

固态间歇补料乙醇生料发酵新工艺

许宏贤, 段钢

杰能科丹尼斯克亚太谷物加工酶应用中心, 无锡 214028

摘要: 浓醪发酵是酒精生产的发展方向。与现行酒精厂普遍采用的热蒸煮工艺相比, 生料发酵技术的发展使得浓醪发酵更容易进行。本研究首次在生料发酵中直接采用固态原料间歇补料, 比较了 STARGEN™ 生淀粉水解酶间歇补料工艺和传统无补料工艺, 并对不同补料方式进行了研究。结果表明: 与传统无补料生料发酵工艺相比, 在相同的干基配料浓度 30%、相同的生料酶添加量 0.22%(W/W)的条件下, 采用 15%的起始配料浓度、发酵 15~25 h 进行间歇补料的新工艺, 酒精产量从 17.06%提高到 18.50%。该间歇补料优化工艺的建立, 丰富了生料发酵技术的应用。

关键词: 生料发酵, 间歇补料, 浓醪发酵, 乙醇

Dry solid staging fermentation

Hongxian Xu, and Gang Duan

A Danisco Division, Genencor (Wuxi) Bio-products Ltd., Wuxi 214028, China

Abstract: Very high gravity (VHG) ethanolic fermentation is a new perspective technology for the fuel ethanol production. Compared with traditional hot cook process in most ethanol plants, uncooked process using milled grain slurry in combination with granular starch hydrolyzing enzymes makes high gravity fermentation much easier to control. In this study, dry solids staging technique was first time reported in uncooked process for fermentation ethanol. We further studied the difference between the new process and the batch fermentation, including different initial fermentation concentrations and different starting times. The results showed that at the same dry solid concentration of 30% and the same enzyme dose at 0.22% (W/W), the final ethanol output of new process was increased to 18.50% (V/V) from 17.06% (V/V) of the conventional process. This study demonstrated the new application of uncooked fermentation technology.

Keywords: uncooked fermentation, fed-batch solid-state fermentation, very high gravity fermentation, ethanol

从全球范围来看, 生物乙醇的生产导致了农作物需求的持续增长。持续上涨的农作物价格使得更多的酒精厂把目光集中到如何利用有限的原料生产出更多的酒精, 即最大限度地将农作物转化为乙醇, 同时在生产过程中使原料的损失降低到最低程度^[1,2]。新的生淀粉复合水解酶的出现, 使得无蒸煮的低能耗工艺大规模运作成为可能, 为生物乙醇的生产带来了革新^[3-7]。

发酵法生产乙醇主要由淀粉质原料如玉米、小麦、高粱、木薯进行生产, 玉米则是发酵法生产乙醇的最主要原料之一。典型的传统生产工艺, 是在干法粉碎的谷物中加水制成粉浆, 加入 α -淀粉酶, 粉浆经过高温蒸煮(105°C~130°C)使其中的淀粉糊化和液化, 蒸煮醪冷却后加入糖化酶, 转化液化后的淀粉成为可发酵性糖, 调节 pH 并在糖化醪中添加酵母, 发酵葡萄糖产生乙醇和 CO₂ (图 1)。

Received: September 5, 2008; **Accepted:** December 8, 2008

Corresponding author: Hongxian Xu. Tel: +86-510-88557705; E-mail: Sophia.xu@danisco.com

如图 1 所示, 液化和糖化过程中要求淀粉颗粒在高温下处于膨胀状态, 并逐步被分解成可溶性糊精、低聚糖以及可发酵性糖。在生产过程中需要有热交换器、蒸汽喷射器和维持罐等设备。而在此过程中, 淀粉和可发酵性物质如游离糖的损失将直接导致原料利用率的下降。一项研究表明在 130°C, 原料颗粒直径 1.5 mm, 蒸煮 30 min 的条件下, 可发酵性糖的损失高达 6%^[8]。

