[0074] 尽管不限制本发明,但认为已知的酒精酵母在 pH 3 至 6 的范围生长良好,但相比大多数污染性细菌菌株其更耐受低至 3.0 的较低 pH。污染性乳酸和醋酸细菌在 pH 5.0 及更高时生长最好。因此,认为在 pH 3.0 至 4.5 的范围内,由于酵母比污染细菌生长得更好,乙醇发酵占主导地位。

[0075] 在一个实施方案中,本发明方法可包括改变 pH。进行 pH 的改变被认为可在发酵早期降低污染的可能性和/或在发酵后期阶段增强酵母的生长和发酵。例如,发酵可以包括在前一半加料期间于 pH 约 3 至约 4.5 充填发酵罐。发酵可以包括在发酵罐加料周期的后半一半期间提高浆液的 pH 至 pH 约 4.5 至约 6。发酵可以包括通过添加如上所述所需 pH 的新鲜底物浆液而维持 pH。在一个实施方案中,发酵期间(加料后)不调节 pH。相反,在该实

实施方案中, pH 由加料期间组分的 pH 确定。

[0076] 在一个实施方案中,在玉米工艺用水中 pH 降低至约五 (5) 或以下。在一个实施方案中, pH 在发酵加料起始时为大约 pH 4 (例如, 4.1) 且朝着发酵加料结束, pH 提高至约 pH 5 (例如, 5.2)。在一个实施方案中, 该方法包括在发酵罐的加料初期建立酵母培养物后停止糖化醪浆液的 pH 控制, 随后在发酵罐的加料末期允许玉米工艺用水中 pH 上浮。

[0077] 在一个实施方案中, 发酵进行约 25 (例如, 24) 至约 150 小时、约 25 (例如, 24) 至约 96 小时、约 40 至约 96 小时、约 45 (例如, 44) 至约 96 小时、约 48 (例如, 47) 至约 96 小时。例如, 发酵可进行约 30、约 40、约 50、约 60 或约 70 小时。例如, 发酵可进行约 35、约 45、约 55、约 65 或约 75 小时。

[0078] 在一个实施方案中, 发酵在约 25 至约 40°C 或约 30 至约 35°C 温度下进行。在一个实施方案中, 发酵期间温度从约 40°C 降至约 30°C 或约 25°C, 或在发酵的前一半期间从约 35°C 降至约 30°C, 而在发酵的后一半温度保持在该较低的温度。在一个实施方案中, 温度可随乙醇产生而降低。例如, 在一个实施方案中, 发酵期间温度可高达约 99° F 随后降为约 79° F。此温度下降可与发酵罐中提高的乙醇滴度 (%) 相协调。

[0079] 在一个实施方案中, 本发明方法包括固形物分段 (solids staging)。固形物分段包括在发酵罐加料周期的初始阶段以不成比例的更高固形物水平加料以提高初始发酵速度。加入发酵罐的糖化醪 (mash) 的固形物浓度可随后随着乙醇滴度提高和 / 或发酵罐加料周期接近完成而降低。在一个实施方案中, 固形物浓度在前一半发酵加料期间可为约 40% (例如, 41%)。在发酵罐装满 50% 后可降低至约 25% 且持续直至发酵罐加料周期结束。在以上实例中, 上述策略导致整个发酵罐具有 33% 的固形物。

[0080] 固形物分段被认为可通过利用更多的初始加料固形物而促进酶水解速率以及促使发酵的快速启动。此外认为在加料的后一半减少固形物可降低对酵母的渗透压相关的胁迫效应。通过将发酵罐总体的充填固形物维持在指定的发酵能力范围内, 固形物分段可以提高临近发酵结束, 酵母发酵高浓度糖化醪的能力。

[0081] 同时糖化和发酵

[0082] 本发明方法可以包括同时将粉碎的植物材料 (例如, 分级分离的植物材料) 转化为糖以及用如酵母等微生物发酵那些糖。同时糖化和发酵可利用上述用于糖化和发酵的试剂和条件进行。

[0083] 在一个实施方案中, 糖化和发酵在约 25 至约 40°C 或约 30 至约 35°C 温度下进行。在一个实施方案中, 糖化和发酵期间温度从约 40°C 降至约 25°C, 或在糖化的前一半期间从约 35°C 降至约 30°C, 而在糖化的后一半温度保持在该较低的温度。

[0084] 尽管不限制本发明, 但认为在糖化和发酵早期当乙醇浓度低时较高的温度可提高淀粉向可发酵糖的转化, 这可帮助提高乙醇产量。在较高的乙醇浓度时, 乙醇可负面影响酵母。因此, 认为糖化和发酵后期较低的温度有利于降低对酵母的胁迫, 这可帮助提高乙醇产量。

[0085] 仍不限制本发明, 认为糖化和发酵早期较高的温度可在至少一部分发酵期间降低粘度, 这可帮助温度控制。还认为糖化和发酵后期较低的温度有利于在酵母终止发酵后减少葡萄糖的生成。发酵晚期葡萄糖的生成对干酒糟联产品 (co-product) 的颜色不利。

[0086] 在一个实施方案中, 糖化和发酵在 pH 约 6 或更低、pH 约 3 至约 6、约 3.5 至约 6、

约 4 至约 5、约 4 至约 4.5、约 4.5 至约 5 或约 4.5 至约 4.8 时进行。糖化和发酵混合物的初始 pH 可通过添加例如,氨、硫酸、磷酸、工艺用水(例如,釜馏物(回糟)、蒸发器冷凝液(馏出液)、侧线汽提塔下残液等等)等等而调节。

[0087] 在一个实施方案中,糖化和发酵进行约 25(例如,24)至约 150 小时、约 25(例如,24)至约 72 小时、约 45 至约 55 小时、约 50(例如,48)至约 96 小时、约 50 至约 75 小时或约 60 至约 70 小时。例如,糖化和发酵可进行约 30、约 40、约 50、约 60 或约 70 小时。例如,糖化和发酵可进行约 35、约 45、约 55、约 65 或约 75 小时。

[0088] 在一个实施方案中,同时糖化和发酵可使用选择的酶和酵母的量进行以维持发酵液中高浓度的酵母和高水平的酵母出芽。例如,本发明方法可以使用为维持酵母等于或高于约 200 细胞/毫升、等于或高于约 300 细胞/毫升或等于大约 300 至约 600 细胞/毫升而选择的酶和酵母的量。

[0089] 在一个实施方案中,同时糖化和发酵可使用选择量的酶和酵母进行,以在不添加外源氮;不添加蛋白酶和/或不添加回糟时有效发酵。如果需要,可以添加回糟,以消耗工艺用水和减少由本发明方法产生的废水量。另外,本发明方法在糖化和发酵期间维持低粘度。

[0090] 在一个实施方案中,同时糖化和发酵可使用选择量的酶和酵母进行以维持发酵液中低浓度的可溶性糖。在一个实施方案中,同时糖化和发酵可使用选择量的酶和酵母进行以维持发酵液中低浓度的葡萄糖。例如,本发明方法可以使用选择量的酶和酵母以维持葡萄糖等于或低于约 2wt%、等于或低于约 1wt%、等于或低于约 0.5wt%,或等于或低于约 0.1wt%的水平。例如,本发明方法可以使用选择量的酶和酵母以维持糖化和发酵期间葡萄糖等于或低于约 2wt%的水平。例如,本发明方法可以使用选择量的酶和酵母以维持在糖化和发酵时间的 0-10 小时(或 0 至该时间的约 15%)葡萄糖在等于或低于约 2wt%的水平。例如,本发明方法可以使用选择量的酶和酵母以维持在糖化和发酵时间的 12-54 小时(或该时间的约 15%至约 80%)葡萄糖在等于或低于约 1wt%、等于或低于约 0.5wt%或者等于或低于约 0.1wt%的水平。例如,本发明方法可以使用选择量的酶和酵母以维持在糖化和发酵时间的 54-66 小时(或该时间的约 80%至约 100%)葡萄糖在等于或低于约 1wt%的水平。

