

啤酒糟的淀粉酶酶解工艺研究

任海伟^{1, 2, 3}, 邢军梅², 宋妍², 张曼芳², 裴芳霞², 刘晓风²

(1. 兰州理工大学 西部能源与环境研究中心, 甘肃 兰州 730050; 2. 兰州理工大学 生命科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050; 3. 西北低碳城镇支撑技术协同创新中心, 甘肃 兰州 730050)

【摘要】为充分转化利用啤酒糟资源, 探讨了啤酒糟酶解获得可发酵糖的可行性。在对啤酒糟主要组分进行分析的基础上, 采用淀粉酶进行酶解糖化, 以还原糖得率为指标, 研究了料液比、时间和加酶量 3 个因素对酶解糖化效率的影响。结果表明: 啤酒糟富含淀粉、粗纤维和蛋白质等成分, 含量分别为 23.31%, 19.71%和 11.62%, 其中淀粉含量最高。酶解工艺表明, 淀粉酶的最佳酶解条件为料液比 1:16、酶解时间 4h 和加酶量 6%, 该条件下还原糖得率达 19.19%。

【关键词】啤酒糟; 淀粉酶; 酶解; 还原糖

中图分类号: TS 261.9 文献标识码: A 文章编号: 2095-6495 (2015) 06-0069-03

Enzymolysis Conditions of Brewer's Spent Grain by Amylase

REN Hai-wei^{1, 2, 3}, XING Jun-mei², SONG Yan², ZHANG Man-fang², PEI Fang-xia², LIU Xiao-feng²

(1. Western China Energy & Environment Research Center, Lanzhou University of Technology, Lanzhou City, Gansu Province 730050;

2. School of Life Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou City, Gansu Province 730050;

3. China Northwestern Collaborative Innovation Center of Low-carbon Urbanization Technologies, Lanzhou City, Gansu Province 730050)

Abstract: For utilizing waste brewer's spent grain resources effectively, feasibility of obtaining fermentable sugars by enzymatic saccharification was discussed. Based on studying main physical and chemical components of BSG, starch in BSG was hydrolysed by amylase. Effects of time, enzyme concentration and liquid on solid ratio were studied to find out necessary condition and variation law of reducing sugar content. Results showed that there were starch, crude fiber, protein and fat in BSG. Content was 23.31%, 19.71%, 11.62% and 3.22%, respectively. Starch content was the most among them. Yield of reducing sugar reached 19.19% under optimum enzymatic condition of liquid to solid ratio 1:16, time 4 h, and enzyme concentration 6%.

Key words: brewer's spent grain; amylase; enzymatic saccharification; reducing sugar

我国是啤酒生产大国, 啤酒产量已经连续 8 年居

世界第一, 啤酒糟的产量也随之大幅提高。啤酒糟 (brewer's spent grain, BSG) 是啤酒生产过程中数量最多的副产品, 大约占啤酒总生产量的 1/4^[1]。每生产 1t 啤酒, 将排出 200~300kg 含水率在 80%~85% 以上的啤酒糟^[2]。由于其含水量大, 易腐烂, 不便于运输, 若直接排放或废弃, 不仅造成资源的浪费, 还会造成严重的环境污染。啤酒糟中含有丰富的淀粉、纤维、蛋白质和脂肪等组分, 主要用于动物饲料, 但由于啤酒糟产量较大, 仅作为饲料仍无法全部转化利用, 因

收稿日期: 2015-04-05; 修改日期: 2015-04-21

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51366009); 甘肃省自然科学基金项目 (145RJZA064, 148RJZA015); 甘肃省高等学校科研项目 (2014A-030); 兰州市人才创新创业专项 (2014-2-20); 兰州理工大学红柳青年教师培养计划项目 (Q201207)

作者简介: 任海伟 (1983—), 男, 山西孝义人, 副教授, 研究方向为生物质资源转化利用, E-mail: rhw52571119@163.com。

此需要开辟新的利用途径。若能将啤酒糟通过酶解糖化降解为葡萄糖等可发酵糖,为微生物繁殖代谢提供碳源,既扩大了啤酒糟的利用渠道,促进啤酒产业的循环发展,又能为企业创造良好的经济效益^[3]。

国外对啤酒糟的科学研究较多,如将啤酒糟加入到建筑材料中提高材料的多孔性;作为吸附剂吸收水溶液中的铜离子;生产啤酒酿造酵母的载体的底物以及作为风味物质加入到即食食品中^[4]。这些研究大部分都集中在啤酒糟中蛋白质及纤维方面,但有关淀粉酶酶解工艺的研究还较鲜见。本文拟以啤酒糟为原料,在确定啤酒糟主要成分的基础上,利用淀粉酶进行酶解糖化,并确定其酶解参数,为啤酒糟的回收利用提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

