

挤压蒸煮大米啤酒辅料的糖化过程分析

申德超¹, 左峰², 段提勇³, 张爽³, 张春野³

(1. 山东理工大学轻工与农业工程学院, 淄博 255049; 2. 黑龙江八一农垦大学食品学院, 大庆 163319;
3. 东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 为了合理地确定挤压蒸煮大米啤酒辅料的糖化工艺参数, 通过挤压蒸煮大米不同糖化工艺的效果及传统蒸煮大米啤酒辅料糖化工艺的比较, 分析了糖化过程。研究表明, 两种大米啤酒辅料的糊化本质是相同的。不同的是, 传统蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺中的大米糊化过程中, 包括了大米淀粉的糊化和液化过程; 挤压蒸煮大米啤酒辅料仅完成了大米的糊化过程, 其液化过程是在单醪糖化过程中完成。为此应调整挤压蒸煮大米的糖化工艺, 充分发挥麦芽中的 β -淀粉酶、 α -淀粉酶及添加的耐高温 α -淀粉酶的作用, 使挤压蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化过程顺利进行, 解决其糖化、过滤困难问题。

关键词: 挤压; 蒸煮; 啤酒; 辅料; 糖化

中图分类号: S377

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)1-0242-04

申德超, 左峰, 段提勇, 等. 挤压蒸煮大米啤酒辅料的糖化过程分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 242-245.

Shen Dechao, Zuo Feng, Duan Tiyong, et al. Analysis of saccharifying mash of extrusion cooked rice as beer adjunct[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(1): 242-245. (in Chinese with English abstract)

0 引言

挤压蒸煮啤酒辅料对应的醪液难于糖化、过滤^[1-5], 多年来的实验室研究和生产试验研究均表明, 笔者已经解决了国内外学者关注的这一问题, 已获国家发明专利^[6]。该技术用挤压蒸煮大米啤酒辅料代替传统煮沸大米啤酒辅料, 与目前普遍采用的双醪糖化法^[7-10] (包括外加酶糖化法) 相比, 使麦芽粉粒、挤压蒸煮啤酒辅料粉粒和水同时投入糖化锅、进行糖化 (即挤压蒸煮啤酒辅料的单醪糖化法), 省去传统啤酒辅料双醪糖化法的蒸煮糊化工序和设备。同时发现: 挤压蒸煮大米啤酒辅料比传统煮沸大米辅料的麦汁浸出物收得率多 1.3%~3%, 即多出酒约 1.3%~3%, 净利润增加 20% 左右; 且省去辅料煮沸, 节省能耗, 降低啤酒生产成本; 成品啤酒质量达到国家规定的质量标准^[11-13]。在上述用挤压蒸煮啤酒辅料酿造 100 L、1000 L 啤酒的实验室研究, 以及在生产中酿造 100 t 啤酒的应用研究基础上, 目前正在进行该技术的产业化研究。

为了科学、合理地确定挤压蒸煮大米啤酒辅料的糖化工艺, 尚需进一步研究其糖化过程。

收稿日期: 2006-10-22

基金项目: 山东理工大学基金项目 (2004KJZ05); 山东省科技厅科技专项 (2004GG4202012); 国家级火炬计划项目 (2004EB020042); 农业科技成果转化资金项目 (05EFN21370051); 山东理工大学创新研究团队支持计划资助项目 (CX 0601)

作者简介: 申德超, 教授, 从事农产品、食品加工教学和科研。淄博山东理工大学, 255049。Email: shendc@126.com

1 试验研究

1.1 设备与材料

挤压设备为自制的单螺杆挤压膨化机, 生产率为 50 kg/h, 它由组合套筒和螺杆组成, 螺杆转速为 0~1200 r/min 无级可调。套筒温度为 0~300℃ 连续可调, 配有温度数显仪表闭环自控系统。挤压模孔孔径有级可调。见图 1。