为了顺应日渐扩大的生物乙醇市场, 越来越多的酒精厂关注如何利用有限的原料尽可能多生产出酒精, 同时关注在生产过程中如何使原料的损失降到最低。以前的生料发酵的研究着眼点是节约能量, 最近的研究表明利用生淀粉复合水解酶的非蒸煮工

艺, 不但能节约系统加热和冷却的能量, 而且能够有效地水解淀粉, 提高出酒率^[5-7]。图 2 是进行生料淀粉无蒸煮乙醇生产的工艺过程简图。

由图 2 与图 1 的比较可知, 生料发酵乙醇生产工艺去除了热交换器、蒸汽喷射器和维持罐等设备, 操作单元减少, 整个生产过程变得相对简单。生料酶的技术进步, 不仅去除了高温蒸煮过程, 而且减少了淀粉在高温蒸煮时的损失以及可发酵物质的损失, 同时发酵体系中的可发酵糖浓度在生料酶的作用下保持很低的状态, 从而使得酵母承受的压力很小, 生产酒精的效率很高, 因此, 原料利用率大大提高。值得关注的是, 因为在生料发酵过程中, 系统温度始终低于谷物糊化温度, 没有剧烈的反应,

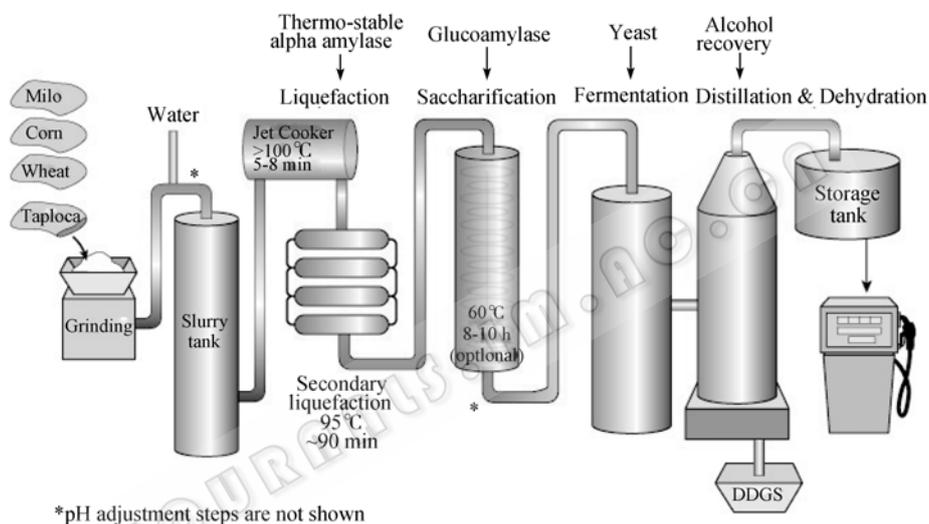


图 1 传统蒸煮工艺流程
Fig. 1 Conventional liquefaction process.

