

低温挤压加酶大米作啤酒辅料的糖化试验^{*}

申德超¹ 王国庆² 马成业¹

(1. 山东理工大学农业工程与食品科学学院, 淄博 255049; 2. 山东铝业职业学院, 淄博 255065)

【摘要】 研究了低温挤压加酶大米啤酒辅料在挤压机内的淀粉降解过程,以及挤压添加耐高温 α -淀粉酶大米啤酒辅料的主要挤压参数对麦汁考察指标的影响规律。啤酒厂的生产试验表明,挤压加酶大米辅料麦汁的浸出物收得率比对照的传统不挤压大米啤酒辅料的麦汁浸出物收得率高 2.10 ~ 3.57 百分点,且在糊化过程中遇水不结块。同时省去传统啤酒辅料 100℃ 煮沸液化工序。

关键词: 大米 挤压 糖化 酶制剂 试验

中图分类号: TS261.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)10-0152-07

Saccharification Experiments of Extruded at Low Temperature Rice Beer Adjunct with Enzyme Preparation Added

Shen Dechao¹ Wang Gouqing² Ma Chengye¹

(1. School of Agricultural and Food Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China
2. Shandong Aluminum Vocational College, Zibo 255065, China)

Abstract

The starch degradation process extruded at low temperature rice beer adjunct with enzyme preparation added in extruder and the influence regularity of main parameters in rice beer adjunct with added high temperature resistant α -amylase extruded at low temperature on main observed indexes for extruded rice adjunct with above amylase added were analyzed. The research results at the beer brewery indicated that the recoverable ratio of wort extract for extruded rice adjunct with enzyme preparation added was 2.10% ~ 3.57% more than that of traditional rice adjunct without extruded and the rice beer adjunct with added enzyme preparation extruded at low temperature was not agglomerated in the water when mashed. Meanwhile the working procedure of traditional beer adjunct boiled at 100℃ was omitted.

Key words Rice, Extrusion, Saccharification, Enzyme preparation, Experiment

引言

传统的啤酒生产工艺中糊化醪的辅料最终经过 100℃ 蒸煮完成糊化、液化过程。

早在 20 世纪 80 年代,各国学者已研究挤压膨化啤酒辅料酿造啤酒技术,以挤压膨化啤酒辅料代替 100℃ 蒸煮处理的啤酒辅料。研究表明,使用挤压膨化辅料,能提高麦芽汁的浸出物得率,但是

糖化醪的糖化和过滤困难^[1~3]。Westwood 指出挤压谷物用于酿造啤酒的技术难度(高的和不可接受的麦汁粘度)在增加,还没有被克服,就目前所知,挤压啤酒辅料没有被用于啤酒酿造业^[4]。上述国外学者采用 110 ~ 200℃ 的高温挤压膨化啤酒辅料技术。

我国学者也进行了挤压啤酒辅料酿造啤酒的试验研究,结果表明挤压啤酒辅料的麦汁浸出物收得

收稿日期: 2010-04-21 修回日期: 2010-05-20

^{*} 农业科技成果转化资金资助项目(05EFN213700158)、山东理工大学创新研究团队支持计划资助项目(CX0601)和山东省基金资助项目(Y2008B10)

作者简介: 申德超,教授,博士生导师,主要从事农产品、食品加工研究, E-mail: shende@126.com

率增加,但是其麦汁过滤困难^[5-7]。

笔者经大量试验研究^[8-13]表明,如果挤压系统参数选择合适,低温(套筒温度不大于 80℃)挤压不加酶啤酒辅料的麦汁的过滤和糖化过程可以顺利进行,且麦汁的浸出物收得率增加 0.2 ~ 3.7 百分点,但是这种辅料在实际生产的糊化过程中有时遇水易结块,影响麦汁浸出物收得率稳定提高。

文献[14]研究了挤压加酶大米啤酒辅料醪液在液化时保温温度及时间、糖化时保温时间对麦汁的过滤速度、碘值和浸出物收得率的影响规律。文献[15]介绍挤压加酶大米啤酒辅料醪液糖化过程中的保温时间和耐高温 α -淀粉酶的添加量对考察指标的影响规律。

本文研究低温挤压加酶以及不加酶大米啤酒辅料在挤压机内淀粉的降解情况和加酶大米啤酒辅料的低温挤压系统参数对挤出物的麦汁的过滤速度、浸出物收得率等考察指标的影响规律。

