小麦啤酒麦芽汁制备工艺的优化

王 丹,肖冬光,张翠英,陈叶福,李胜元,韩宁宁
(工业微生物教育部重点实验室,天津科技大学生物工程学院,天津 300457)

摘 要: 麦芽汁中 α-氨基氮含量是影响啤酒中高级醇含量和啤酒质量的重要因素。通过优化麦芽汁制备工艺,调节其中 α-氨基氮的含量。确定了最适的制备工艺路线为:30 ℃浸渍 30 min,65 ℃糖化 90 min,78 ℃保温 10 min。该工艺所制麦芽汁的 α-氨基氮含量为 203.80 mg/L,适合于低高级醇含量小麦啤酒的酿造。用该麦芽汁进行啤酒发酵,其高级醇含量为 173.75 mg/L。

关键词: 小麦啤酒; α-氨基氮; 高级醇; 麦芽汁制备; 上面发酵酵母
中图分类号: TS262.5;TS261.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9286(2009)12-0020-03

Optimization of the Preparation Techniques of Wort for Wheat Beer

WANG Dan, XIAO Dong-guang, ZHANG Cui-ying, CHEN Ye-fu, LI Sheng-yuan and HAN Ning-ning
(Key Lab of Industrial Microbiology, Ministry of Education, College of Biotechnology,
Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract:The content of α-aminonitrogen in wort is the major factor influencing higher alcohols content in beer and beer quality. The content of α-aminonitrogen in wort could be regulated through the optimization of the preparation techniques of wort. And the optimum preparation techniques of wort were determined as follows: 30 min steeping at 30 ℃, 90 min saccharification at 65 ℃, and 10 min thermal insulation at 78 ℃. The content of α-aminonitrogen in wort produced by the above techniques was 203.80 mg/L, suitable for the production of wheat beer of low higher alcohols content (the content of higher alcohols was 173.75 mg/L).

Key words: wheat beer; α-aminonitrogen; higher alcohols; wort-making; top yeast

随着经济的发展,人民生活的改善,被誉为"液体面包"的啤酒越发受到消费者的喜爱[1]。但近来针对大麦芽来源不足,进口大麦成本偏高,大麦芽色度偏高等状况,小麦啤酒越发突显其优势[2]。

小麦啤酒是指以小麦芽作为一部分甚至全部原料,有时也使用未发芽的小麦作为部分原料生产的一类啤酒。传统的小麦啤酒都采用上面发酵法酿制[3-4]。成品小麦啤酒的泡沫性较好,口味醇厚,苦味较轻,营养丰富,热量高,含有多种矿物质、维生素、有机酸等营养成分[5]。

小麦啤酒虽风味独特,但其高级醇含量高,饮后容易上头,对健康不利。高级醇作为啤酒中重要的风味物质,大约 80 %是在主发酵期间形成的[6-7],因此其含量主要受酵母菌种、麦汁成分、发酵工艺条件等因素的影响[8]。麦汁是酵母生长繁殖发酵的营养基质,其中的 α-氨基氮又是酵母同化的主要氮源。适量的 α-氨基氮可促进酵母繁殖,生成适量的高级醇;α-氨基氮含量过高,氨基酸会通过降解途径形成过多的高级醇。因此,有必要控制 α-氨基氮含量,以降低小麦啤酒中高级醇的生成量[9]。

本文研究了麦芽汁中不同 α-氨基氮含量对啤酒中高级醇生成量的影响;并且在保证还原糖和浸出物含量不变的条件下,调整麦芽汁制备工艺路线,降低 α-氨基氮含量,从而降低发酵后啤酒中高级醇的含量。

1 材料与方法

1.1 菌种

上面发酵啤酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)S-17,本实验室保藏菌种。

1.2 培养基

麦芽汁培养基:先用干燥麦芽经过粉碎,按工艺路径糖化得到 10°Brix 麦芽汁,测其 α-氨基氮含量,然后根据需要通过添加蔗糖补足麦芽汁的糖度;添加标准甘氨酸溶液增加麦芽汁中的 α-氨基氮含量。

1.3 主要仪器

GC7890A 型气相色谱仪,安捷伦科技有限公司;723

基金项目:"十一五"国家科技支撑计划子课题资助(2008BAI63B06);天津科技大学自然科学基金项目资助(20080201)。
收稿日期:2009-09-23
作者简介:王丹(1983-),女,内蒙古人,硕士研究生,研究方向为现代酿造技术。
通讯作者:肖冬光(1956-),教授,博士生导师,xdg@tust.edu.cn。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

分光光度计，天津普瑞斯仪器有限公司；XMTB 数显温控仪，余姚市东方电工仪器厂。

1.4　分析方法

1.4.1　α-氨基氮的测定

采用茚三酮法[1]测定。2 mL 样品稀释液中加入 1 mL 显色剂，置于热水中煮沸，冷却后加入 5 mL 稀释液，于 570 nm 下测光密度。

1.4.2　还原糖的测定

采用斐林试剂法[1]测定。吸取斐林甲、乙溶液各 5 mL 于三角瓶中，加入 1 mL 样品稀释液，加热至沸腾，用葡萄糖标准液滴定至蓝色消失。

1.4.3　酒精度的测定

采用快速氧化法[10]测定。NaOH 溶液中加入 1 mL 样品稀释液，蒸馏器另一端插入接收器中，加热煮沸后，向接收器中加入碘化钾和淀粉指示剂，用硫代硫酸钠溶液滴定至亮绿色。