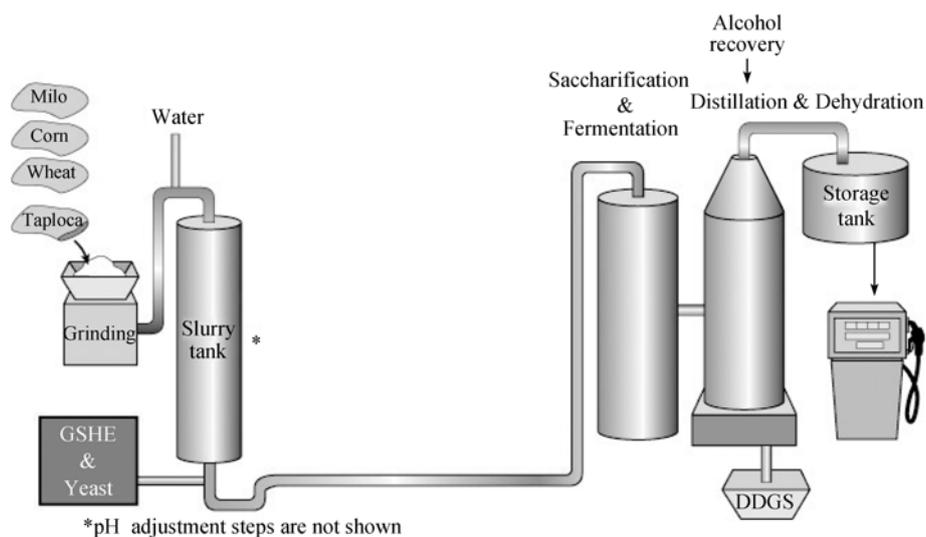


图 2 无蒸煮低能耗工艺流程
Fig. 2 Uncooked low energy process.

故不产生粘度问题,这对于高浓度发酵尤其重要;此外,生料发酵过程比较平稳,对于系统冷却的要求也大大降低。这些技术革新对于设备投资以及工业上操作都有很大的益处。

众所周知,浓醪发酵是酒精行业的发展方向之一,更重要的是浓醪发酵对于生产企业提高效率、节约能源、保护环境等方面都有非常积极的促进作用^[9]。为此,在生料发酵乙醇生产工艺的基础上,本试验对浓醪发酵作了进一步的研究,这里所说的浓醪发酵是指配料浓度 DS (Dry solid) 30%或以上,DS% 是指绝干的谷物在醪液中的百分比,若考虑玉米的平衡水分为 14%,30% DS 即料水比 1:1.85 左右,这样高浓度的醪液如果采用传统液化工艺,醪液的粘度将非常大,输送将变得非常困难。生料发酵因为系统的温度低于淀粉糊化温度,因此没有黏度问题;同时由于颗粒淀粉处于未溶出状态,整个体系的渗透压很低,酵母生存的环境更健康,副产物减少,对酒精的耐受性增强,使如此高浓度的酒精发酵在工业上可行。在此基础上本试验进行了间歇补料生料发酵新工艺的研究,其乙醇生产工艺过程见图 3。

间歇补料生料发酵乙醇生产新工艺是指配料时所需水的量、酶制剂和营养盐的量以及酵母的添加量均按最终所需的发酵浓度进行配制,唯一不同之处在于原料不是在发酵开始时全部加入,而是在一定的时间段内分批添加,故名间歇补料生料发酵工艺。当比较图 2 与图 3 时会发现,采用间歇补料生

料发酵的新工艺,可以进一步减少操作单元,甚至可以将配料罐去除,这无疑简化了操作、降低了成本、提高了生产效益。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

1.1.1 实验材料

工业用玉米面取自中粮黑龙江肇东金玉酒精厂。酵母采用安琪牌酿酒高活性干酵母(耐高温型)。无水乙醇、葡萄糖、麦芽糖、甘油、乳酸、乙酸均来自北京色谱中心,为 HPLC 级。纯水由 Millipore 制备,纯水电阻 18.2 MΩ。主要酶制剂由杰能科国际公司提供,具体为颗粒淀粉水解酶: STARGENT™ 酶活力: 456 GSHU/g。

1.1.2 实验设备

高压液相色谱 Agilent 1100 系列。天平购自 Sartorius 系列。移液枪购自热电(上海)仪器有限公司。酸度计购自 Mettler Toledo Delta 320 系列。培养箱购自 Blue electric company。发酵罐为 NBS BioFlo® 110 台式模块式多功能生物发酵罐。

1.2 方法

1.2.1 发酵醪组成的测定

HP1100 高效液相色谱仪, HP Chemstations 色谱工作站, 色谱柱 Bio-rad 87H。色谱分离操作条件(常温下进行)流动相: 0.01 mol/L H₂SO₄; 流速: 0.6 mL/min; 柱温 60°C; 进样量 20 μL。