1 材料与方法

1.1 设备与材料

挤压设备为自制的单螺杆挤压膨化机^[16],生产率为 50 kg/h 和 1 500 kg/h,前者用于实验室研究,后者用于生产中试研究。前者由组合式套筒整体和螺杆整体组成,螺杆转速为 0 ~ 1 200 r/min 无级可调。套筒整体为轴向剖分式,其温度为 0 ~ 300℃ 连续可调,配有温度数显仪表闭环自控系统。挤压机模孔孔径有级可调。

供试材料:

大米品种为晚粳 89-3,含水率 12.7%,产地湖南。

大麦芽品种斯库纳,产地澳大利亚,含水率 6%,山东华狮啤酒厂提供。

液态耐高温 α -淀粉酶:Termamyl SC 型,酶活力 20 000 U/mL,诺维信(沈阳)生物加工有限公司。

1.2 试验方法

含水率按 GB/T 5009.3—2003 测定。

麦汁的过滤速度测定^[15]:醪液糖化结束后即过滤,采用 90 mm 漏斗,用定性滤纸过滤到 250 mL 的烧杯中,记录过滤前 100 mL 麦汁所需的时间,然后换算成单位时间内过滤的麦汁体积。

麦汁浸出物收得率按文献[17]的方法测定。

还原糖质量分数按 GB/T 5009.7—2003 测定。

碘值按文献[18]的分光光度法测定。

本研究实验室挤压加酶辅料糖化工艺^[14-15]:挤压加酶大米粉碎物 20 g 投入水温 50℃ 的 110 mL 水中,添加适量耐高温 α -淀粉酶、石膏和乳酸,升温至 90℃,保温并搅拌 35 min。在此之前的适当时

间,麦芽粉碎物 30 g 投入 38℃ 的 116 mL 水中,升温至 50℃,保温并搅拌 45 min。此时的麦芽醪与上述挤压加酶大米的糊化醪合醪,升温至 68℃,保温并搅拌 65 min。碘检合格,再升温至 78℃,将麦汁醪液过滤。

实验室对照挤压不加酶辅料糖化工艺^[14-15]:挤压不加酶大米辅料的糖化工艺同上述的挤压加酶辅料糖化工艺。

传统不挤压大米辅料糖化工艺酿酒试验:(燕京啤酒(山东无名)股份有限公司进行)大米粉碎物 3 000 kg 和水 15 000 kg,水温 60℃ 投料,添加适量耐高温 α -淀粉酶、石膏和乳酸,一起投入糊化锅,升温至 70℃,保温并搅拌 20 min,升温至 90℃,保温并搅拌 20 min,升温至 100℃,保温并搅拌 10 min。在此之前的适当时间,麦芽粉 4 600 kg 和 38℃ 的水 16 000 kg,添加适量复合酶,一起投入糖化锅,再升温至 50℃,保温并搅拌 50 min。将上述糊化锅的醪液倒入糖化锅,合醪后升温至 63℃,保温并搅拌 40 min,再升温至 70℃,保温并搅拌 20 min。碘检合格,再升温至 78℃,将麦汁醪液过滤。

加酶大米辅料糖化工艺酿酒试验:(燕京啤酒(山东无名)股份有限公司进行)挤压加酶大米粉碎物 3 000 kg 和 60℃ 的水 15 000 kg,添加适量耐高温 α -淀粉酶、石膏和乳酸,一起投入糊化锅,升温至 90℃,保温并搅拌 35 min。在此之前的适当时间,麦芽粉 4 600 kg 和 38℃ 的水 4 600 kg,添加适量复合酶,一起投入糖化锅,再升温至 50℃,保温并搅拌 50 min。将上述糊化锅的醪液倒入糖化锅,合醪后升温至 63℃,保温并搅拌 40 min,再升温至 70℃,保温并搅拌 20 min。碘检合格,再升温至 78℃,将麦汁醪液过滤。

1.3 试验安排

(1) 低温挤压添加和不添加耐高温 α -淀粉酶的大米辅料在挤压机内的淀粉降解试验安排。

图 1 为轴向剖分式套筒整体沿螺杆轴向取样示意图。工作时螺杆可急停,套筒整体沿轴向剖开,按图中所示部位(如 A、B、C、D、E、F)取样。

对于加酶大米辅料,挤压系统的挤压机套筒温度 $T = 58.6 \sim 63.9^\circ\text{C}$ 、物料含水率 $W = 27.3\% \sim 30.25\%$ 、螺杆转速 $N = 110.5 \sim 118.6 \text{ r/min}$ 、挤压前大米中耐高温 α -淀粉酶的添加量 $E' = 0.77 \sim 0.87 \text{ L/t}$ 。对于不加酶大米辅料,挤压系统参数分别为挤压机套筒温度 $65 \sim 100^\circ\text{C}$ 、物料含水率 $16\% \sim 22\%$ 、螺杆转速 $200 \sim 260 \text{ r/min}$ 、模孔长度 $10 \sim 20 \text{ mm}$ 和模板内表面至螺杆末端距离 $15 \sim 25 \text{ mm}$ (即图 1 所示取样部位 B)^[19]。

