小麦β-淀粉酶生产啤酒用糖浆糖化工艺条件的优化

周春海

（广州双桥股份有限公司，广东广州 510280）

摘要：本文以新型淀粉酶（小麦β-淀粉酶）替代传统工艺使用的大麦β-淀粉酶糖化淀粉液化液生产啤酒用糖浆，同时，探讨了小麦β-淀粉酶的添加量、糖化温度、pH值、时间等因素对麦芽糖含量的影响。试验结果结合经济效益，得出最适合的工艺条件为：小麦β-淀粉酶添加0.010%（*m/m*），糖化温度61 ℃，pH值5.5、糖化24 h。

关键词：小麦β-淀粉酶；糖化；麦芽糖含量

文章篇号：1673-9078(2012)3-297-299

Optimization of Saccharification Conditions of Syrup for Brewing Produced by Wheat β-Amylase

ZHOU Chun-hai

(Guangzhou Shuangqiao Co., Ltd, Guangzhou 510280, China)

Abstract: This paper studied the use of a starch enzyme (wheat β-starch enzyme) instead of the traditional technology using of barley β-starch enzyme in saccharification of starch liquefaction liquid to produce syrup for brewing. Meanwhile, effects of some factors on maltose content, such as added amount of wheat β-starch enzyme, saccharification temperature, pH value, and saccharification hours, were discussed. These studies concluded the optimum conditions combined with economic benefit which wheat β-starch enzyme added 0.010% (*m/m*), saccharification temperature at 60 ℃, pH value 5.5, and saccharificate for 24 hours.

Key words: wheat β-amylase; saccharification; maltose content

啤酒糖浆是随着食品工业的快速发展、顺应市场需求而产生的专用糖浆。啤酒用糖浆按照用途可分为代替辅料糖浆（啤酒用糖浆A型）、可代替辅料的糖浆（啤酒用糖浆B型）、酿造特种啤酒所用的专用糖浆，如低聚异麦芽糖浆等（啤酒用糖浆C型）[1]。β-淀粉酶（又称α-1,4葡聚糖麦芽糖水解酶）是一种外切型淀粉酶，它作用于淀粉时，从淀粉分子非还原端开始依次切开间隔的α-1,4糖苷键，生成麦芽糖，与此同时将C_1的构型由α型转为β型[2]。β-淀粉酶不能水解支连淀粉的α-1,6糖苷键，也不能跨过分支点α-1,6糖苷键而切开内部的α-1,4糖苷键，因此它不能彻底水解支连淀粉[3]，通常工业上啤酒用糖浆的生产是β-淀粉酶与脱支酶、α-淀粉酶等多种酶协协同作用下完成的[4]。

目前国内企业生产啤酒用糖浆普遍使用大麦β-淀粉酶，糖化过程经常存在糖化液pH下降导致麦芽糖含量不合格现象，一般通过提高糖化温度来克服，但这将影响到β-淀粉酶活力的持久性。而小麦β-淀粉酶作为一种新型的麦芽糖生成酶，其用于生产啤酒用糖浆的糖化特性鲜为人知。为此，本实验参照公司淀粉糖车间现有的啤酒用糖浆糖化工艺条件，对小麦β-淀粉酶用于生产啤酒用糖浆的糖化工艺条件进行了研究和优化。

收稿日期：2011-12-13

基金项目：广东省教育部产学研结合项目（2007B090200010、2010B090400106）

作者简介：周春海（1977-），助理工程师

1 材料与方法

1.1 材料

淀粉液化液（取自本公司液化岗位）、小麦 β-淀粉酶（WBA 酶，国内酶制剂供应商提供的样品，活力 700,000 U/mL）、大麦 β-淀粉酶（BBA 酶，进口酶制剂，1325°DP/g）、普鲁兰酶（进口酶制剂，酶活＞1000 ASPU/g）、糖化酶（酶活 126,118 U/g）；盐酸、氢氧化钠均为分析纯。

1.2 仪器与设备

DK-S26 型电热恒温水浴锅，上海森信；AUY220 电子天平，日本岛津；DR-A 折光仪，日本 ATAGO；MP230 酸度计，瑞士梅特勒；2414 高效液相色谱仪，美国 Waters。