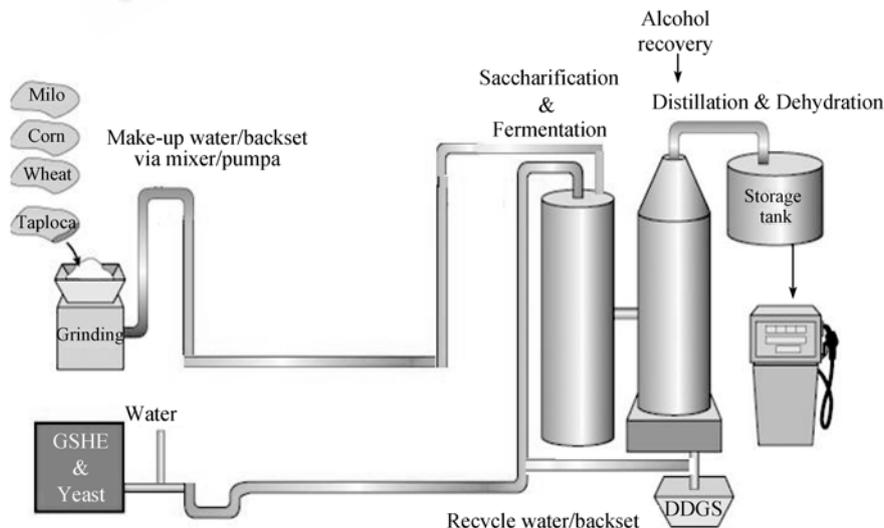


图 3 间歇补料生料发酵工艺流程

Fig. 3 Dry solids staging ethanol process.

1.2.2 残余淀粉含量的测定

采用酶法测定。将烘干的 DDGS 粉碎后经过酶法水解, 用 HPLC 测定水解液的葡萄糖含量, 经计算得到残余淀粉含量。

2 结果与分析

2.1 传统生料发酵乙醇生产工艺

取 550 g 全部通过 40 目筛(即颗粒度小于 0.420 mm)水份含量约 14%、淀粉含量 67%的全磨玉米粉, 加入 1.0 L 水, 置于 NBS BioFlo® 110 多功能生物发酵罐中, 用 26% 的硫酸调节醪液 pH 至 4.5, 加入颗粒淀粉水解酶 STARGENT™ 0.75 GSHU/g, 即每吨玉米粉添加 1.6 kg, 酵母和尿素添加量分别为 0.8%和 0.1%, 维持醪液温度恒定 30°C 开始发酵。整个发酵过程中, 由于体系粘度非常低, 为了避免沉淀的产生, 需持续搅拌, 搅拌速度约 150 r/min。在不同的时间段取样, 采用 HPLC 检测分析发酵醪组成; 72 h 结束发酵, 采样并进行残余淀粉含量测定(表 1)。

表 1 30% DS 传统生料发酵乙醇生产工艺发酵醪液 HPLC 分析结果

Table 1 Reaction products from conventional uncooked process fermentation of dry ground corn (30% DS) at 30°C, pH 4.5

Fermentation time (h)	DP>3 (g/dL)	DP3 (g/dL)	DP2 (g/dL)	DP1 (g/dL)	Ethanol (mL/dL)
24	0.46	0.00	0.03	0.08	10.73
47	0.30	0.00	0.05	0.04	15.13
72	0.34	0.04	0.07	0.00	16.34

由表 1 可知, 采用传统的生料酒酒精发酵工艺于 72 h 结束发酵时, 发酵醪中最终酒精浓度为 16.34%, 经杰能科生物工程有限公司内部残余淀粉标准方法测定, 该工艺的残余淀粉含量为 12.71%。

2.2 生料发酵间歇补料乙醇生产工艺

除了工艺不同, 其他所用一切如原料和试剂等均与步骤 2.1 传统生料发酵乙醇生产工艺相同。生料间歇补料具体工艺如下: 起始发酵醪的干物浓度为 15%(即传统生料工艺的一半), 颗粒淀粉水解酶 STARGENT™ 的添加量为 0.75 GSHU/g, 酶的添加量根据最终浓度 30% DS 计算得来, 即与试验 1 相同。发酵过程维持醪液温度恒定在 30°C, 在发酵进行 22 h 开始第一次补料, 以后每小时补 1 次, 经过