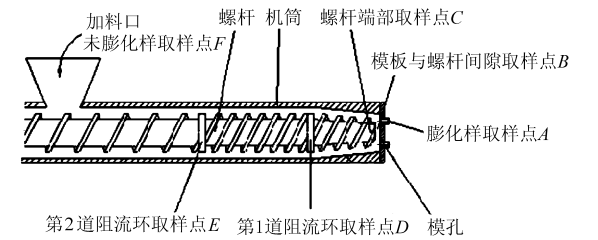


图 1 轴向剖分式套筒整体沿螺杆轴向取样示意图
Fig.1 Sampling sketch in the direction of screw axis for a whole barrel bisected in the axial direction

(2) 添加耐高温 α -淀粉酶的大米啤酒辅料挤出物糖化试验安排参考文献[8~13],确定试验因素为:挤压机套筒温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 、物料含水率 $W(\%)$ 、螺杆转速 $N(\text{r}/\text{min})$ 、挤压前大米中耐高温 α -淀粉酶的添加量 $E'(\text{L}/\text{t})$,分别记为 x_1 、 x_2 、 x_3 和 x_4 ,采用二次正交旋转组合设计^[20]进行试验研究,因素水平编码如表 1 所示。

表 1 因素水平编码				
Tab.1 Factors and levels				
编码	$x_1/^{\circ}\text{C}$	$x_2/\%$	$x_3/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	$x_4/\text{L}\cdot\text{t}^{-1}$
-2	40	20	90	0.15
-1	50	25	100	0.45
0	60	30	110	0.75
1	70	35	120	1.05
2	80	40	130	1.35

2 结果与分析

表 2 和表 3 分别为低温挤压添加和不添加耐高温 α -淀粉酶的大米辅料在挤压机内不同取样部位的淀粉降解程度的测试结果。表 3 数据是引用参考文献[19]的部分试验结果。

表 2 添加耐高温 α -淀粉酶大米辅料在挤压机内降解试验结果

Tab.2 Experimental results relating to degradation of rice beer adjunct with high temperature resistant α -amylase added in extruder						
考察指标	取样部位					
	F	E	D	C	B	A
还原糖质量分数/%	5.12	8.70	8.87	9.16	9.29	9.87
淀粉质量分数/%	72.52	68.66	61.75	56.76	54.46	49.61
抗性淀粉质量分数/%	2.39	1.49	1.28	0.70	0.64	0.53
酶活性/ $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$	18.96	12.42	8.65	8.10	7.61	5.37

注:表中数据是项目组在 2008-09-12~20 的试验研究结果。

由表 2 可知,被挤压加酶大米从喂入挤压机至挤出的过程中,挤压加酶的大米的还原糖质量分数增至 9.87%,淀粉由 72.52% 减至 49.61%,抗性淀

粉由 2.39% 降至 0.53%,酶活性由 18.96 U/g 减至 5.37 U/g 。

表 3 不添加耐高温 α -淀粉酶大米辅料在挤压机内降解试验结果

Tab.3 Experimental results relating to degradation of rice beer adjunct without high temperature resistant α -amylase added in extruder						
考察指标	取样部位					
	F	E	D	C	B	A
还原糖质量分数	1.18		0.54	0.30	0.17	0.32
淀粉质量分数	72.15		67.90	63.76	62.60	59.94
糊化度			74.6	85.6	91.8	92.8
脂肪质量分数	0.81		0.62	0.33	0.22	0.20

可见,低温挤压过程中,添加耐高温 α -淀粉酶大米啤酒辅料的细胞,在螺杆剪切作用下,细胞壁被破坏的程度逐渐加大,添加的耐高温 α -淀粉酶易于酶解细胞中的淀粉,使淀粉降解成还原糖概率增加。剪切力增加也导致酶失活加剧。

由表 3 可知,不添加耐高温 α -淀粉酶的大米在挤压的过程中,淀粉质量分数由 72.15% 减至 59.94%,还原糖质量分数由 1.18% 减至 0.32%,糊化度增至 92.8%,脂肪质量分数由 0.81% 减至 0.20%。