[0091] 在一个实施方案中,同时糖化和发酵可使用选择量的酶和酵母进行以维持发酵液中低浓度的麦芽糖(DP2)。例如,本发明方法可使用选择量的酶和酵母以维持麦芽糖等于或低于约 0.5wt%或者等于或低于约 0.2wt%的水平。

[0092] 在一个实施方案中,同时糖化和发酵可使用选择量的酶和酵母进行以维持发酵液中低浓度的糊精。例如,本发明方法可以使用选择量的酶和酵母以维持麦芽三糖(DP 3)等于或低于约 0.5wt%、等于或低于约 0.2wt%、或者等于或低于约 0.1wt%的水平。例如,本发明方法可以使用选择量的酶和酵母以维持具有 4 或以上聚合度的糊精(DP4+)等于或低于约 1wt%或者等于或低于约 0.5wt%的水平。

[0093] 在一个实施方案中,同时糖化和发酵可使用选择量的酶和酵母进行以维持发酵液中低浓度的杂醇油。例如,本发明方法可以使用选择量的酶和酵母以维持杂醇油等于或低于约 0.4 至约 0.5wt%的水平。

[0094] 例如,同时糖化和发酵可以使用约 0.05 至约 10AFU/克干固形粉碎植物材料(例

如, DSC) 的酸性真菌淀粉酶以及约 0.5 至约 6AGU/ 克干固形粉碎植物材料 (例如, DSC) 的葡糖淀粉酶。例如, 同时糖化和发酵可以使用约 0.1 至约 10AFAU/ 克干固形粉碎植物材料 (例如, DSC) 的酸性真菌淀粉酶以及约 0.5 至约 6AGU/ 克干固形粉碎植物材料 (例如, DSC) 的葡糖淀粉酶。例如, 同时糖化和发酵可以使用约 0.3 至约 3AFAU/ 克干固形粉碎植物材料 (例如, DSC) 的酸性真菌淀粉酶以及约 1 至约 3AGU/ 克干固形粉碎植物材料 (例如, DSC) 的葡糖淀粉酶。例如, 同时糖化和发酵可以使用约 1 至约 2AFAU/ 克干固形粉碎植物材料 (例如, DSC) 的酸性真菌淀粉酶以及约 1 至约 1.5AGU/ 克干固形粉碎植物材料 (例如, DSC) 的葡糖淀粉酶。

[0095] 用于糖化和 / 或发酵的其它组分

[0096] 糖化和 / 或发酵混合物可包括其它组分以提高该方法的效率。例如, 混合物可包括额外的养分 (例如, 酵母微量营养)、抗生素、盐、额外的酶, 等等。养分可来源于加至该液体的釜馏物或回糟。合适的盐包括锌或镁盐, 如硫酸锌、硫酸镁, 等等。合适的额外的酶包括那些加至常规方法的酶, 如蛋白酶、肌醇六磷酸酶、纤维素酶、半纤维素酶、外切 - 和内切 - 葡聚糖酶、木聚糖酶, 等等。

[0097] 从发酵醪中回收乙醇

[0098] 此处发酵过程的产物称作 " 发酵醪 (beer) "。例如, 发酵玉米产生 " 玉米发酵醪 "。乙醇可通过各种已知的方法从发酵混合物、从发酵醪中回收。例如, 乙醇可通过蒸馏回收。

[0099] 残留的釜馏物包括液体和固体材料。该液体和固体可通过, 例如离心分离。回收的液体 -- 酒糟水 (thin stillage) -- 可用作形成糖化和发酵混合物的液体的至少一部分, 用于随后的发酵批次或运转。

[0100] 回收的固形物 -- 干酒糟 -- 包括未发酵的谷物固形物和消耗的酵母固形物。酒糟水 (thin stillage) 可浓缩为糖浆 (syrup), 其可加至干酒糟而该混合物随后可以干燥以形成干酒糟加可溶物 (distiller' s dried grain plus solubles)。干酒糟和 / 或干酒糟加可溶物可作为动物饲料出售。

[0101] 燃尽 (burn-out) 残留淀粉用于随后的二次发酵

[0102] 在一个实施方案中, 本发明方法可以包括发酵醪或釜馏物的热处理, 例如在发酵池 (beer well) 和蒸馏之间。在一个实施方案中, 本发明方法可以包括发酵醪或釜馏物的热处理和酶的添加, 例如在发酵池 (beer well) 和蒸馏之间。在称为燃尽 (burn-out) 的过程中, 此热处理可将淀粉转化为糊精和糖用于随后的发酵。所述处理步骤还可以减少蒸馏塔板和蒸发器热交换表面的淤塞 (fouling)。在一个实施方案中, 可对整个釜馏物或酒糟水进行分段热处理。残留淀粉的酶处理后, 在一个实施方案中, 所得的糊精和糖可作为再循环的回糟在主发酵过程中发酵或者在分开的发酵系列 (fermentation train) 中加工以产生乙醇。在一个实施方案中, 蒸馏之后可以加快对整个釜馏物或离心产生的酒糟水的液化和糖化。

[0103] 从发酵物分级分离固形物

[0104] 大块的胚芽和纤维可在发酵罐中发酵残留的淀粉。发酵后, 这些级分可在蒸馏前或之后除去。可在蒸馏前用表面撇渣器实施去除。在一个实施方案中, 可对发酵醪进行过筛。过筛后的材料随后可通过例如离心和旋转蒸汽锅干燥 (rotary steam drum drying)

而从乙醇 / 水的混合物中分离,这可从该饼 (cake) 中除去残留的乙醇。在更大的纤维和胚芽块在大批发酵醪蒸馏前除去的实施方案中,可使用针对此纤维 / 胚芽流的分开的汽提塔。或者,可通过在蒸馏后将全部釜馏物过筛而除去纤维和胚芽。

[0105] 在一个实施方案中,将所有的组分混合且一起干燥。纤维和胚芽可通过风选 (aspiration) 和 / 或筛分 (size classification) 而从最终产品中除去。可从 DDGS 中风选纤维。通过干燥后风选而去除纤维可以分别使残留的 DDGS 中油和蛋白质的量提高 0.2 至 1.9% 和 0.4 至 1.4%。残留 DDGS 中 NDF 的量可以降低例如 0.1 至 2.8%。

[0106] 在一个实施方案中,分级分离可使用更大的纤维和胚芽块以提高源于胚乳的 DDGS 的那部分的颗粒大小和提高糖浆承载能力。环形干燥器粉碎机 (ring dryer disintegrator) 可造成一定的粒度减小以及均质化作用。

[0107] 用于干燥湿饼 (wet cake) 以制备干酒糟的方法和系统

[0108] 通过发酵产生的发酵醪包括乙醇、其它液体、和固体材料。发酵醪的离心和 / 或蒸馏可以产生被称为是湿饼的固形物和被称为是酒糟水的液体。可以干燥湿饼以产生干酒糟。酒糟水可以浓缩成糖浆 (syrup), 其可以被添加到湿饼或干酒糟中, 然后可以干燥该混合物以形成干酒糟加可溶物。本发明方法可以包括干燥湿饼以产生干酒糟。本发明方法可以包括干燥糖浆加干酒糟以产生干酒糟加可溶物。干酒糟可产生自整个谷物 (例如, 玉米) 或产生自经分级分离的谷物 (例如, 玉米)。本发明方法可产生高蛋白干酒糟和 / 或物理特性改进的干酒糟。这种干酒糟在下面进行描述。