1.3 方法

1.3.1 啤酒用糖浆的糖化工艺流程

液化液（DE 值 10~13）→调 pH 值→加入 β-淀粉酶、普鲁兰酶→糖化（12 h）→加入糖化酶→糖化→灭酶→检测糖液组分含量

1.3.2 糖组分含量的检测

糖液组分含量用 Waters 高效液相色谱检测。

检测步骤为：糖化液加炭脱色，煮沸，冷却，过滤，用蒸馏水将其固形物调至2%，固定相：Shodex SC1011，流动相：超纯水，示差折光检测器。检测器温度：35 ℃，进样量：20 μL，流速：0.5 mL/min，柱温：80 ℃。

1.3.3 液化液的制备

液化液取自本司淀粉糖车间液化岗位。首先将液化液 pH 值调到 3.0 左右进行灭酶处理，测其各理化指标，之后将其放置 65 ℃保温待用。液化液各指标值如表 1 所示。

表 1 液化液各理化指标

Table 1 Physical and chemical indicators of liquefacted solution

DE 值	固形物/%	糖组份含量			
		葡萄糖/%	麦芽糖/%	麦芽三糖/%	四糖及以上/%
12.64	32.65	0.65	3.05	5.14	91.16

1.3.4 WBA 酶和 BBA 酶糖化能力对比

将 1.3.3 制备的液化液 pH 值调为 5.5，加入普鲁兰酶（0.002%，*m/m*，以下同），称取等量的两份，分别加入等成本的 WBA 酶（0.010%）和 BBA 酶（0.008%）。将其放入 63 ℃水浴锅进行糖化，12 h 后加入定量糖化酶（0.001%），共糖化 18 h、20 h、22 h、24 h、26 h 后灭酶并测定糖组分含量。

1.3.5 糖化温度对啤酒用糖浆糖化的影响

将 1.3.3 制备的液化液 pH 值调至 5.5，加入定量的普鲁兰酶和 0.010%的 WBA 酶，分别在 57 ℃、59 ℃、61 ℃、63 ℃、65 ℃下进行糖化，12 h 后加入定量糖化酶，继续糖化至 24 h 取样、灭酶并检测其糖组分含量。

1.3.6 pH 值对啤酒用糖浆糖化的影响

在 1.3.3 制备的液化液中加入定量的普鲁兰酶和 0.010%的 WBA 酶，取等量的 5 份，分别将其 pH 值调至 4.5、5.0、5.5、6.0、6.5，使其在 61 ℃下进行糖化，其后步骤同 1.3.5。

1.3.7 WBA 酶添加量对啤酒用糖浆糖化的影响

取等量的 5 份 1.3.3 制备的液化液，将其 pH 值调至 5.5，分别加入定量的普鲁兰酶和 0.006%、0.008%、0.010%、0.012%的 WBA 酶，在 61 ℃下进行糖化，其后步骤同 1.3.5。

1.3.8 糖化时间对啤酒用糖浆糖化的影响

将 1.3.3 制备的液化液 pH 值调至 5.5，加入定量的普鲁兰酶和 0.010%的 WBA 酶，将其放入 61 ℃水浴锅进行糖化，12 h 后加入定量糖化酶，分别在糖化 18 h、20 h、22 h、24 h、26 h 取样、灭酶并检测其糖组分含量。

2 结果与分析

2.1 WBA 酶和 BBA 酶糖化能力对比

啤酒用糖浆要求麦芽糖含量≥55，因此，本实验以糖化后麦芽糖含量为指标来评判 WBA 酶和 BBA 酶的优劣。图 1 为加入等成本的 WBA 酶和 BBA 酶糖化不同时间麦芽糖含量的变化。

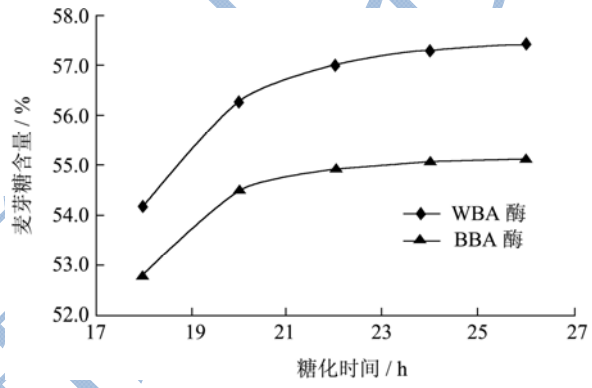


图 1 等成本 WBA 酶和 BBA 酶糖化能力对比

Fig.1 Saccharification abilities of WBA and BBA enzyme (cost equally)