16 h 补加完毕(即: 在发酵进行 22 h 后开始补料, 38 h 后结束补料), 72 h 结束发酵, 采样并进行残余淀粉含量的测定(表 2)。

表 2 生料间歇补料乙醇生产新工艺发酵醪液 HPLC 结果
Table 2 Reaction products from solid staging process fermentation with loading of dry ground corn

Fermentation time (h)	DP>3 (g/dL)	DP3 (g/dL)	DP2 (g/dL)	DP1 (g/dL)	Ethanol (mL/dL)
6	0.26	0.03	0.05	0.36	2.69
21	0.20	0.03	0.02	0.05	7.94
25	0.22	0.04	0.02	0.03	9.18
30	0.36	0.04	0.02	0.04	10.40
38	0.53	0.09	0.19	0.13	11.98
46	0.44	0.05	0.02	0.15	14.17
72	0.28	0.05	0.04	0.00	17.16

由表 2 可知, 采用生料间歇补料乙醇生产新工艺于 72 h 结束发酵时, 发酵醪中最终酒精浓度为 17.16%, 经杰能科生物工程有限公司内部残余淀粉标准方法测定, 该工艺的残余淀粉含量为 11.1%。

比较表 1 和表 2 可知, 随着时间的延长、发酵的进行, 采用同等数量的原料, 同等加量的颗粒淀粉水解酶, 两种工艺发酵液中酒精的含量都在增长, 但是采用生料间歇补料乙醇生产新工艺的最终酒度明显高于传统生料工艺, 增长率大于 5%。由此可见, 采用生料间歇补料乙醇生产新工艺可以有效地增加原料的酒精产率。

一般酒精厂传统液化工艺酒精发酵醪酒精含量 11%~13%(mL/dL)的残余淀粉数用菲林滴定法在 1%~2%, 若用杰能科残余淀粉的方法测定, 其相应值在 3%~8%, 可见上述试验中的残余淀粉含量依然偏高, 故在今后的试验中生料酶的添加量有所增加。

2.3 不同起始浓度对生料间歇补料乙醇生产新工艺的影响

除了工艺不同, 其他所用一切如原料和试剂等均与 2.1 传统生料乙醇生产工艺相同。加入颗粒淀粉水解酶 STARGENT™ 的添加量由 0.75 GSHU/g 增加到 1.0 GSHU/g, 即对原料来讲 0.22%, 具体来讲每吨玉米粉添加 2.2 kg, 不同的起始干物浓度分别为 7%、10%、15%取对应数量的全部通过 40 目筛(即颗粒度小于 0.420 mm)的全磨玉米粉, 加入 1.5 L 水, 维持醪液温度恒定 30°C, 用 26% 的硫酸调节醪液 pH 至 4.7, 酵母和尿素添加量分别为 0.8%和 0.1%,

搅拌速度同前。在发酵进行 15 h 开始第一次补料, 每小时补 1 次, 经过 10 h 补加完毕(即: 补料开始于发酵进行 15 h 后, 于 25 h 时补料结束), 72 h 结束发酵, 采样并进行残余淀粉含量的测定。发酵过程中醪液酒度的变化如图 4 所示。

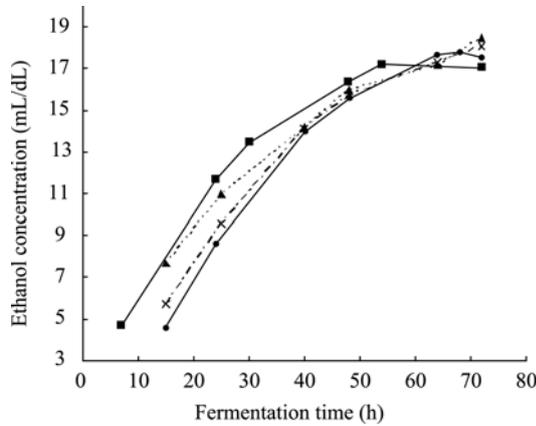


图 4 传统生料工艺与不同起始浓度间歇补料新工艺酒精度比较

Fig. 4 Conventional uncooking process vs. different initial DS dry solid staging process. ■: conventional uncooking process; ●: initial 7% dry solid staging process; ×: initial 10% dry solid staging process; ▲: initial 15% dry solid staging process.