[0109] 常规的乙醇生产工艺使用转鼓式干燥器 (drum dryer)。有利地, 在一个实施方案中, 本发明方法和系统可以使用急骤或环形干燥器。急骤或环形干燥器先前从未被用于诸如本发明这样的工艺中。急骤和环形干燥器的配置是公知的。简要地, 急骤或环形干燥器可以包括垂直的柱子, 预先加热的空气气流使湿饼移动通过该柱。例如, 急骤或环形干燥器可包括一个或多个进口, 以便热空气或加热的空气由此进入干燥器中。这干燥了湿饼。经过干燥的湿饼被运输到柱子的顶部。在环形干燥器中, 可以通过使湿饼移动通过一个或多个连接到柱子的环而进行进一步干燥。例如, 环形干燥器可包括一个或多个进口, 通过所述进口, 加热的空气进入环结构, 其在该环结构中或围绕该环结构使湿饼前移或循环。干燥的湿饼随后可以通过空气作用运送到下游分离设备如旋风收集器或集尘器。

[0110] 本发明方法可包括使用急骤干燥器来干燥 (也就是, 急骤干燥) 湿饼及生产干酒糟。本发明方法可包括使用急骤干燥器来干燥 (也就是, 急骤干燥) 糖浆加干酒糟以生产干酒糟加可溶物。使用急骤干燥器可以产生高蛋白干酒糟和 / 或物理特性改进的干酒糟。这种干酒糟在下面进行描述。

[0111] 本发明方法可包括使用环形干燥器来干燥 (也就是, 环形干燥) 湿饼及生产干酒糟。本发明方法可包括使用环形干燥器 (也就是, 环形干燥) 来干燥糖浆加干酒糟以生产干酒糟加可溶物。使用环形干燥器可以产生高蛋白干酒糟和 / 或物理特性改进的干酒糟。这种干酒糟在下面进行描述。

[0112] 本发明方法可包括使用流化床干燥器来干燥 (也就是, 流化床干燥) 湿饼及生产干酒糟。本发明方法可包括使用流化床干燥器 (也就是, 流化床干燥) 来干燥糖浆加干酒糟以生产干酒糟加可溶物。使用流化床干燥器可生产高蛋白干酒糟和 / 或物理特性改进的干酒糟。这种干酒糟在下面进行描述。

[0113] 本发明方法可包括在干燥前,干燥中或干燥后向湿饼中添加糖浆(回糟或酒糟水)。在一个实施方案中,本发明方法包括在干燥过程中向湿饼中添加糖浆(回糟或酒糟水)。例如,本方法可包括在干燥器中混合湿饼和糖浆。例如,本方法可包括使糖浆流入或将糖浆注射入急骤、环形、或流化床干燥器中。在一个实施方案中,本发明方法包括在湿饼和/或干酒糟存在的情况下向干燥器的柱或环中添加糖浆。

[0114] 虽然不用来限定本发明,但认为急骤和/或环形干燥器不同于旋转或转鼓式干燥器,其减少了湿饼与干燥工艺中高温的接触。旋转或转鼓式干燥器通常具有与湿饼产品长期接触的高温金属。此高温金属与湿饼的长期接触被认为可能导致变棕的、焦化的、或变性的干酒糟或干酒糟加可溶物。而且,旋转或转鼓式干燥器中的内部空气温度可能更高。

[0115] 因此,在一个实施方案中,本发明方法可包括与旋转或转鼓式干燥器相比使用更少的时间来干燥湿饼或湿饼加糖浆,并获得已经充分干燥的干酒糟或干酒糟加可溶物。因此,在一个实施方案中,本发明方法可包括与旋转或转鼓式干燥器相比使用更低的温度来干燥湿饼或湿饼加糖浆,并获得已经充分干燥的干酒糟或干酒糟加可溶物。在一个实施方案中,本发明方法包括在干燥过程中改变干燥温度。

[0116] 虽然不用来限定本发明,但是在某些实施方案中,这种干燥系统和方法可提供一个或多个优点,例如降低干燥中的能耗,降低自干燥系统的泄漏。

[0117] 本发明的一个实施方案是使用急骤或环形干燥器来改变干燥器系统内部的条件以增加或降低温度。本发明的一个实施方案是使用急骤或环形干燥器来改变干燥器系统内部的条件以增加或降低湿度。本发明的一个实施方案是使用急骤或环形干燥器来改变干燥器系统内部的条件以增加或降低再循环速度(recycle speed)。本发明的一个实施方案是使用急骤或环形干燥器来改变干燥器系统内部的条件以增加或降低向干燥器系统中进料的速率。

[0118] 连续发酵

[0119] 本发明方法可通过分批或连续法运转。连续法包括使糖化和/或发酵混合物移动通过(泵过)一系列的容器(例如,槽)以使该过程持续足够的时间。例如,连续法可使用多阶段式发酵系统,48-96小时停留时间。例如,粉碎的植物材料(例如分级分离的植物材料)可装进用于糖化和发酵的第一容器的顶端。部分孵育和发酵的混合物可以随后从第一容器的底部移出而送进第二容器的顶端,等等。

[0120] 虽然不限制本发明,但认为本发明方法比常规方法更适于以连续工艺运转。认为本发明方法可以降低以连续方式运行时污染生物体的生长机会。目前,大多数干燥粉碎乙醇生产工厂使用分批发酵技术。部分原因为难于防止因这些常规方法中的污染引起的损耗。对于利用传统液化技术的有效的连续发酵,一般认为发酵前分开的糖化阶段对预-糖化用于发酵的发酵醪是必需的。这种预-糖化确保了有足够可发酵的葡萄糖用于连续发酵过程。

[0121] 本发明方法实现了高浓度乙醇的有效生产而在发酵前无液化作用和糖化作用阶段。由于常规知识教导在以连续方式进行发酵的过程中必须具有足够水平可用的可发酵糖,因此这是令人惊奇的。相反地,本发明方法可提供低浓度的葡萄糖和有效的发酵。在本发明方法中,葡萄糖看来是被正发酵的酵母细胞快速消耗了。这种低葡萄糖水平被认为减少了对酵母的胁迫,如由渗透压抑制和细菌污染压力引起的胁迫。根据本发明,在约45至

约 96 小时中可达到大于 18% 体积的乙醇水平。

[0122] 胚乳、纤维、和胚芽发酵

[0123] 在一个实施方案中,本发明方法可发酵粉碎的植物材料例如玉米的一部分。例如,该方法可发酵胚乳、纤维、或胚芽中的至少一种。本发明方法可以增加来自玉米的此部分的乙醇产量。在一个实施方案中,本发明方法可糖化和发酵胚乳。由于含有游离氨基氮 (FAN) 的胚芽的去除,胚乳发酵在接近发酵开始时具有较低的 FAN。例如,本发明方法与常规高温液化相比可以保持胚乳的 FAN 品质。本发明的一个实施方案包括使用胚乳 FAN,这可以增加发酵的灵活性和效率。

[0124] 在一个实施方案中,本发明方法可应用谷物中的内源性酶活性。在一个实施方案中,与初始的糖化醪浆液相比,在全玉米和去纤维的玉米的发酵中达成 FAN 的显著增加。

[0125] 常规的谷物干磨操作使用一系列的步骤和工序从谷物的胚乳(淀粉和蛋白)部分中分离出胚芽和麸皮或种皮(纤维级分)。这些步骤和工序包括:谷物清洗、调节(tempering)、去胚芽、减小粒度、轧粉(roller milling)、吸风(aspirating)、和筛分。此方法不同于谷物(通见的是玉米)的传统湿磨法,湿磨法更为昂贵且耗水量,但是能够使谷物组分实现更纯净的分离。干磨法为工厂提供了一种使用较低资本成本来分离组分的方式。而且,这些方法需要较少的水用于运作。与湿磨中所需的水相比,在干磨中调节工艺需要较少的水。