由图 1 可知，相同条件下 WBA 酶和 BBA 酶糖化生成麦芽糖含量随时间的变化趋势相近，糖化 24 h 之后麦芽糖含量趋于平缓。WBA 酶较 BBA 酶糖化生成麦芽糖能力强，可以满足生产啤酒用糖浆的组分要求，糖化 20 h 时麦芽糖生成量即达 56.28%，而 BBA 酶在作用 24 h 时麦芽糖含量仅为 55.07%。

2.2 温度对啤酒用糖浆糖化的影响

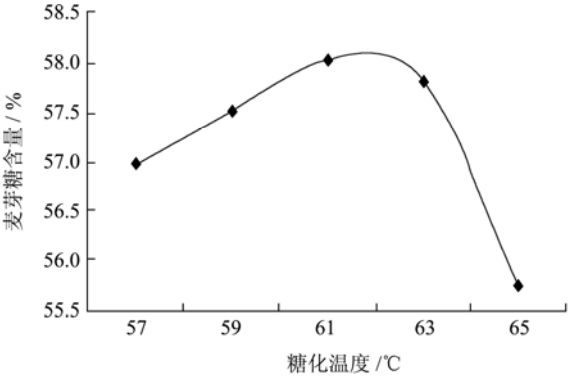


图 2 糖化温度对麦芽糖生成量的影响

Fig.2 Influence of temperature on maltose content

图 2 显示随着温度的升高，麦芽糖含量先增大后减小，在糖化温度为 61 ℃时麦芽糖生成量最大，

大于 63 ℃后，糖化生成的麦芽糖含量急剧下降，由图可知，60~63 ℃是 WBA 作用的适合范围。

2.3 pH 值对啤酒用糖浆糖化的影响

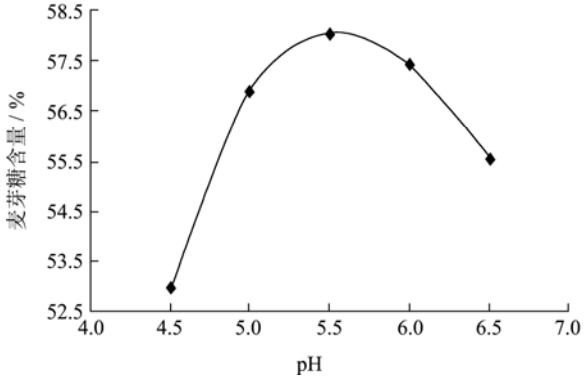


图 3 pH 值对麦芽糖生成量的影响

Fig.3 Influence of pH on maltose content

图 3 显示 pH 值对 WBA 酶的作用效果有显著的影响，相同条件下，pH 低于 4.5 或者高于 6.5 都不适于麦芽糖的生成，pH5.5 时 WBA 酶生成麦芽糖能力最强，达 58.02%。

2.4 酶添加量对啤酒用糖浆糖化的影响

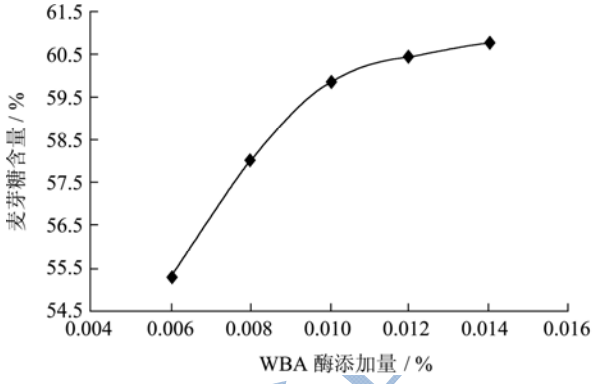


图 4 WBA 酶添加量对麦芽糖生成量的影响

Fig.4 Influence of WBA enzyme preparation amount on maltose content

由图 4 可知，麦芽糖生成量随着 WBA 酶的添加量增大而增大，WBA 酶添加量超过 0.010%后，麦芽糖含量的变化受酶的添加量影响减小，考虑到公司目前生产啤酒用糖浆的工艺及对成本的控制，选择 WBA 酶添加量为 0.010~0.012%较为合适。