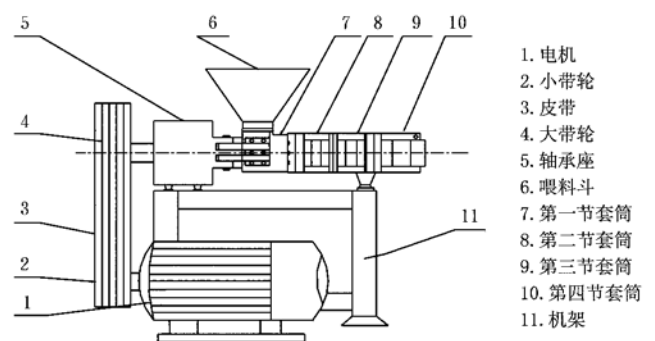


图 1 单螺杆啤酒辅料挤压蒸煮设备

Fig. 1 Single extruder for extrusion cooked rice as beer adjunct

供试材料: 大米, 购于山东淄博潘成粮油市场, 粉碎后, 其平均粒径 $d_{\text{大米}} = 0.53 \text{ mm}$, 其含水率为 $W_{\text{大米}} = 11.2\%$ 。按文献 [2] 和文献 [5] 的挤压蒸煮啤酒辅料的加工方法, 加工挤压蒸煮大米啤酒辅料粉粒。

大麦芽, 澳大利亚麦芽和加拿大麦芽 (均由青岛啤酒厂提供)。

液态耐高温 α -淀粉酶, Termamyl SC 型, 诺维信中

国总部(北京)提供。

石膏,由青岛啤酒厂提供。

乳酸,分析纯,85.0%~99.0%,山东莱阳精细化工厂生产。

1.2 分析方法

1.2.1 测试方法

麦汁的浸出物收得率,按文献[7]的有关方法进行测定。

麦汁的碘值,按文献[14]的有关方法进行测定。

滤渣中的淀粉含量,按 GB/T 16287-1996 的有关方法进行测定。

挤压蒸煮大米和传统蒸煮大米的糊化度,按文献[15]的有关方法进行测定。

1.2.2 试验比较的糖化工艺

1) 挤压蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺 I

麦芽粉碎物(35 g)、挤压蒸煮大米粉碎物(15 g)和水(200 mL),水温 50℃投料,添加适量耐高温 α -淀粉酶、石膏和乳酸,保温并搅拌 60 min。再升温至 65℃,保温并搅拌 80~100 min,将麦汁醪液过滤。

2) 挤压蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺 II^[6,11-13]

麦芽粉碎物(35 g)、挤压蒸煮大米粉碎物(15 g)和水(200 mL),水温 50℃投料,添加适量耐高温 α -淀粉酶、石膏和乳酸,保温并搅拌 60 min。升温至 65℃,保温并搅拌 50 min。再升温至 70℃,保温并搅拌 10~15 min。碘检合格,再升温至 74℃,将醪液过滤。

3) 挤压蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺 III^[6,11-13]

麦芽粉碎物(35 g)、挤压蒸煮大米粉碎物(15 g)和水(200 mL),水温 50℃投料,添加适量耐高温 α -淀粉酶、石膏和乳酸,保温并搅拌 60 min。升温至 65℃,保温并搅拌 50 min。再升温至 70℃,保温并搅拌 10~15 min。碘检合格,再升温至 78℃,将醪液过滤。

4) 传统蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺 IV^[7-10]

大米粉碎物(15 g)和水(70 mL),水温 50℃投料,添加适量耐高温 α -淀粉酶、石膏和乳酸,加热至 90℃,保温并搅拌 20 min。再升温至 100℃,保温并搅拌 15 min。与此同时,麦芽粉碎物(35 g)和水(130 mL),水温 50℃投料,添加适量石膏和乳酸,保温并搅拌 60 min。将上述两种醪液混合,即合醪,醪液温度为 65℃,保温并搅拌 60 min。然后作碘检,碘检合格后。再升温至 74℃,将麦汁醪液过滤。

2 结果与分析

上述醪液中辅料和麦芽的淀粉,在麦芽中的 β -淀粉

酶、 α -淀粉酶、R 酶等多种酶制剂及添加的耐高温 α -淀粉酶等作用下,使其最大限度地降解成以麦芽糖为主的可发酵糖的过程,称为糖化过程^[7-10]。其中,麦芽的 β -淀粉酶、 α -淀粉酶的最适温度分别为 63~65℃和 70℃^[7]。添加的耐高温 α -淀粉酶的最适温度为 95~100℃^[16]。

试验时我们发现,传统蒸煮大米的双醪糖化工艺 IV 中的糊化醪中添加了耐高温 α -淀粉酶,又经过 90℃(保温 20 min)、100℃煮沸 15 min,充分发挥了耐高温 α -淀粉酶的作用,淀粉糊化、液化的效果好,上述糊化醪和糖化醪兑醪后,醪液的温度达到 65℃,保温 60 min 后,碘检通过。由于较好地发挥了麦芽中的 β -淀粉酶和 α -淀粉酶的作用,醪液中大米和麦芽的淀粉已经降解成低聚糖和无色糊精,碘检合格。然后升温至 74℃,过滤。试验表明,过滤顺利。