[0126] 当本发明的方法用于这些组分的乙醇转化时,干燥谷物分级分离法的竞争性得以增强。传统的干磨法产生各种等级的每种级分(胚芽、麸皮、和胚乳)。在一个实施方案中,本发明方法提供可以更容易地发酵的麸皮和胚乳级分。依据每种级分的期望纯度,可以将级分合并以产生每种物流的混合物,或者可以单独地分别处理各级分。

[0127] 在本发明方法中酵母利用 FAN。在常规的液化工艺中,由于酵母细胞在发酵过程中同化和代谢可利用的 FAN, FAN 水平在整个发酵过程中都在下跌。在常规方法中接近发酵结束时, FAN 水平升高,说明细胞 FAN 的释放,这与酵母细胞的死亡和裂解相符。相比之下,在本发明生淀粉工艺中 FAN 利用的动力学更为快速。FAN 水平至少早 24 小时达到最低值,然后开始显著增加。FAN 增加的一部分原因是加速发酵引起的酵母细胞死亡。

[0128] 高乙醇发酵醪

[0129] 本发明还涉及高乙醇发酵醪。在一个实施方案中,本发明的方法产生包含大于 18% 体积乙醇的发酵醪。本发明方法可在约 40 至约 96 小时或约 45 至约 96 小时内产生此高乙醇发酵醪。在一个实施方案中,发酵醪包含 18% 体积至约 23% 体积的乙醇。例如,本发明方法可在约 45 至 96 小时内于发酵罐中产生 18 至 23% 体积的乙醇含量。

[0130] 作为另一实例,本发明方法可在约 45 至 96 小时内于发酵罐中产生 18 至 23% 体积的乙醇含量。在某些实施方案中,大多数乙醇(终浓度的 80% 或以上)在起始的 45 小时内产生。随后,另外的 2 至 5% 体积乙醇在最终的 12-48 小时内产生。在发酵时间达到 96 小时时可达到 23% 体积的乙醇浓度。在发酵 48 至 72 小时后收获以提高发酵罐的生产力,这可能是经济上有利的。

[0131] 本发明发酵醪可包含此高水平的乙醇,即使在其包含高水平残留淀粉时也如此。例如,当包含 0 至 30% 残留淀粉时本发明发酵醪可包含 18 至 23% 体积的乙醇。该发酵醪可包含低至 0% 至高达 20% 的残留淀粉。

[0132] 使用常规手段,高水平残留的淀粉显示低效的发酵,这仅产生低水平的乙醇。可是,虽然不限制本发明,但认为本发明方法产生较少的美拉德型反应产物以及更有效的酵母发酵(例如,降低的次级代谢产物水平)。这被认为是由于与常规糖化作用和液化作用相比本发明方法具有低葡萄糖水平和低温所引起的。因此,即使有较高水平的残留淀粉,本发明方法仍可产生更多的乙醇。

[0133] 在一个实施方案中,本发明发酵醪比常规发酵醪包含较少的残留联产品(byproduct),尽管残留的淀粉可能比较多。例如,与在类似的发酵条件下产生的常规发酵醪中的量相比,残留的葡萄糖、麦芽糖和高级糊精(DP3+)可以低多达0.8wt%。作为另一个实例,残留的甘油可以低多达0.7wt%。乳酸和杂醇油也显著减少。例如,本发明发酵醪可以包含小于或等于约0.2wt%的葡萄糖、约0.4wt%、约0.1wt%的DP 3、检测不到的DP4+、0.7wt%的甘油、约0.01wt%的乳酸和/或约0.4wt%的杂醇油。

[0134] 干酒糟

[0135] 高蛋白干酒糟

[0136] 本发明还涉及干酒糟产物。干酒糟还可以包含提高水平的一种或多种蛋白质、脂肪、纤维(例如,中性去污剂纤维(neutral detergent fiber, NDF))和淀粉。例如,本发明干酒糟可包含34wt%或更高的蛋白质、约25至约60wt%的蛋白质、约25至约50wt%的蛋白质或约30至约45wt%的蛋白质。在某些情况下,蛋白质的量比通过常规方法生产的蛋白质多大约1至大约2wt%。例如,干酒糟可包含15wt%或更高的脂肪、约13至约17wt%的脂肪或比通过常规方法生产的多约1至约6wt%的脂肪。例如,干酒糟可包含31wt%或更高的纤维、约23至约37wt%的纤维或比通过常规方法生产的多约3至约13wt%的纤维。例如,干酒糟可包含12wt%或更高的淀粉、比通过常规方法生产的多约1至约23wt%的淀粉或约1至约18wt%的淀粉。

[0137] 在一个实施方案中,相比常规的干酒糟产物,本发明干酒糟包含水平提高的维生素B、维生素C、维生素E、叶酸和/或维生素A。本发明干酒糟相比常规的干酒糟产物具有更鲜艳的金色。

[0138] 具有改良的物理性质的干酒糟

[0139] 本发明还涉及具有一种或多种改良的物理性质的干酒糟,如减少结块(caking)或压实(compaction)或增强流动性。本发明方法可产生这种改良的干酒糟。

[0140] 虽然不限制本发明,但认为本发明方法可产生包含更高分子量形式的碳水化合物的发酵固形物。与来自常规方法的固形物相比,该发酵固形物据认为可表现出较高的玻璃化转变温度(即,较高的 T_g 值)。例如,残留的淀粉可以具有高的 T_g 值。因此,通过控制DDG和DDGS中淀粉含量,本发明方法可制备具有靶 T_g 值的DDG或DDGS。

[0141] 此外,根据本发明,向发酵固形物(例如,干酒糟)中添加碱性糖浆混合物(例如,糖浆加上添加的石灰或其他碱性材料)可使干酒糟加可溶物(DDGS)减少结块或压实或增强流动性。

[0142] 虽然不限制本发明,但认为发酵中产生的有机酸如乳酸、醋酸和琥珀酸比其相应的钙盐具有更低的 T_g 值。维持较高分子量形式的残留碳水化合物或添加石灰以形成有机酸的钙盐,为形成较高 T_g 值联产品的两种策略,该联产品将具有较低可能性发生玻璃化转变,后者导致称为结块的有害现象。

[0143] 在一个实施方案中,本发明的或通过本发明方法产生的 DDG 或 DDGS 比通过常规方法产生的 DDG 或 DDGS 更易于流动。

[0144] 虽然不限制本发明,但认为本发明的方法不必破坏发酵的植物材料(例如,分级分离的植物材料)中的蛋白质。玉米含有谷醇溶蛋白,如玉米醇溶蛋白。例如,高粱包含称为高粱醇溶蛋白的一类玉米醇溶蛋白样蛋白质,其氨基酸组成类似于玉米醇溶蛋白。液化、蒸馏和高温干燥期间发生的热降解导致包含相当大量的降解蛋白质的 DDG 和 DDGS。本发明的方法被认为可改良粮谷(cereal grain)的谷醇溶蛋白级分的水平。

[0145] 据认为,延长暴露于通过本发明方法实现的高醇浓度可调节植物材料(例如,分级分离的植物材料)中的蛋白质。这可溶解一些蛋白质。例如,据认为在蒸馏中乙醇浓度可以达到可溶解发酵醪中谷醇溶蛋白(例如,玉米醇溶蛋白)的水平。在从发酵醪中去除或“脱去(stripping)”乙醇后,谷醇溶蛋白(如玉米醇溶蛋白)可回收浓缩于 DDG 和 DDGS 中。所得高蛋白含量的 DDG 和 DDGS 对于 DDG 和 DDGS 的各种终用途是有益的,例如在另外的加工或配合(compounding)中。