可见,不添加耐高温 α -淀粉酶的大米经过挤压后,淀粉质量分数降低的趋势与表 2 相同,但是淀粉质量分数降低的幅度较小。与表 2 不同的是低温挤压不加酶的大米的还原糖质量分数沿螺杆轴向是下降的。这可能与美拉德反应有关。

综上所述,由于挤压加酶大米辅料的淀粉降解程度优于挤压不加酶大米的淀粉降解程度,使前者更易溶于水。生产实践表明,前者在糊化时遇水不结块。

表 4 为低温挤压添加耐高温 α -淀粉酶的大米啤酒辅料糖化试验结果。用 REDA 软件处理表 4 中试验数据(2 次重复试验的均值)。各试验因素对麦汁的过滤速度 Y_1 、浸出物收得率 Y_2 、碘值 Y_3 的影响的回归方程为

$$Y_1 = 14.74 + 0.05X_1 - 1.69X_2 + 0.86X_3 - 0.14X_4 - 1.44X_1^2 + 0.33X_1X_2 - 0.74X_1X_3 - 0.51X_1X_4 - 1.04X_2^2 + 0.42X_2X_3 - 0.93X_2X_4 + 0.98X_3^2 - 0.5X_3X_4 - 1.03X_4^2 \quad (\alpha = 0.05) \quad (1)$$

$$Y_2 = 71.72 + 1.20X_1 - 0.72X_2 - 0.55X_3 + 0.30X_4 - 1.82X_1^2 + 1.34X_1X_2 + 0.03X_1X_3 + 1.51X_1X_4 - 1.48X_2^2 + 0.17X_2X_3 + 1.04X_2X_4 - 1.15X_3^2 - 0.06X_3X_4 + 0.55X_4^2 \quad (\alpha = 0.05) \quad (2)$$

表 4 挤压系统参数对考察指标影响的试验安排及结果

Tab.4 Experiment arrangement and results for the influence of parameters of extrusion system on observed indexes

序号	X_1	X_2	X_3	X_4	过滤速度 Y_1 /mL·min ⁻¹	浸出物收得 率 Y_2 /%	碘值 Y_3
1	1	1	1	1	8.368	74.90	0.032
2	1	1	1	-1	11.236	64.40	0.201
3	1	1	-1	1	6.842	71.43	0.071
4	1	1	-1	-1	10.017	65.60	0.191
5	1	-1	1	1	13.793	65.75	0.176
6	1	-1	1	-1	9.569	70.41	0.085
7	1	-1	-1	1	12.605	66.74	0.116
8	1	-1	-1	-1	11.976	68.50	0.101
9	-1	1	1	1	10.889	60.95	0.311
10	-1	1	1	-1	14.085	67.34	0.106
11	-1	1	-1	1	10.830	61.24	0.305
12	-1	1	-1	-1	6.091	65.05	0.196
13	-1	-1	1	1	15.152	66.85	0.116
14	-1	-1	1	-1	14.423	69.00	0.096
15	-1	-1	-1	1	14.493	66.60	0.132
16	-1	-1	-1	-1	9.724	68.58	0.101
17	2	0	0	0	13.986	67.59	0.106
18	-2	0	0	0	7.772	64.23	0.290
19	0	2	0	0	8.163	65.83	0.165
20	0	-2	0	0	16.807	68.70	0.096
21	0	0	2	0	21.978	70.45	0.085
22	0	0	-2	0	19.169	66.75	0.121
23	0	0	0	2	10.256	78.26	0.011
24	0	0	0	-2	14.851	72.49	0.071
25	0	0	0	0	13.575	73.73	0.052
26	0	0	0	0	14.388	68.83	0.101
27	0	0	0	0	14.184	73.13	0.052
28	0	0	0	0	13.825	69.41	0.141
29	0	0	0	0	12.987	70.96	0.076
30	0	0	0	0	14.670	75.99	0.026
31	0	0	0	0	14.085	71.34	0.126
32	0	0	0	0	13.730	69.87	0.085
33	0	0	0	0	17.857	72.58	0.061
34	0	0	0	0	19.737	70.67	0.031
35	0	0	0	0	13.575	71.77	0.171
36	0	0	0	0	14.320	72.41	0.065

表 6 挤压系统主要参数较优值验证结果

Tab.6 Verified result of better values for main parameters of extrusion system for wheat beer adjunct