由图 4 可知, 采用传统的生料酒精发酵工艺, 由于其起始浓度很高为 30%, 所以发酵初期醪液中酒精的含量高于间歇补料新工艺, 然而当发酵超过 48 h 后, 间歇补料新工艺逐渐显示出其优势, 这一点可由随着起始浓度的增加发酵后期酒度持续增加得到证明。

由表 3 可知, 在原材料、酶添加量、发酵周期相同的条件下若采用传统的生料酒精发酵工艺, 发酵醪中的最终酒精浓度为 17.06%, 若采用间歇补料生料发酵新工艺, 起始干物浓度 7%、10%、15%, 其发酵醪中最终酒精浓度分别为 17.57%、18.11%、18.50%, 逐步增长。与此同时, 经杰能科生物工程有限公司内

部残余淀粉标准方法测定, 传统的生料工艺残余淀粉含量为 12.17%, 间歇补料生料发酵新工艺, 起始浓度 7%、10%、15%残余淀粉含量分别为 12.47%、10.06%、8.7%, 随着起始干物浓度的增加残余淀粉含量有逐步下降的趋势, 这充分说明采用间歇补料生料发酵新工艺, 提高了酒精的产出, 提高了酶催化转化可发酵底物的比率, 提高了原料利用率。研究表明间歇补料工艺的起始干物浓度以 15%左右为宜。

表 3 传统生料工艺与间歇补料新工艺对比

Table 3 Conventional no-cooking process vs. dry solid staging process

Process	72 h ethanol (mL/dL)	Residual starch content (%)
Conventional no-cooking process	17.06	12.17
Initial 7% DS dry solid staging process	17.57	12.47
Initial 10% DS dry solid staging process	18.11	10.06
Initial 15% DS dry solid staging process	18.50	8.70

2.4 不同起始补料时间对生料间歇补料乙醇生产新工艺的影响

除了工艺不同, 其他所用一切如原料和试剂等均与 2.1 传统生料乙醇生产工艺相同。起始发酵醪的干物浓度为 15%(即传统生料工艺的一半), 取对应数量的全部通过 40 目筛(即颗粒度小于 0.420 mm)的全磨玉米粉, 加入 1.0 L 水, 维持醪液温度恒定 30°C, 用 26% 的硫酸调节醪液 pH 至 4.7, 加入颗粒淀粉水解酶 STARGENT™ 1.0 GSHU/g, 即对原料来讲 0.22%, 具体来讲每吨玉米粉添加 2.2 kg, 酵母和尿素添加量分别为 0.8%和 0.1% 开始发酵。其中一组在发酵进行 10 h 开始第 1 次补料, 每小时补加 1 次, 经过 15 h 补加完毕, 另一组在发酵进行 15 h 开始第 1 次补料, 每小时补加 1 次, 经过 10 h 补加完毕, 两组均于 72 h 结束发酵, 采样并进行残余淀粉的测定。结果分别如表 4、5 所示。

表 4 发酵 10 h 进行补料, 补料 15 h 实验结果

Table 4 Initial fermentation time 10 h and feeding for 15 h during the loading step

Fermentation time (h)	DP>3 (g/dL)	DP3 (g/dL)	DP2 (g/dL)	DP1 (g/dL)	Ethanol (mL/dL)	Residual starch content (%)
15	0.15	0.01	0.02	0.07	7.76	
24	0.25	0.01	0.02	0.13	10.75	
40	0.30	0.00	0.05	1.22	14.51	
48	0.27	0.00	0.05	1.08	15.48	12.47
64	0.23	0.01	0.09	0.47	17.42	
72	0.28	0.00	0.06	0.22	17.78	

表 5 发酵 15 h 进行补料, 补料 10 h 实验结果

Table 5 Initial fermentation time 15 h and feeding for 10 h during the loading step