[0146] 在一个实施方案中,本发明方法的有效发酵从 DDG 或 DDGS 中除去了非玉米醇溶蛋白的组分如淀粉。分级分离植物材料,例如玉米,也可以提高 DDG 或 DDGS 中蛋白质,如玉米醇溶蛋白的水平。例如,发酵前除去糠麸和胚芽(germ)级分可在底物中浓缩玉米醇溶蛋白。玉米中的玉米醇溶蛋白被隔离在胚乳中。玉米醇溶蛋白富集的胚乳的发酵引起发酵残留物中玉米醇溶蛋白的浓缩。

[0147] 在一个实施方案中,本发明方法可以在分级分离的植物材料(例如,胚乳、纤维、谷物谷粒的其它部分)上实施,以从发酵提供富含蛋白质的固形物产品。例如,在分级分离的植物材料上实施的本发明方法可以产生富集谷醇溶蛋白,例如玉米醇溶蛋白的 DDG。

[0148] 在一个实施方案中,本发明的方法可提供具有不同预定 T_g 值的 DDG 和 DDGS。本发明的方法可发酵包含高、中或低水平玉米醇溶蛋白的级分,由此改变所得 DDG 或 DDGS 的玻璃化转变温度。所得产品的 T_g 可以与谷醇溶蛋白(如玉米醇溶蛋白)的含量成正比。本发明的方法期望用于高蛋白玉米的发酵。这也允许具有较高谷醇溶蛋白(玉米醇溶蛋白)含量的 DDG 和 DDGS 的生产。

[0149] 发酵末残留的淀粉优选分离在酒糟水级分中,该级分随后蒸发以产生糖浆。通过本发明方法产生的湿饼级分,其可单独干燥以产生 DDG,并可比常规 DDG 具有更高的谷醇溶蛋白(如玉米醇溶蛋白)。本发明方法允许改变糖浆和湿饼的混合比。这产生具有不同比率的谷醇溶蛋白(如玉米醇溶蛋白)和残留淀粉的 DDG/DDGS。当湿饼中残留淀粉减少,湿饼中蛋白质就增加。此指示一种反向关系。类似的效应发生在糖浆级分中。

[0150] 淀粉被认为可分离入液体级分中。DDGS 中的淀粉量可通过在干燥前或干燥期间不同的时间以每磅湿饼固形物 0 磅糖浆固形物干重至 1.2 磅糖浆固形物的比率混合糖浆而改变,从而产生最终的 DDGS 产品。残留淀粉不成比例的分入回糟或酒糟水级分时可对这些级分进行上述烧尽和二次发酵。由于酒糟水蒸发产生糖浆,离心的物料平衡(massbalance)也使得能根据所需特性及它们对 T_g 的依赖性而产生具有不同 T_g 值的 DDGS。

[0151] 排放

[0152] 本发明具有排放优势。排放优势引起乙醇制造过程中所产生的联产品减少。在来自谷粒胚芽级分的糖化醪中油和脂的提取显著减少。一般在蒸煮和液化期间形成的美拉德

反应的联产品减少。且还有发酵联产品的减少。这些现象引起联产品回收期间排放物的减少。挥发性有机物 (VOC)、一氧化碳 (CO)、氧化氮化合物 (NO_x)、二氧化硫 (SO₂) 及其他排放物的浓度和排放速率显著降低,参见表 1。需要指出的是其它制造商试图通过生产湿饼代替干燥成 DDG 或 DDGS 而减少排放。

[0153] 本发明还涉及挥发性有机化合物 (VOC) 如由干燥发酵产物而产生的挥发性有机物 (VOC)。本发明方法包括生产相比常规方法产生较低 VOC 水平的乙醇、干酒糟和其它有用的发酵产品。例如,本发明方法中干燥蒸馏产物 (例如,用过的谷物) 产生水平降低的 VOC。

[0154] 例如,利用玉米的常规发酵方法按每吨加工的玉米计从干燥蒸馏产物中产生约 2.1 磅 VOC。实际的烟囱排放量可因污染控制设备而更低。本发明方法产生至少 30% VOC 产量的减少,至每吨加工的玉米约 1.47 磅或更低。该排放物的减少是出乎意料的却是非常有意义的,而且使得排放物减少控制技术如热氧化剂得以更有效的利用。

[0155] 由发酵过程产生的 VOC 包括乙醇、乙酸、甲醛、甲醇、乙醛、丙烯醛、糠醛、乳酸、蚁酸和甘油。

[0156] 本发明还涉及如由干燥发酵过程的产物而产生的一氧化碳 (CO)。本发明方法包括生产相比常规方法产生较低 CO 水平的乙醇、干酒糟和其它有用的发酵产品。例如,本发明方法中干燥蒸馏产物 (例如,用过的谷粒) 产生水平降低的 CO。

[0157] 例如,利用玉米的常规发酵方法按每吨加工的玉米计从干燥蒸馏产物中产生约 1.4 磅 CO。实际的烟囱排放量可因污染控制设备而更低。本发明方法产生 30% CO 产量的减少,达到每吨加工的玉米约 0.98 磅或更低。该排放物的减少是出乎意料的而且非常有意,且使得排放物减少控制技术,如热氧化剂得到更有效的利用。

[0158] 表 1:排放物的减少

[0159]

排放物类型		单位	常规运作	本发明的方法	排放物减少%
VOC	浓度	ppmv lb/dscf	663	459.65	30.67
	排放速率	lb/hr	13.35	7.91	40.75
CO	浓度	ppmv lb/dscf	434	234.13	46.05
	排放速率	lb/hr	9.1	4.94	45.71

[0160] 乙醇生产系统

[0161] 在一个实施方式中,本发明涉及生产乙醇的系统。本发明系统可以包括糖化设备 1,发酵设备 2,蒸馏设备 3,和干燥器设备 4。

[0162] 糖化设备 1 可以是适用于包含或进行糖化的各种设备中的任一种设备。糖化设备 1 可以是,例如,一种在其中可以将粉碎的植物材料转化成能够通过微生物如酵母进行发酵的糖的容器。可以对糖化设备 1 进行设置,以便将糖化混合物维持在适于糖化的条件下。可以对糖化设备 1 进行设置,以便为通过添加酶来转化粉碎的植物材料提供条件。在一个实施方案中,糖化设备 1 被设定为用于对液体与粉碎的植物材料进行混合以及向该液体添加糖化酶组合物。在一个实施方案中,糖化设备 1 被设定成用于在不同的 pH 值和温度下进行糖化,但是优选 pH 为 6.0 或更低,以及温度为大约 25 至大约 40°C。

[0163] 发酵设备 2 可以是适用于包含或进行发酵的各种设备中的任一种设备。糖化设备

1 可以是,例如,一种在其中可以将来自于粉碎的植物材料的糖发酵成乙醇的容器。可以设置发酵设备 2,以便将发酵混合物维持在适于发酵的条件下。在一个实施方案中,可以将发酵设备 2 设定为用于通过使用微生物如酵母来进行发酵。在一个实施方案中,可以将发酵设备 2 设定为发酵不经蒸煮的淀粉组合物,特别是糖化混合物。在一个实施方案中,该设备可以使用可以在适宜的时间内产生商业上有意义的乙醇量的任何种类的酵母。酵母可以通过已知用于向执行发酵的系统添加酵母的各种方法中的任一种方法而添加到设备中。可以将发酵设备 2 设定为用于在约 25 至约 40°C 的温度下进行约 25 至 150 小时发酵。

[0164] 糖化设备 1 和发酵设备 2 可以是一个整体设备。在一个实施方案中,设置该设备以在同时将粉碎的植物材料转化成糖以及发酵这些糖的过程中于早期提供较高的温度。在一个实施方案中,设置该设备,以在同时进行糖化和发酵的过程中于后期提供更低的温度。该设备也可以使用上述用于糖化和发酵的试剂和条件,包括酶和酵母。