挤压系统主要参数的较优值				验证结果		
$T/^{\circ}\text{C}$	$W/\%$	$N/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	$E'/\text{L}\cdot\text{t}^{-1}$	$Y_1/\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$	$Y_2/\%$	Y_3
58.6 ~ 63.9	27.3 ~ 30.25	110.5 ~ 118.6	0.77 ~ 0.87	19.59 ~ 20.75	74.56 ~ 75.94	0.028 ~ 0.036

$$Y_3 = 0.082\,3 - 0.031\,6X_1 + 0.026\,2X_2 - 0.006\,8X_3 + 0.002\,6X_4 + 0.033\,6X_1^2 - 0.028\,5X_1X_2 + 0.007\,5X_1X_3 - 0.034\,3X_1X_4 + 0.016\,7X_2^2 - 0.008\,5X_2X_3 - 0.008\,2X_2X_4 + 0.009\,8X_3^2 + 0.007X_3X_4 - 0.005\,7X_4^2 \quad (\alpha = 0.05) \quad (3)$$

对照挤压不加酶大米辅料对应麦汁的过滤速度为 19.36 mL/min、浸出物收得率为 72.36%、碘值为 0.044。

表 5 为挤压前添加耐高温 α-淀粉酶的大米辅料的挤压系统主要参数的因子贡献率。由表可见，各因素对过滤速度影响程度从大到小依次为：物料含水率、螺杆转速，挤压前耐高温 α-淀粉酶添加量、套筒温度。各因素对麦汁浸出物收得率影响程度从大到小依次为：套筒温度、物料含水率、挤压前耐高温 α-淀粉酶添加量、螺杆转速。对于麦汁碘值其影响程度从大到小依次为：套筒温度、物料含水率、挤压前耐高温 α-淀粉酶添加量、螺杆转速。

表 5 挤压系统主要参数的因子贡献率

Tab.5 Factor contribution ratio of main parameters of extruding-liquefying system

考察指标	X_1	X_2	X_3	X_4
过滤速度	0.98	1.93	1.45	1.02
浸出物收得率	2.50	1.99	0.85	0.94
碘值	2.59	1.86	0.01	0.42

表 6 为根据文献[20]的频数优选法，计算的挤压系统主要参数较优值及其验证结果。可见，低温挤压加酶大米啤酒辅料的麦汁浸出物收得率高于传统的不挤压大米啤酒辅料的麦汁浸出物收得率 2.20 ~ 3.58 百分点。挤压系统主要参数较优值为：套筒温度 58.6 ~ 63.9℃，物料含水率 27.3% ~ 30.25%，螺杆转速 110.5 ~ 118.6 r/min，挤压前耐高温 α-淀粉酶添加量 0.77 ~ 0.87 L/t。

挤压系统主要参数 X_1 、 X_2 、 X_3 和 X_4 较优值组合编码值分别为 0、0、0 和 0.8。研究任一试验因素 X_i ($i = 1, 2, 3, 4$) 对各考察指标 Y_i ($i = 1, 2, 3$) 的影响规律时，取其余 3 个因素的较优值对应的编码值，如图 2 所示。

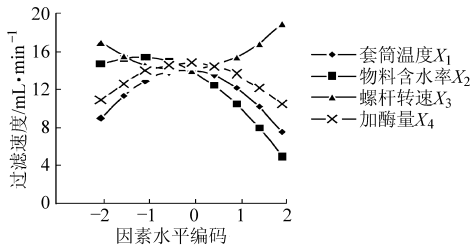


图 2 各因素水平对麦汁过滤速度影响的回归曲线

Fig. 2 Regression curves for the influence of levels of factors on filtration speed of wort

由图 2 可知,随着大米含水率的增加,麦汁的过滤速度有减小的趋势。随着螺杆转速的增大,麦汁的过滤速度先减小后增大,零水平时过滤速度最小。随着挤压前大米中耐高温 α -淀粉酶的添加量和套筒温度的增大,麦汁的过滤速度先增大后减小,零水平时过滤速度最大。

麦汁的过滤速度主要由滤层的淀粉降解的程度决定。随着被挤压的加酶大米含水率的增大,挤压机内加酶大米的细胞壁被剪切的强度减弱,不利于细胞中的淀粉酶解,使过滤速度有减小的趋势。随着螺杆转速的增加,挤压机内加酶大米细胞壁被剪切的强度增加,螺杆转速高使大米的细胞壁易破碎,其中的淀粉颗粒易于酶解,使过滤速度有增加的趋势。螺杆转速低,被挤压的大米受到的剪切强度弱,其粒径相对大些,过滤速度有增大的趋势。挤压前大米中耐高温 α -淀粉酶的添加量和套筒温度零水平时,被挤压的大米细胞中的淀粉被酶解的效果好,使麦汁的过滤速度快些。