Fermentation time (h)	DP>3 (g/dL)	DP3 (g/dL)	DP2 (g/dL)	DP1 (g/dL)	Ethanol (mL/dL)	Residual starch content (%)
15	0.13	0.00	0.03	0.17	7.68	
25	0.26	0.02	0.04	0.49	10.97	
40	0.28	0.00	0.04	1.25	14.19	
48	0.31	0.00	0.06	1.04	16.01	8.70
64	0.25	0.00	0.07	0.35	17.17	
72	0.32	0.03	0.11	0.47	18.50	

比较表 4A、4B 可以看出: 采取后一种补料方式即 15~25 h 补料与前一种补料方式即 10~25 h 补料相比较, 可以得到更多的酒精; 同时残余淀粉的含量也较低, 已经与正常浓度传统液化工艺接近。

3 讨论

间歇补料生料发酵酒精生产新工艺与传统生料发酵酒精生产工艺最大的区别在于其投料方式, 即不是将原料一次性投入, 而是在适当的时间采取适当的方式分批逐步完成, 使用同等数量的原料增加了酒精的产出。分析认为, 以下几个因素有可能产生这一结果。

1) 投料方式的改变有效地改善了发酵系统中的水活度, 这一点在发酵初期尤为明显。酒精的工业化生产酶制剂总是在过量底物的条件下进行反应, 对于浓醪发酵来讲, 相对高的水活度使得酶活增强, 从而提高了转化率, 增加了酒精的产量。

2) 由于投料方式的改变, 系统中酒精的含量在初期明显低于传统生料发酵, 这就使得酵母在发酵初期处于相对低酒精浓度的醪液中, 在酵母生长初期所受的酒精毒性相对减少, 有利于酵母的生长从而提高了酒精发酵的产量。

3) 由于投料方式的改变, 醪液中 pH、溶氧等情况都会产生相应的变化, 从而对酶活和/或酵母产生积极影响, 促进酒精的产出。

4 总结与展望

与传统的无补料生料发酵乙醇生产工艺相比, 间歇补料乙醇生产新工艺有如下益处:

1) 较显著地提高了发酵液中酒精的浓度, 有效地增加了发酵酒精的产量, 降低残余淀粉的含量,

提高原料利用率;

2) 生料发酵间歇补料新工艺使得配料均匀、混合充分, 底物吸水速度加快, 由于降低了发酵醪液起始浓度, 改善了系统中的水活度, 增强了酶的催化活力, 从而提高了原料转化率, 从而促进发酵;

3) 使去除配料罐成为可能;

4) 由于去除了配料罐, 染菌的几率有可能大大降低;

5) 有可能去除酵母种子罐;

6) 减少了酵母在发酵系统中所受的压力, 有利于酵母生长;

7) 可以使用颗粒非常细的原料进行酒精发酵, 因为该过程中完全不存在粘度问题, 而在传统蒸煮工艺中, 使用细的原料必将带来严重的粘度问题;

8) 生料发酵间歇补料新工艺既可用干的粉碎后的固体原料, 还可用于其他的含有颗粒淀粉的原料中, 如低温预处理的过程中。

REFERENCES

- [1] Duan G, Xu HX, Sun CP, *et al.* Progress on ethanol production technology—Breakthrough of new enzyme technology for producing ethanol from raw starch. *Food Ferm Indu*, 2006, **32**(7): 65–70.
段钢, 许宏贤, 孙长平, 等. 乙醇生产的技术进步—新型酶技术给乙醇生料发酵生产带来的突破. *食品与发酵工业*, 2006, **32**(7): 65–70.
- [2] Duan G, Xu HX. No-Cook process for rice fermentation alcohol. *J Food Sci Biotechnol*, 2008, **27**(1): 95–102.
段钢, 许宏贤. 大米生料发酵酒精生产的研究. *食品与生物技术学报*, 2008, **27**(1): 95–102.
- [3] Lantero OJ. Methods for producing ethanol from carbon substrates: WO patent, WO 2003066826. 2003-08-14.