2.5 糖化时间对啤酒用糖浆糖化的影响

由图 5 可知，麦芽糖生成量随着 WBA 酶作用时间的延长而增大，WBA 酶作用时间为 22 h 时，麦芽糖生成量达到 59.44%。之后，时间延长对麦芽糖含量的增长影响减弱，结合生产实际，建议将 WBA 酶糖化时间定为 22~24 h。

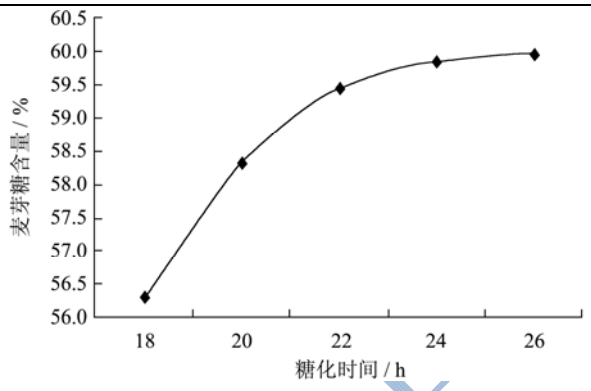


图 5 糖化时间对麦芽糖生成量的影响

Fig.5 Influence of saccharification time on maltose content

2.6 WBA 酶生产啤酒用糖浆糖化工艺的验证

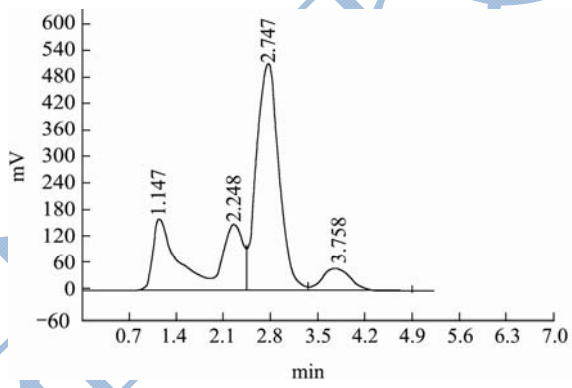


图 6 WBA 酶生产啤酒用糖浆糖化结束时各组分含量

Fig.6 The composition of saccharification solution produced by WBA

在添加小麦 β-淀粉酶 0.010%（*m/m*），糖化温度 61 ℃，pH 值 5.5、糖化 24 h 的工艺条件下，得到啤酒用糖浆色谱图及组分含量如图 6 所示：葡萄糖含量 6.68%，麦芽糖含量为 58.80%，麦芽三糖 14.63%，四糖及以上含量为 19.89%，从中得知糖组分含量符合 QB/T 2687-2005 啤酒用糖浆 A 型（对麦芽糖含量要求高）的组分要求，即葡萄糖≤10%，麦芽糖≥55%，麦芽三糖≤20%[5]。

3 结论

小麦β-淀粉酶成功替代传统工艺使用的大麦β-淀粉酶用于生产啤酒用糖浆，为淀粉糖行业各企业开拓了新的生产工艺。本文试验结果结合生产成本，得出最适合的工艺条件为：小麦β-淀粉酶的添加量为 0.010%（*m/m*），糖化温度61 ℃，pH值5.5，糖化时间为24 h。

实验以实际生产为基础，与生产实际紧密联系，实验结果可直接应用于工业生产，并为其他工厂及研究人员的进一步研究提供了可靠依据。

参考文献

[1] 段钢,周红伟,姜锡瑞.利用酶制剂提高啤酒糖浆质量[J].食品工业科技, 2005, 26(3): 86-88

[2] 尤新.淀粉糖品生产与应用手册[M].北京:中国轻工业出版社, 1997

[3] 彭照文.淀粉糖工业相关的酶制剂[J].福建轻纺, 2002, 9: 11 -14

[4] 徐丽霞,扶雄,黄强.淀粉酶在麦芽糖生产中的应用[J].中国甜菜糖业, 2007, 4: 29-31

[5] 周彦斌,徐正康,郭峰等.大麦麦芽替代大麦 β-淀粉酶生产高麦芽糖的初步研究[J].现代食品科技,2009,25(7): 807-809

现代食品科技