由图 3 可知,随着套筒温度增加,麦汁浸出物收得率先增大后减小,在 0.5 水平时最大。随着大米含水率的增加,麦汁浸出物收得率先增大后减小,零水平时最大。随着大米中耐高温 α -淀粉酶的添加量的增大,使麦汁浸出物收得率有增加的趋势。随着螺杆转速 X_3 的增大,麦汁浸出物收得率先增大后减小,零水平时最大。

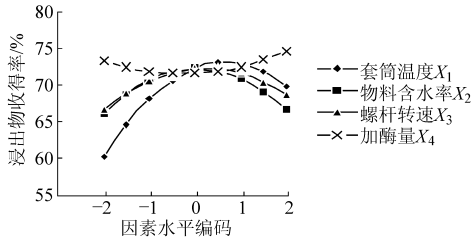


图 3 各因素水平对麦汁浸出物收得率影响的回归曲线

Fig. 3 Regression curves for the influence of levels of factors on recoverable ratio of wort extract

主要原因是麦汁浸出物收得率取决于醪液中的淀粉在糖化过程中降解成以麦芽糖为主的可发酵糖的数量。套筒温度在 -2 和 2 水平时均不利于酶的

活性发挥,也不利于淀粉降解。大米含水率在 -2 和 2 水平时,所受到的剪切强度分别较强和较弱,剪切强度大,使酶的活性减弱;剪切强度弱,被挤压的大米的细胞壁破碎效果差,不利于酶解其中的淀粉。大米中耐高温 α -淀粉酶的添加量的增加,使大米的淀粉加速降解。螺杆转速在 -2 和 2 水平时,大米受到的剪切强度分别为较弱和较强,大米的细胞壁破碎效果分别为较差和较好,细胞壁破碎较差,不利于酶解细胞中的淀粉;剪切强度大,大米的细胞壁破碎得较好,同时外加酶的活性减弱,不利于酶解细胞中的淀粉。

由图 4 可知,随着套筒温度增加,麦汁的碘值有减小的趋势,零水平至 2 水平时,碘值略有增加。随着大米含水率的增加,麦汁的碘值先减少后增加,零水平时最小。随着大米中耐高温 α -淀粉酶的添加量的增加,麦汁的碘值先减小后增大,变化的幅度很小。随着螺杆转速的增加,麦汁的碘值先减小后增大,变化的范围很小,零水平时最小。

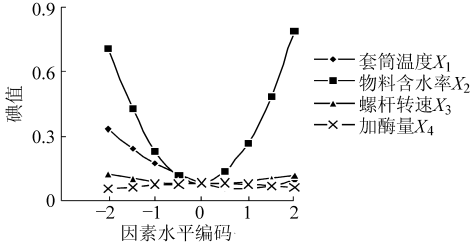


图 4 各因素水平对麦汁碘值影响的回归曲线

Fig. 4 Regression curves for the influence of levels of factors on iodine value of wort

麦汁中的碘值愈小,表明麦汁中淀粉在糖化过程中降解成以麦芽糖为主的可发酵糖的过程进行得愈彻底。各因素对麦汁碘值的影响规律,基本上与各因素对麦汁的浸出物收得率的影响规律相同。

3 生产试验

应用表 6 中挤压系统主要参数优化值挤压添加耐高温 α -淀粉酶的大米辅料,2008 年 3 月 29 ~ 30 日在燕京啤酒(山东无名)股份有限公司进行酿造 200 t 啤酒试验,测得糖化试验数据如表 7 所示。

试验结果表明,挤压加酶大米啤酒辅料的麦汁糖化、过滤均顺利进行。B0240、B0241、B0242 和 B0243 挤压加酶大米辅料麦汁的浸出物收得率均值 72.32%; B0244 ~ B0247 传统不挤压大米辅料麦汁的浸出物收得率均值为 70.22%。B0242 糖化过程中,变频器出现故障,停止工作,糖化过程中的保温阶段,搅拌桨叶停转。B0243 投料时,由于包装袋子破损,袋中挤压加酶大米粉散落在地上约 100 kg,使 B0243 少投料约 100 kg 挤压加酶大米辅料。如果扣

除 B0242 和 B0243 麦汁的试验结果。B0240、B0241 麦汁的浸出收得率均值为 73.79%。

表 7 挤压加酶大米辅料麦汁生产试验结果

Tab.7 Productive experimental results of wort for extruded rice beer adjunct with enzyme added