对于挤压蒸煮的大米啤酒辅料,其单醪糖化工艺 I 中,醪液从 50℃升温至 65℃,保温并搅拌 80~100 min 时,碘检不通过。醪液过滤时,很困难,几乎无法过滤。主要原因是,没有充分发挥麦芽中的 α -淀粉酶的作用,即醪液没有在 70℃,停留适当的时间间隔。也没有发挥添加的耐高温 α -淀粉酶的作用,即醪液没有在高于 70℃时,停留相应的时间间隔。不能使糊化的挤压蒸煮的大米啤酒辅料的淀粉,进一步液化,降解成低聚糖、无色糊精,使醪液的糊化淀粉的粘度下降,完成液化过程。尽管在麦芽中的 β -淀粉酶的最适温度 65℃,保温 80~100 min,也不能较好地发挥 β -淀粉酶的作用。因此,醪液粘稠,无法过滤。

在挤压蒸煮大米的单醪糖化工艺 II 中,醪液升温至 65℃,保温并搅拌 50 min。再升温至 70℃,保温并搅拌 10~15 min。试验表明,醪液碘检合格,再升温至 74℃,过滤较顺利。主要原因是,上述醪液在麦芽中的 β -淀粉酶的最适温度 65℃,保温 50 min,在 70℃,保温 10~15 min,较好地发挥了麦芽中的 β -淀粉酶、 α -淀粉酶的作用,使糊化的挤压蒸煮的大米啤酒辅料的淀粉降解成低聚糖和无色糊精,加之升温至 74℃过滤。在 65℃至 74℃的时间间隔中,在一定程度上发挥了添加的耐高温 α -淀粉酶的作用^[16]。使醪液中糊化的挤压蒸煮的大米啤酒辅料的淀粉液的粘度下降,完成液化过程^[14,15],直至降解成以麦芽糖为主的可发酵糖,完成糖化过程。所以醪液过滤较顺利。

在挤压蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺 III 中,醪液升温至 65℃,保温并搅拌 50 min。再升温至 70℃,保温并搅拌 10~15 min。此时碘检合格,再升温至 78℃,醪液顺利过滤。主要原因是,上述糖化过程,较好地发挥了麦芽中的 β -淀粉酶、 α -淀粉酶的作用,与单醪糖化工

艺 II 相比, 在 65℃ 至 78℃ 的时间间隔中, 在一定程度上较好地发挥了添加的耐高温 α -淀粉酶的作用^[14]。使醪液中糊化的挤压蒸煮大米啤酒辅料的淀粉, 糊化、液化的效果较好, 因此, 醪液过滤较单醪糖化工艺 II 顺利。

通常, 淀粉颗粒的糊化过程如下: 淀粉颗粒被加热至 65℃ 左右, 颗粒吸水膨胀, 使淀粉颗粒壁破坏, 淀粉分子的氢键断裂, 结晶破坏。如果再加热至更高的温度, 淀粉溶于水形成粘稠液态, 即糊化液, 遇碘呈蓝色。如果继续加热(如煮沸)或在酶的作用下, 上述糊化液的淀粉分子的长链会变成短链, 粘度降低, 最后淀粉水解成糊精, 遇碘不呈色, 此过程通常称为淀粉的液化过程^[15]。

淀粉的降解过程为^[17]:

淀粉 → 红色糊精 → 无色糊精 → 麦芽糖 → 葡萄糖

上述的淀粉的降解过程中, 淀粉遇碘呈紫蓝色, 红色糊精遇碘呈红色, 无色糊精遇碘不显色, 麦芽糖遇碘不显色。

当淀粉分子的聚合度大于 60 时, 遇碘呈蓝色, 聚合度为 20~60 时, 呈紫红色, 聚合度为 20 左右时, 呈红色, 聚合度小于 6 时, 遇碘不呈色^[18]。

显然, 传统蒸煮大米在糖化工艺中, 既完成了糊化过程, 又完成了液化过程, 遇碘不呈蓝色, 其淀粉分子的最大聚合度小于 6, 形成无色糊精。

在啤酒酿造工艺中, 啤酒辅料中淀粉的上述的糊化、液化和糖化过程, 统称为啤酒酿造的糖化过程^[7]。其中, 麦芽的 β -淀粉酶、 α -淀粉酶、R 酶等多种酶制剂及添加的耐高温 α -淀粉酶等, 使啤酒辅料和麦芽中的淀粉最大限度地降解成葡萄糖、果糖、蔗糖、麦芽糖及低聚糖和可溶性低聚糊精(无色糊精), 主要生成以麦芽糖为主的可发酵糖^[7, 9, 10]。