- [4] Chotani GK, Kumar M, Pucci JP, *et al.* Methods for producing end-products from carbon substrates: WO patent, WO 2003066816. 2003-08-14.
- [5] Yoshizumi H, Matsumoto N, Fukuda O, *et al.* Process for producing alcohol by fermentation without cooking: US patent, US 4514496. 1985-04-30.
- [6] Lewis SM. Method for producing ethanol using raw starch: WO patent, WO 2004081193. 2004-09-23.
- [7] Olsen HS, Pedersen S, Festersen RM. Alcohol product processes: WO patent, WO 2004080923. 2004-09-23.
- [8] Balls AK, Schwimmer SI. Digestion of raw starch. *J Biol Chem*, 1994, **156**: 203–210.
- [9] Jiang XR, Duan G, Zhou HW. Q&A Handbook for Industrial Enzyme Application. 1st Ed. Beijing: China Light Industry Press, 2008.
姜锡瑞, 段钢, 周红伟. 酶制剂应用技术问答(第一版). 北京: 中国轻工业出版社, 2008.

工业生物技术创新与发展——第三届中国工业生物技术发展高峰论坛

《生物工程学报》专刊征文通知

工业生物技术是我国社会经济可持续发展的重要支撑,在当前能源资源短缺、粮食危机、生态环境恶化等日益严峻的形势下,必须大力发展工业生物技术,利用可再生资源,发展以生物催化和生物转化为核心的工业生物技术,生产能源、材料和化学品,从而解决粮食、环境污染等问题,构建可持续发展的和谐社会。

继2007年首届和2008年第二届中国工业生物技术发展高峰论坛在天津滨海新区取得圆满成功之后,2009年4月23~25日,第三届中国工业生物技术发展高峰论坛将在天津举行。此次论坛从主题、筹办理念、邀请嘉宾、组织形式等各个方面都有了全新的突破。除了大会报告以外,论坛将以战略篇、学术篇和国际篇等三大版块进行组织。

为传播会议成果,促进我国工业生物技术领域的交流和发展,《生物工程学报》将特辟专刊,于会后推出“工业生物技术创新与发展”——第三届中国工业生物技术发展高峰论坛专集。本专刊将集中反映有关生物能源、发酵生物产品、生物基化学品、生物炼制等的最新研究成果,促进有关创新研究。现特向国内外相关领域的专家学者和研发人员公开征集稿件,由专家遴选后的优秀论文将邀请为会议报告或通过《生物工程学报》正式出版。

专刊主题:工业生物技术创新与发展

一、征文范围

本专刊收录如下研究方向的论文,但不限于此:

- 1、工业酶与现代酶工程
- 2、工业生物催化
- 3、先进生物加工与绿色化学
- 4、代谢工程与合成生物学
- 5、系统生物技术
- 6、新一代工业发酵与生物炼制
- 7、生物能源与生物燃料
- 8、生物材料和生物基化学品
- 9、生物过程工程和生物系统工程

二、投稿要求

1. 投稿方式:通过《生物工程学报》投稿系统在线投稿,详见主页(<http://journal.im.ac.cn/cjbcn/>)投稿须知/投稿方式。

注意事项:投稿时,请在邮件主题栏注明“工业生物技术专刊投稿”字样。

2. 稿件格式:参照《生物工程学报》论文格式,详见主页/下载专区/生物工程学报写作及体例要求.pdf和生物工程学报中文模板.doc。

3. 投稿文章应未在正式出版物上发表过,也不在其他刊物或会议的审稿过程中,不存在一稿多投现象;应保证投稿文章的合法性(无抄袭、剽窃、侵权等不良行为)。

4. 其他投稿须知请参阅《生物工程学报》的主页。

5. 专刊投稿文章不收审理费;录用后正式刊发的文章将请作者提交版权转让承诺书,并按照《生物工程学报》相关规定收取版面费和支付作者稿酬,同时赠送样刊及单行本。

三、截稿日期:2009年3月15日