锅号	辅料种类	投料质量/t	定型麦汁体积/m ³	相对体积质量	质量分数/%	浸出物收得率/%
B0240	挤压加酶大米	7.6	51.0	1.043 8	10.91	73.36
B0241		7.6	51.5	1.043 9	10.93	74.22
B0242		7.6	49.8	1.043 8	10.91	71.64
B0243		7.5	48.3	1.043 6	10.86	70.07
B0244	传统不挤压大米	7.7	49.1	1.044 2	11.00	70.31
B0245		7.7	49.0	1.0445	11.08	70.70
B0246		7.7	49.0	1.043 7	10.88	69.37
B0247		7.7	49.1	1.044 3	11.03	70.51

可见,挤压加酶大米辅料麦汁浸出物收得率比对照的传统不挤压大米啤酒辅料的麦汁浸出物收得率高 2.10~3.57 百分点,同时省去传统啤酒糖化工

艺的 100℃煮沸液化工序。

4 结论

(1) 低温挤压添加和不添加耐高温 α-淀粉酶的大米辅料在挤压机内淀粉降解试验表明,挤压加酶大米的淀粉降解的程度优于挤压不加酶大米的淀粉降解的程度,前者更易溶于水。

(2) 实验室试验表明:挤压前添加耐高温 α-淀粉酶的大米辅料挤出物,糊化时遇水不结块,糖化效果较好,麦汁的过滤速度、浸出物收得率、碘值均优于对照的挤压不添加耐高温 α-淀粉酶大米辅料的麦汁的对应值。

(3) 生产试验表明:挤压加酶大米辅料麦汁浸出物收得率比对照的传统不挤压大米啤酒辅料的麦汁浸出物收得率高 2.1~3.57 百分点,克服了挤压不加酶大米辅料在实际生产的糊化过程中有时遇水易结块,影响麦汁浸出物收得率稳定提高的问题,省去了传统啤酒糖化工艺的啤酒辅料 100℃煮沸液化工序。

参 考 文 献

1 Briggs D E , Wadeson A S, Statham R, et al. The use of extruded barley, wheat and maize as adjuncts in mashing[J]. Journal of the Institute of Brewing, 1986,92(5):468~474.

2 Dale C J, Young T W, Makinde A. Extruded sorghum as a brewing raw material[J]. Journal of the Institute of Brewing, 1989,95(3):157~167.

3 Delcour J A, Hennebert M E , Vancraenenbroeck R, et al. Unmalted cereal products for beer brewing. part I: the uhe of high percentages of regular corn starch and sorghum[J]. Journal of the Institute of Brewing, 1989,95(4):271~276.

4 Frame N D. The technology of extrusion cooking[M]. First Edition. UK: Glasgow Blackie Academic & Professional, 1994: 238.

5 汪钊,周立平,陈化勇,等. 膨化原料用于啤酒酿造[J]. 酿酒科技,1998(4):81.

6 秦日山. 啤酒膨化原料在糖化中的应用试验[J]. 酿酒科技,1990(2):19~20.

7 毕德成,刘秀河. 挤压加工技术在高辅料啤酒生产中的应用[J]. 广州食品工业科技,1998,14(4):8~9,30.

8 Bi Decheng, Liu Xiuhe. Application of extrusion in brewing with high-adjunct[J]. Guangzhou Food Scince and Technology, 1998,14(4):8~9,30. (in Chinese)

9 申德超,周欣,孙柏权,等. 膨化玉米作啤酒辅料的可行性试验研究[J]. 农业工程学报,1996,12(3):196~198.

10 Shen Dechao,Zhou Xin, Sun Baiquan, et al. Experiment study on possibility of extruded maize used as the beer adjunct[J]. Transactions of the CSAE, 1996,12(3):196~198. (in Chinese)

11 申德超,孟杨,周欣,等. 膨化带胚玉米作啤酒辅料的试验研究[J]. 农业工程学报,1999,15(2):202~207.

12 Shen Dechao,Meng Yang,Zhou Xin,et al. Test study on extrusion maize with germ as beer adjunct[J]. Transactions of the CSAE, 1999,15(2):202~207. (in Chinese)

13 Shen Dechao, Xie Tiemin, Wei Jingmian. Test study on extruded maize without germ used as beer adjunct[C]//Promoting Global Innovation of Agricultural Science & Technology and Sustainable Agriculture Development, Beijing, China, 2001: 349~352.

14 申德超. 膨化啤酒辅料酿造啤酒的试验研究[J]. 农业工程学报,2002,18(2):135~137.