上述四种糖化工艺, 糖化效果存在差异。主要原因如下:

1) 挤压蒸煮大米啤酒辅料, 在挤压机内受到挤压、摩擦、混合、搅拌、剪切等综合作用, 使淀粉分子的氢键断裂, 结晶状态破坏, 达到传统煮沸大米啤酒辅料的糊化效果。挤压蒸煮大米和传统蒸煮大米的糊化度分别为 99.14%、99.00%。上述试验表明, 挤压蒸煮大米啤酒辅料的淀粉和传统蒸煮大米的淀粉均已经完成了糊化过程。

2) 表 1 是挤压蒸煮大米和传统蒸煮大米对应的麦汁及其滤渣中的淀粉含量的测试结果。可见, 挤压蒸煮大米对应的麦汁的浸出物收得率高于传统蒸煮大米麦汁的对应值, 其碘值和滤渣中的淀粉含量均低于传统蒸煮大米麦汁的对应值。表明挤压蒸煮大米啤酒辅料的淀粉易被麦芽中的 β -淀粉酶、 α -淀粉酶、R 酶等多种酶制剂及添加的耐高温 α -淀粉酶等酶解, 使淀粉降解的

效果好, 淀粉的利用率高。

表 1 麦汁主要指标测试结果

Table 1 Measured results of main indexes of wort

原 料	收得率/%	碘值	滤渣中的淀粉含量/%
挤压大米啤酒辅料	77.19	0.15	0.27
传统蒸煮大米啤酒辅料	71.25	0.25	0.47

所以, 挤压蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺 III 和传统蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺 IV 的糖化效果均较好。

麦汁液谱分析表明^[9], 挤压蒸煮大米啤酒辅料的麦汁中总糖、麦芽糖含量高于未挤压蒸煮大米辅料麦汁的总糖、麦芽糖含量。使麦汁浓度和密度增加。加之挤压蒸煮大米啤酒辅料的糖化工艺 II 和 III 省去传统醪液的 100℃ 煮沸, 减少煮沸过程中的麦汁体积损耗, 使挤压啤酒辅料的定型麦汁体积增加, 麦汁浸出物收得率也随之增加。由表 1 可见, 挤压蒸煮大米啤酒辅料麦汁的浸出物收得率比传统蒸煮大米啤酒辅料的对应值多 5.94 个百分点。即约多出酒 5 个百分点。前者的碘值和滤渣中的淀粉含量分别比后者减少 66.7% 和 0.2 个百分点。主要是由于挤压蒸煮大米的淀粉易被酶解, 使滤渣中的淀粉含量较低, 淀粉的利用程度较高所致。

3) 挤压蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺 II 的糖化效果略次于挤压蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺 III, 主要原因是其与挤压蒸煮大米啤酒辅料的单醪糖化工艺 III 相比, 添加的耐高温 α -淀粉酶的作用发挥的相对差些。

鉴于上述试验结果的分析, 我们调整后的挤压蒸煮的大米啤酒辅料的糖化工艺过程如下:

48~50℃ 投料(挤压蒸煮的大米粉、麦芽粉和水, 添加适量耐高温 α -淀粉酶、石膏和乳酸), 保温 60 min → 63~65℃(保温 40~60 min) → 70~71℃(保温 10~15 min)(碘检) → 74~78℃ → 过滤。

多次试验表明, 调整后的上述挤压蒸煮的大米啤酒辅料的单醪糖化工艺过程中, 既发挥了麦芽中的 β -淀粉酶、 α -淀粉酶的作用, 又较好地发挥了添加的耐高温 α -淀粉酶的作用, 同时使醪液的糖与非糖比值合适, 满足啤酒酿造工艺要求。

3 结 论

1) 传统蒸煮大米辅料和挤压蒸煮大米辅料, 均已完成糊化过程, 其糊化度分别为 99.00% 和 99.14%。挤压蒸煮大米辅料仅完成了糊化过程, 没有完成淀粉的液化过程, 液化过程在其糖化过程中完成。

2) 由于麦芽中的 β -淀粉酶的最适温度为 63~

65℃, α 淀粉酶的最适温度为 70℃, 为了充分发挥醪液里麦芽中的 β 淀粉酶、 α 淀粉酶等多种酶制剂的作用, 使挤压蒸煮大米啤酒辅料的醪液应在上述温度保温适当时间。才能顺利地完液化过程和糖化过程。