啤酒糟,青岛啤酒甘肃农垦股份有限公司提供,自然晾干(水分含量为8.25%),粉碎后过50目筛备用;3,5-二硝基水杨酸,上海中泰化学试剂有限公司; α -淀粉酶(酶活力3700U/g,最适温度70℃,最适pH值7.0),北京奥博星生物技术有限责任公司;其余试剂均为分析纯。

HH-4数显恒温水浴锅,国华电器有限公司;TDL-5-A离心机,上海安亭科学仪器厂;GZX-9240MBE数显鼓风干燥箱,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;Cary 50紫外可见分光光度计,上海精密科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 啤酒糟理化成分的测定

水分含量测定参照GB 5009.3-2010,粗纤维含量测定参照GB/T 5009.10-2003,淀粉含量测定参照GB/T 5009.9-2008,蛋白质含量测定参照GB 5009.5-2010,脂肪含量测定参照GB/T 5009.6-2003。

1.2.2 啤酒糟酶解工艺

称取2g啤酒糟原料,按一定的料液比加入缓冲液,每个做3个平行,加入淀粉酶,48℃恒温酶解,酶解结束后沸水浴灭酶,快速冷却后3000r/min下离心10min,收集上清液于50mL容量瓶并定容,测定其中还原糖含量。

分别研究料液比(1:8、1:10、1:12、1:14、1:16和1:18)、酶解时间(1、2、3、4、5和6h)和加酶量

(1%、2%、3%、4%、5%和6%)等因素对还原糖得率的影响。固定其他因素,考察某单因素对还原糖得率的影响,选择最佳酶解工艺。

1.2.3 还原糖含量的测定

采用3,5-二硝基水杨酸(DNS)法测定还原糖含量^[5]。以葡萄糖为标样做得标准曲线为:

$$\text{吸光度值 (Abs)} = 1.4934c - 0.0237$$

$$R^2 = 0.9949$$

式中: c 为浓度,mg/mL。

2 结果与分析

2.1 啤酒糟理化成分分析

表1 啤酒糟理化成分分析(以干基计,%)

项目	粗脂肪	粗纤维	粗蛋白	灰分	淀粉
含量	3.22±0.09	19.71±0.03	11.62±0.09	3.63±0.02	23.31±0.08

由表1可知:淀粉含量最多,达23.31%,粗纤维和粗蛋白次之,粗脂肪含量最少。而淀粉是葡萄糖的高聚体,完全水解后得到葡萄糖。因此可将淀粉进一步用淀粉酶水解测定其还原糖的含量。表1中的啤酒糟理化成分与表2中的成分有明显差别。这是因为啤酒糟由不同厂家提供,来源不同,而且啤酒糟理化成分的差别会因为所采用大麦的种类、收获时间、制麦与糖化工艺、辅料谷物的特性和辅料的添加量等因素的不同而有变化。

表2 不同啤酒糟理化成分(以干基计,%)

来源	粗脂肪	粗纤维	粗蛋白	灰分	淀粉	文献
南阳天冠啤酒	7.8	-	21.8	3.0	3.0	[6]
北京燕京啤酒	5.3	13.4	25.3	4.2	-	[7]

2.2 酒糟酶解工艺

2.2.1 料液比对还原糖得率的影响

固定淀粉酶的加酶量为5%,酶解时间为6h。由图1可知:料液比对还原糖得率的影响不是特别显著。在料液比1:8~1:12时,随着料液比减小,还原糖得率增加,1:14时基本保持不变,在料液比为1:16时还原糖得率最高,为15.42%;当料液比低于1:16时,还原糖得率反而下降。这是因为,当料液比较大时,反应体系黏稠,流动性差,原料不能均匀分散到反应体系,影响与淀粉酶的接触面积。同时,溶液中的大量水分与淀粉结合变成结合水,不利于酶的分散及与物质的充分接触。因此确定最佳料液

比为 1:16。

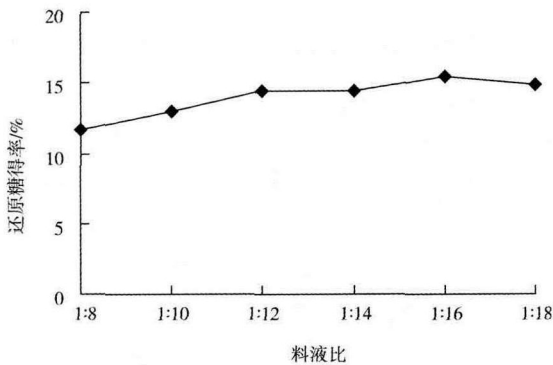


图 1 料液比对还原糖得率的影响

2.2.2 时间对还原糖得率的影响

固定料液比为 1:16，淀粉酶的加酶量为 5%。由图 2 可知：在时间 1~2h 范围内，随着酶解时间的增加，还原糖得率增加，在 3h 时得率稍有下降，酶解 4h 时，得率趋于平稳，酶解时间再增加时，得率不再增加，基本处于稳定状态。这是因为淀粉酶催化反应产物对酶的活性具有反馈调节作用，抑制了酶的活性，使酶促反应速率减慢；也可能是淀粉已基本被水解完全。所以，选择最佳酶解时间为 4h。