[0165] 蒸馏设备 3 可以是适用于蒸馏发酵产品的各种设备中的任一种设备。可以,例如,设置蒸馏设备 3 以便从发酵混合物(“发酵醪”)中回收乙醇。在一个实施方案中,发酵混合物在进入蒸馏设备 3 之前进行热处理。在另一个实施方案中,在进入蒸馏设备 3 之前或之后用表面撇渣器或筛子除去大块的胚芽和纤维级分。

[0166] 干燥器设备 4 可以是适用于干燥蒸馏(以及任选的离心,例如,在离心系统中)后剩余的固形物的各种设备中的任一种设备。在一个实施方案中,设置干燥器设备 4 以便干燥回收的固形物,这可以导致干酒糟的产生。在蒸馏系统从发酵醪分离乙醇后,留下回收的固形物。这些回收的固形物然后可以在干燥器设备 4 中干燥。这产生干酒糟和/或干酒糟加可溶物。在一个实施方案中,干燥器设备 4 可以是或者包括环型干燥器。在一个实施方案中,干燥器设备 4 可以是或者包括急骤干燥器。在一个实施方案中,干燥器设备 4 可以是或者包括流化床干燥器。

[0167] 本发明可根据下列实施例而更好地理解。这些实施例意图代表本发明具体的实施方案,而并不试图限制本发明的范围。

实施例

[0168] 实施例 1- 本方法为来自于谷物干磨操作(胚乳,纤维,和胚芽)的底物提供了改进的功效

[0169] 本发明提供了发酵来自于谷物研磨(干分级分离)工艺的底物的改进的方法。由于除去了胚芽导致降低了糖化醪中的 FAN 水平,使本发明可用于发酵胚乳。本方法有助于谷物中的内源酶活性。与原始的糖化醪浆液相比达到了全玉米和脱纤维玉米发酵中 FAN 的显著增加。

[0170] 结果和讨论

[0171] 本方法可用于胚乳发酵,因为胚芽的去除导致降低了糖化醪中的 FAN 水平,如图 2A 所示。FAN 为酵母生长提供了所需的氮源并降低了高浓度(gravity)乙醇发酵中乙醇相关的压力。图 2A 反映了液化对降低发酵中可得到的 FAN 量的负面效果。在高温液化过程中糊精和可溶性糖的产生导致在糖的羰基基团与氨基酸和肽的氨基基团之间产生美拉德(Maillard) 缩合反应。这导致了潜在产量的损失(由于碳水化合物不能得到)以及减少用于维持有效高浓度发酵的糖化醪营养品质(nutritional quality)(由于 FAN 的降低)。

本方法还使得谷物中的内源酶活性能有助于糖化醪中可溶性糖和氨基氮的生成。这些有益的活性在常规的液化阶段中是不具有的。图 2B 中显示了进行不同干磨谷物级分发酵的 FAN 利用动力学。

[0172] 非常有意义的是注意到常规工艺中的 FAN 动力学对每一种谷物级份全部遵循相似的利用途径。在发酵的前半部分, FAN 在酵母生长的过程中被消耗。随后, 观察到 FAN 水平的增加, 大概是由于与酵母细胞的死亡和裂解相应的细胞 FAN 的释放而引起的。观察到在生淀粉工艺中初始 FAN 利用快速得多。还注意到生淀粉发酵结束时 FAN 显著增加。这种 FAN 的增加可能是酵母细胞死亡的结果, 因为生淀粉发酵中乙醇的生产速率快得多。也可能是由于来自于谷物中内源酶的 FAN 产生。注意到当胚芽被除去的时候, 在发酵的后半部分中 FAN 的增长减少了。这些观察结果提示了生淀粉工艺的另一个方面。

[0173] 图 2C 显示了 FAN 对在不使用回糟的时候进行的谷物级分发酵的影响, 比较和对比两种方法对额外添加 FAN 的灵敏度。很明显, 本发明的方法显著改善了来自干磨分级分离设备的用来进行发酵的潜在底物质量, 降低了额外 FAN 的重要性。本方法优于常规的液化方法, 因为常规的液化方法对通过 FAN 水平进行度量的底物质量的分解效果更为敏感。

[0174] 实施例 2- 本方法从分级分离的植物产品生产了高蛋白 DDG

[0175] 本发明证明了发酵之前对玉米进行分级分离可以在产生的 DDG 中提供高水平蛋白。

[0176] 材料和方法

[0177] 在发酵之前通过使用 Satake 分级分离系统对玉米进行分级分离。分级分离后, 应用葡萄糖淀粉酶和酸性真菌淀粉酶进行糖化在不蒸煮的情况下按照本发明对玉米进行发酵。发酵在 90° F 和 pH 为 5 的情况下进行。玉米固体进行发酵后, 蒸馏得到乙醇。剩余的固体随后进行干燥, 并且得到纤维、胚芽、和淀粉样品。所有分级分离样品在 Knifetec 上磨碎 20 秒。对这些样品随后分析淀粉、蛋白、脂肪、和中性去污剂纤维 (neutral detergent fiber) 含量。同时计算出每个样品的乙醇百分产量。关于这些试验如何进行的其它信息, 也可参考其它实施例的材料和方法部分。

[0178] 结果和讨论

[0179] 本方法与常规工艺相比产生了高蛋白 DDG 和高水平乙醇 (表 2)。表 2 显示了从每种纤维、淀粉、和胚芽样品的两个代表性样品中所产生的乙醇和 DDG 的结果。发酵 B 和 C 为代表性的淀粉样品, 产生了最高产量的乙醇和产生了具有最大蛋白百分比的 DDG (表 2)。两个胚芽样品产生了最低的乙醇产量和最高的脂肪百分比 (表 2)。纤维样品产生了最低的蛋白量 (表 2)。一般而言, 该表举例说明了分级分离增加了整个发酵和蒸馏过程中的蛋白保留率 (表 2)。

[0180] 表 2- 从玉米级分产生的乙醇和 DDG 组分水平

[0181]

发酵	乙醇 vol-%	淀粉% dw	蛋白% dw	脂肪% dw	NDR% dw	样品类型
A	8.10	0.00	22.51	17.93	30.90	纤维
B	12.11	3.58	42.46	5.66	12.99	淀粉

发酵	乙醇 vol-%	淀粉% dw	蛋白% dw	脂肪% dw	NDR% dw	样品类型
C	11.75	0.55	43.83	7.73	13.84	淀粉
D	6.39	0.57	26.18	26.81	13.33	胚芽
E	6.58	0.00	18.31	14.43	42.34	纤维
F	4.68	0.34	22.70	29.49	17.63	胚芽

[0182] 实施例 3- 本方法提供了改进的玉米纤维发酵

[0183] 本发明提供了改进的发酵来自谷物研磨（干分级分离）工艺的玉米纤维底物的方法。本方法可用于借助发酵来温和地除去玉米纤维级分中的淀粉。典型地，玉米纤维级份中包含难以处理的 (recalcitrant) 淀粉沉淀物。本方法为玉米纤维中存在的淀粉提供了改进的利用方法。

[0184] 材料和方法

[0185] 在本实验中使用获自于 Broin Enterprises, Inc. (BEI) (Scotland, South Dakota U. S. A.) 的最终纤维。所使用的补给水 (makeup water) 是去离子水。利用硫酸 (0.5ml 10× 所需溶液) 将 550,000 加仑发酵罐的 pH 调节至 4.5。湿纤维在 Knifetech 磨上研磨两次 10 秒。将 20,000 加仑的酵母繁殖罐温度保持在 90 华氏度 (90° F), 繁殖罐时间为八 (8) 小时以及利用硫酸将 pH 值调节至 5.0。获自于 Fleischmann' s Yeast 的 Fali 酵母使用来自于工厂操作的补给水进行制备。使用 400L 剂量的商业上可购得的葡萄糖淀粉酶。