3) 为了适当发挥醪液中添加的耐高温 α -淀粉酶的作用, 在保证啤酒麦汁质量的前提下, 挤压蒸煮大米辅料的醪液的过滤温度, 应适当提高。确定为 74~ 78℃, 较合适。

4) 挤压蒸煮大米啤酒辅料的麦汁的浸出物收得率高于传统蒸煮大米啤酒辅料的对应值。主要原因是其合理的糖化工艺及挤压蒸煮大米辅料易被酶解的状态, 充分发挥醪液里麦芽中的 β 淀粉酶、 α 淀粉酶等多种酶制剂和添加的耐高温 α -淀粉酶的作用, 使其麦汁中的淀粉降解得彻底, 麦汁的总糖、还原糖及密度均较高, 加之省去传统蒸煮大米辅料的醪液的 100℃ 蒸煮, 减少蒸煮过程中的麦汁体积损耗, 挤压啤酒辅料的定型麦汁体积增加。使麦汁的浸出物收得率高于传统蒸煮大米辅料的浸出物收得率。

[参 考 文 献]

- [1] Briggs D E, Wadeson A. The use of extruded barley, wheat and maize as adjuncts in mashing[J]. Journal of the Institute of Brewing, 1986, 92: 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: 157- 167.
- [3] Delcour J A, Hennebert M E, Vancraenenbroeck R. Unmalted cereal products for beer brewing. Part I, the use of high percentages of regular corn starch and sorghum[J]. Journal of the Institute of Brewing, 1989, 95: 271- 276.
- [4] Frame N D. The Technology of Extrusion Cooking[M]. Great Britain: St. Edimundsbury Press, 1994: 237- 250.
- [5] 毕德成. 挤压加工技术在高辅料啤酒生产中应用[J]. 广州食品科技, 1999, 12(4): 8- 9, 30.
- [6] 申德超. 挤压膨化啤酒辅料的加工方法、加工装置和糖化方法[P]. 中国专利: 00122033. 0, 2000-08-03.
- [7] 顾国贤. 酿造酒工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 14- 22.
- [8] 周广田, 聂 聪, 崔云前, 等. 啤酒酿造技术[M]. 济南: 山东大学出版社, 2004: 147- 156.
- [9] [德] Wolfgang Kunze 著, 湖北啤酒学校翻译组. 啤酒工艺实用技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 240- 276.
- [10] 管敦仪. 啤酒工业手册(上册)[M]. 北京: 轻工业出版社, 1986: 318- 327.
- [11] 申德超, 孟 阳. 挤压膨化大米作啤酒辅料的试验研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 132- 134.
- [12] 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): 123- 126.
- [13] 申德超. 膨化大米辅料酿造啤酒的中试生产研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 212- 215.
- [14] 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.
- [15] 无锡轻工大学, 天津轻工学院. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002: 182- 192.
- [16] 姜锡瑞, 段 纲. 酶制剂实用手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 21- 25.
- [17] 沈 同, 王镜岩. 生物化学(第2版)(上册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 32.
- [18] 张洪渊. 生物化学教程(第2版)[M]. 成都: 四川大学出版社, 1994: 25.
- [19] 申德超, 李宏军. 挤压膨化大米辅料麦汁和啤酒的糖类组分分析[J]. 农业机械学报, 2004, (6): 134- 137.

Analysis of saccharifying mash of extrusion cooked rice as beer adjunct

Shen Dechao¹, Zuo Feng², Duan Tiyong³, Zhang Shuang³, Zhang Chunye³

(1. School of Light Industry and Agricultural Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China;

2. College of Food Science, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, China;

3. College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: For reasonably determining the parameters of saccharification technology for extrusion cooked rice as beer adjunct, the mashing and liquefying of mash of traditional cooked rice and extrusion cooked rice as beer adjunct were analyzed. The research results indicate that the mashing essence of above two beer adjuncts is similar. The difference is as follows: the saccharification of mash of traditional cooked rice as beer adjunct includes mashing and liquefying, but the mashing is carried out merely for the extrusion cooked rice as beer adjunct and the liquefying is carried out in the single mash saccharification. The single mash saccharification technology for extrusion cooked rice as beer adjunct must be modified for exerting the activities of α -amylase and β -amylase in the malt and additive resistant-temperature- α -amylase fully so as to conduct the single mash saccharification of extrusion cooked rice as beer adjunct successfully and solve the difficulties of saccharification and filtering.

Key words: extrusion; cooking; beer; adjunct; saccharification