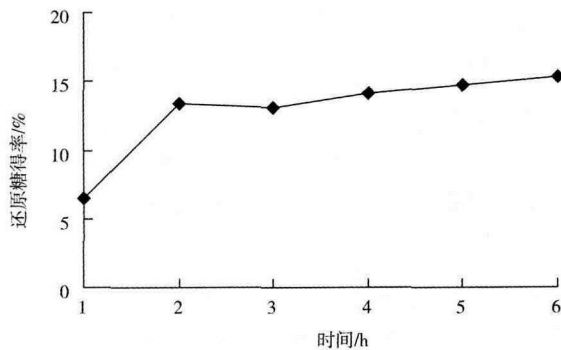


图 2 时间对还原糖得率的影响

2.2.3 加酶量对还原糖得率的影响

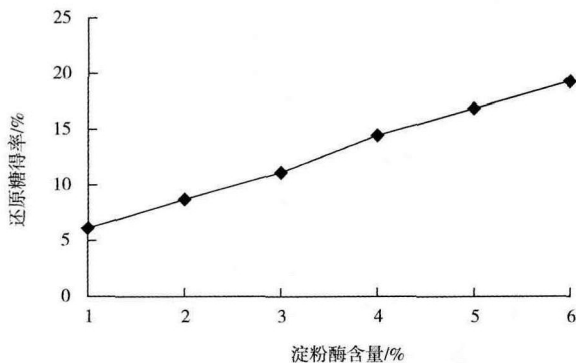


图 3 淀粉酶含量对还原糖得率的影响

固定料液比为 1:16，酶解时间为 4h。由图 3 可知：随加酶量的持续增加，还原糖得率也逐渐升高，底物遇酶后水解的越充分，加酶量为 6% 时，得率最高，达 19.19%。因此，综合考虑成本因素和还原糖得率，选择最佳加酶量为 6%。

3 结论

通过淀粉酶可以将啤酒糟中的淀粉水解为葡萄糖等可发酵糖分，为微生物繁殖代谢提供碳源来发酵生产燃料乙醇等生化产品。研究发现废弃啤酒糟中淀粉含量较高，可对其进行充分利用，减少资源浪费。料液比、酶解时间和加酶量对提高啤酒糟还原糖得率都有一定的作用。酶解参数结果表明，以啤酒糟为原料，采用淀粉酶对其进行酶解的最优条件为料液比 1:16、酶解时间 4h 和加酶量 6%，在此条件下还原糖得率达到 19.19%。

参考文献

- [1] 刘长江, 宣丽, 宗绪岩, 等. 不同物理方法对啤酒糟蛋白溶解性的影响 [J]. 食品工程·技术, 2010, (7): 123-126.
- [2] 潘真清, 陈涛, 章兵. 白腐菌利用啤酒糟液态发酵产木聚糖酶酶学性质的研究 [J]. 食品与发酵科技, 2010, 46 (2): 81-85.
- [3] 李志忠, 徐娜, 任海伟, 等. 酶法提取白酒丢糟中蛋白质的工艺研究 [J]. 农业机械: 粮油加工, 2013, (12): 45-48.
- [4] 何元哲, 李冰, 田应娟, 等. 不同提取方法提取的啤酒糟蛋白氨基酸组成比较 [J]. 食品工业科技, 2010, (6): 68-72.
- [5] 刘欢, 贺连斌, 魏静, 等. 纤维素酶和半纤维素酶改性胡萝卜纤维的研究 [J]. 食品与发酵工业, 2011, 37 (2): 78-81.
- [6] 肖连冬, 许彬, 臧基, 等. 基于 BP 神经网络和遗传算法研究啤酒糟不溶性膳食纤维的酶法脱脂工艺 [J]. 食品科学, 2010, 31 (14): 18-21.
- [7] 邓启华, 傅力, 王德良, 等. 啤酒糟成分测定及饲料开发的研究: 蛋白含量和纤维组分的分析 [J]. 啤酒科技, 2008 (12): 52-54.

C&O