[0186] 结果和讨论

[0187] 表 3

[0188]

GA(L)	温度 (° F)	0 小时 (%乙醇)	16 小时 (%乙醇)	24 小时 (%乙醇)	40 小时 (%乙醇)
400	98	0	4.685	6.141	7.328
400	95	0	4.349	5.649	6.961
400	101	0	4.897	6.351	7.265
400	104	0	5.005	6.419	7.565

[0189] 本方法提供了有效的玉米纤维发酵 (表 3)。按乙醇产量来测量, 表 3 中的数据显示了使用本方法纤维发酵的正面效果。温度的变化显示了对乙醇回收的影响, 在较低的温度下乙醇回收是有效的。本方法有效地使在常规方法中典型地阻碍发酵的玉米纤维级分得到发酵。

[0190] 实施例 4- 本发明方法借助额外的胚芽或胚芽粉在胚乳发酵中提供了改进的乙醇动力学

[0191] 本方法提供了一种改进的发酵分级分离的谷物,例如来自于谷物研磨(干分级分离)工艺的分级分离谷物的方法。

[0192] 材料和方法

[0193] 使用308L Liquizyme SC AA(0.30ml的25X)的工厂等价剂量的蒸煮标准成分(Lab Dose)。工厂等价剂量(lab dose)的发酵标准成分包括660L的Spirizyme Plus 葡糖淀粉酶(0.25ml的10X),33L的蛋白酶(0.13ml的100X),4.4lbs的Lactrol(0.16ml的2,000X),没有尿素溶液。发酵温度的分段条件包括从0-24小时90° F,从24-48小时84° F,以及从48-65小时82° F。实验室剂量的酵母繁殖罐标准成分包括230mL去离子水,100mL回糟,70克麦芽糊精M040,0.44mL的5X,1.76mL的100X,1.07克,1.07克,1.70mL的1000X,0.13克硫酸锌,0.48克Fali酵母进行八(8)小时的繁殖,繁殖温度为九十度(90° F),从酵母繁殖罐中转移2.88mL到每个发酵罐中进行接种。

[0194] 工厂规模剂量是指550,000加仑发酵罐,并使用80mL实验室发酵罐。调整所使用的面粉克数和加入的补给水使每个发酵罐保持淀粉含量一致。利用硫酸将所有发酵罐的pH值调整到6.0。所使用的全部胚乳粉来自于已经研磨的BEI,并且所有的胚芽粉在KnifeTech磨上(3x10秒)。研磨作为对照使用的全玉米使其通过Lab 1.0mm筛进行筛选。利用硫酸将所有成滴样品(drop sample)的pH值调整到少于3.50以在干燥样品之前使剩余的酶活性失活从而进行组分分析。

[0195] 结果和讨论

[0196] 在发酵的开始,与液化胚芽相比,按照本方法产生的胚芽中乙醇百分比具有有规律的差异。这种差异在整个47小时的发酵内持续存在。在本发明胚芽粉和液化胚芽粉之间观察到相似的趋势。本方法通过额外的胚芽或胚芽粉在胚乳发酵中提供了改进的乙醇动力学。这些结果列于图3A、3B和3C中。

[0197] 应当注意的是,如在说明书和后附的权利要求中所使用的,除非另有明确规定,单数形式“一”、“一个”和“这个”包含复数所指事物。因此,例如,提到包含“一种化合物”的组合物时,包括两种或更多种化合物的混合物。还应当注意的是除非另有明确规定,术语“或者”通常使用其包括“和/或”的意思。