15 Shen Dechao. Test study on extruded beer adjunct for brewing beer[J]. Transactions of the CSAE, 2002,18(2):135~137. (in Chinese)

16 申德超,王志华,尹杨皓. 脱胚玉米啤酒辅料的挤压蒸煮系统参数对其糖化过程的影响[J]. 农业工程学报,2006,22(12):234~237.

- Shen Dechao, Wang Zhihua, Yin Yanghao. Effect of main parameters of extrusion system for extrusion cooking of degermed maize as beer adjunct on saccharifying[J]. Transactions of the CSAE, 2006,22(12):234~237. (in Chinese)
- 13 申德超,李杨,吴勃. 挤压蒸煮大麦作啤酒辅料的糖化试验研究[J]. 农业机械学报,2007,38(1):100~103.
Shen Dechao, Li Yang, Wu Bo. Study on saccharification experiment for extrusion cooked barley used as beer adjunct[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007,38(1):100~103. (in Chinese)
- 14 纪伟光,申德超,钱东平. 挤压加酶大米啤酒辅料的糖化过程试验研究[J]. 农机化研究,2009,31(1):182~184.
Ji Weiguang, Shen Dechao, Qian Dongping. Experimental saccharification process studies on extrusion enzyme rice used as beer adjunct[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009,31(1):182~184. (in Chinese)
- 15 段提勇,申德超. 挤压加酶大米作啤酒辅料的试验研究[J]. 东北农业大学学报,2009,40(1):112~114.
Duan Tiying, Shen Dechao. Study on extrusion rice added enzyme preparation as beer adjuncts[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2009,40(1):112~114. (in Chinese)
- 16 申德超,奚可畏,马成业. 低温挤压加酶脱胚玉米粉生产糖浆糖化试验[J]. 农业机械学报,2010,41(8):140~145.
Shen Dechao, Xi Kewei, Ma Chengye. Saccharifying experiment of degermed corn with added enzyme extruded at low temperature for production of corn syrup[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(8):140~145. (in Chinese)
- 17 顾国贤. 酿造酒工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2001:14~22.
- 18 张祖莲. 浅谈糖化生产控制与麦汁碘值的关系[J]. 啤酒科技,2005(12):36~37.
- 18 孟爽. 大米挤压膨化的试验研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学工程学院,2004.
Meng Shuang. The test study on extruded rice[D]. Harbin:Northeast Agricultural University,2004. (in Chinese)
- 20 徐中儒. 农业试验最优回归设计[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1988:359~368.
- 21 申德超,刘尼亚,王国庆. 挤压蒸煮小麦作啤酒辅料的糖化试验[J]. 农业机械学报,2008,39(3):71~74.
Shen Dechao, Liu Niya, Wang Guoqing. Saccharification experiment for extrusion cooked wheat used as beer adjunct[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(3):71~74. (in Chinese)
-

(上接第 142 页)

- 3 Winquist F, Holmin S, Krantz - Rulcker C, et al. A hybrid electronic tongue[J]. Analytica Chimica Acta, 2000,406(2):147~157.
- 4 Winquist F, Bjorklund R, Krantz - Rulcker C, et al. An electronic tongue in the dairy industry[J]. Sensors and Actuators B, 2005:111~112,299~304.
- 5 Mottram T, Rudnitskaya A, Legin A, et al. Evaluation of a novel chemical sensor system to detect clinical mastitis in bovine milk[J]. Biosensors and Bioelectronics, 2007,22(11):2 689~2 693.
- 6 张应华,刘先省,王娟. 基于变异系数的多传感器数据判别方法[J]. 河南大学学报:自然科学版,2007,37(2):187~190.
Zhang Yinghua, Liu Xianxing, Wang Juan. A method of discriminatory analysis for multi-sensors data based on coefficient variation[J]. Journal of Henan University: Natural Science, 2007,37(2):187~190. (in Chinese)
- 7 于慧春,王俊,张红梅,等. 龙井茶叶品质的电子鼻检测方法[J]. 农业机械学报,2007,38(7):103~106.
Yu Huichun, Wang Jun, Zhang Hongmei, et al. Measurement of the Longjing tea quality by using an electronic nose[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007,38(7):103~106. (in Chinese)
- 8 殷勇,于慧春,孙秀丽. 无封装条件下牛奶存放质量电子鼻分析[J]. 农业机械学报,2010,41(3):149~152.
Yin Yong, Yu Huichun, Sun Xiuli. Storage quality analysis of milk in non-encapsulation condition based on electronic nose[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(3):149~152. (in Chinese)