[0198] 说明书中所有的出版物和专利申请显示了本发明所属领域中普通技术人员的水平。

[0199] 本发明参照各种具体的和优选的实施方案和技术进行了描述。然而,应理解的是在仍属于本发明的精神和范围内可作许多改变和改进。

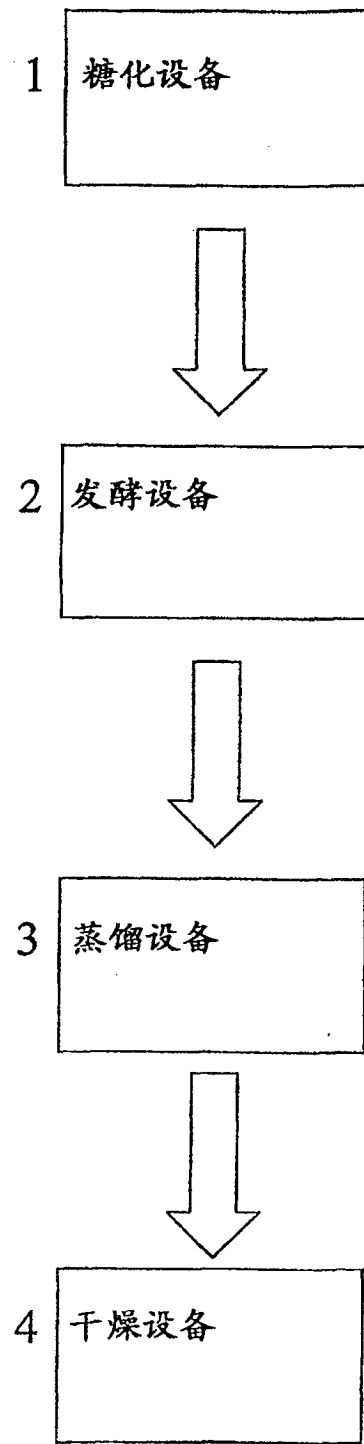


图 1

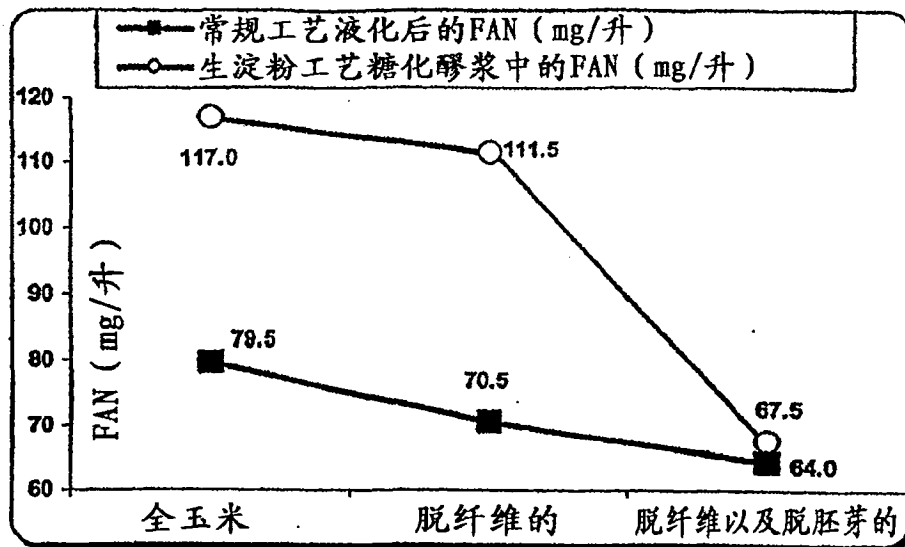


图 2A

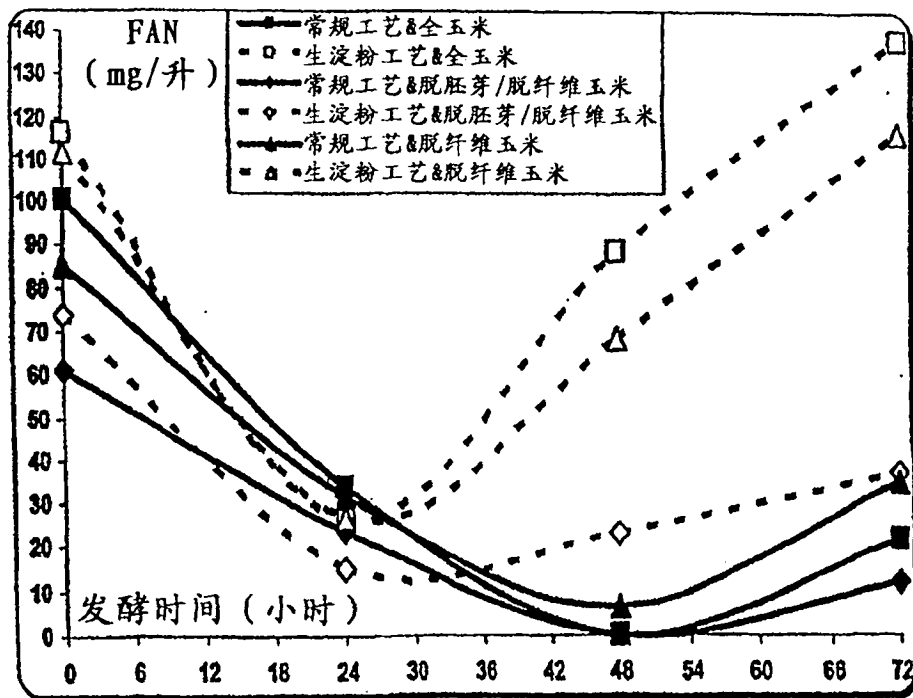


图 2B

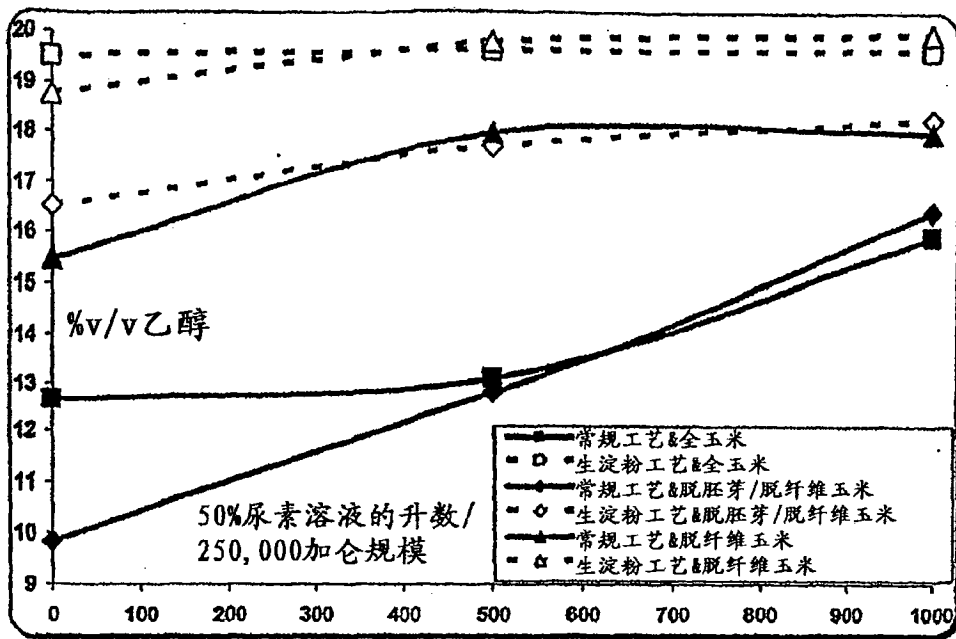


图 2C

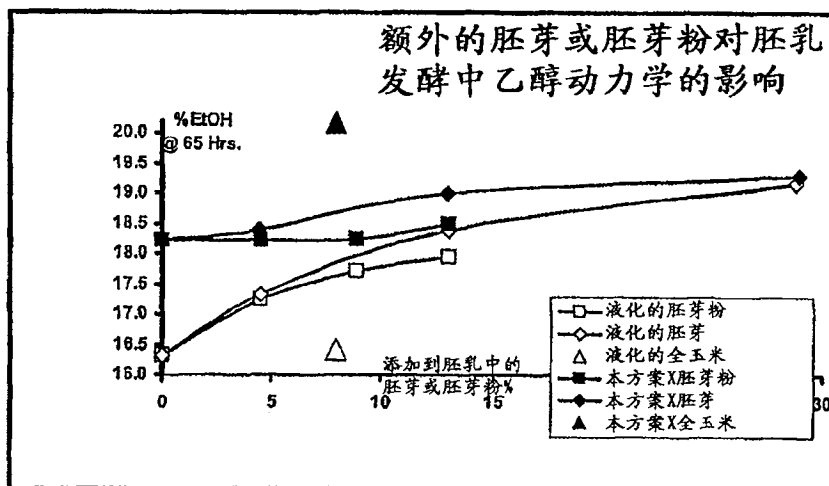
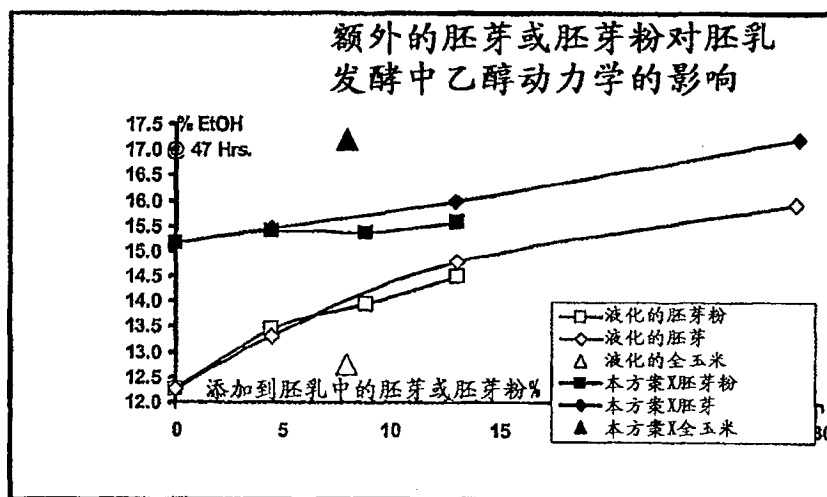
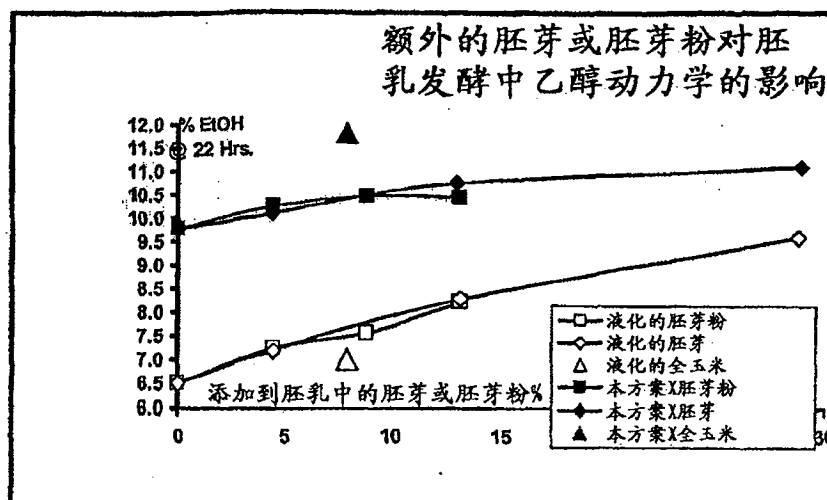


图 3A, 3B, 和 3C