1.4.4　浸出率的测定

采用比重瓶法[10]测定。测定麦芽汁在 20 ℃时的比重，查表得相应浸出物含量 G，以下式计算浸出率 E。

$$E(\%)=\frac{G\times 800}{100-G}$$

1.4.5　发酵度的测定

采用比重瓶法[10]测定。接 1 g 酵母泥于 150 mL 麦芽汁中，25 ℃发酵，每 8 h 摇动 1 次，4 d 后取出，滤去酵母，微火加热蒸发至原体积的 1/3，添加蒸馏水回复原体积，测定比重 n；同时测原麦汁的比重 p；按下式计算真正发酵度 Vr。

$$Vr=\frac{100\times(p-n)}{p}$$

1.4.6　高级醇的测定

取 100 mL 澄清酒样于蒸馏器中，加入 100 mL 蒸馏水，蒸馏至 95 mL 左右时，停止蒸馏并加入 3 mL 1 %正丁醇内标液，用蒸馏水补足至 100 mL，混匀后用气相色谱仪测定。

色谱条件为：毛细管色谱柱：30 m×320 μm×0.5 μm；柱温：75 ℃；进样室温度：200 ℃；FID 检测器温度：250 ℃；氢气：30 mL/min，氮气：1.9514 mL/min，空气：400 mL/min；隔垫吹扫流量：3 mL/min，分流比：20∶1；进样量：0.6 μL。

进样高级醇标准物质溶液（取正丙醇、异丁醇、异戊醇、正丁醇各 1 mL，用 60 %乙醇溶液定容至 100 mL），测得各物质保留时间。再进酒样，根据各物质的保留时间初步定性各物质。根据各组分峰面积用内标法定量计算各组分含量。

2　结果与分析

2.1　不同 α-氨基氮含量对高级醇生成量的影响

麦芽汁中适量的 α-氨基氮能促进酵母细胞的快速增殖和健康生长，又能提高发酵力；而 α-氨基氮含量过低，会加速酵母糖代谢的进行，在糖类合成氨基酸的途径中，合成中间体 α-酮酸，经脱羧还原形成过多的高级醇；α-氨基氮含量过高，分解过多的氨基酸会脱氨生成 α-酮酸，再经脱羧还原形成过多的高级醇。

本实验设计 6 种不同 α-氨基氮含量的麦芽汁培养基，接入上面发酵啤酒酵母 S-17，于 20 ℃发酵 4 d 后检测高级醇的生成量，实验结果见图 1。

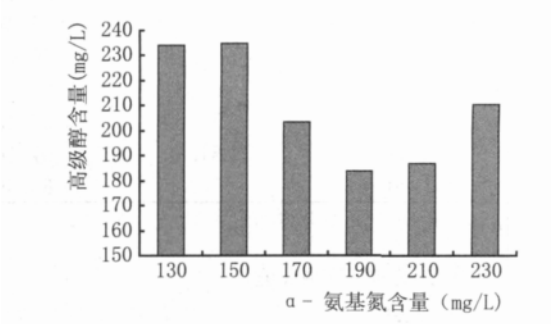

图 1　不同α-氨基氮营养含量下高级醇的生成量

图 1 结果表明，α-氨基氮含量在 190～210 mg/L 之间时，高级醇生成的量最低，为 183.69～187.06 mg/L；过高或过低的氨基氮含量都会使高级醇的生成量增加。因此，为保证啤酒中高级醇含量低并使啤酒有较好的风味稳定性，应控制 α-氨基氮含量在 190～210 mg/L 范围内。

2.2　麦芽汁制备工艺的优化

目前，工业制备麦芽汁的常用工艺及对照工艺见表 1。此工艺经浸渍、蛋白休止和糖化 3 个阶段，5 次程序升温，总耗时达 190 min。由此工艺所制得麦芽汁的 α-氨基氮含量高达 252.13 m/L，造成其含量偏高的原因可能为：此麦芽溶解良好，蛋白质分解较完全，而 35～50 ℃的浸渍及蛋白休止作用又进一步加强了蛋白酶的溶出及分解作用，所以使得麦芽汁中 α-氨基氮含量过高。因此，为了使麦汁中含有适量的 α-氨基氮，在保证还原糖含量和浸出率不变的基础上，应调整麦汁浸渍的温度及蛋白休止时间，本实验设计了 6 种不同的麦芽汁制备工艺路线（表 1），对麦芽汁制备工艺进行优化。不同制备工艺下获得的麦芽汁中各检测指标见表 2。

由表 2 可以看出，与对照实验相比，各工艺路线所制备麦芽汁的还原糖含量和浸出率变化不大，而 α-氨基氮含量均有所降低。其中，工艺 6 所制得麦芽汁的 α-氨基氮含量最低，为 203.80 mg/L，在 190～210 mg/L 范围内；还原糖含量和浸出率分别为 50.33 g/L 和 85.39 %，适合

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 麦芽汁制备工艺路线

路线	各温度作用时间（min）					
	35 ℃	44 ℃	50 ℃	65 ℃	72 ℃	78 ℃
对照	30	20	40	60	30	10
1	30	10	20	80	30	10
2	30	—	40	80	30	10
3	30	20	—	90	30	10
4	30	—	—	120	30	10
5	30	—	—	120	—	10
6	*	—	—	90	—	10

注："—"为作用时间为零；"*"为 30 ℃作用 30 min。

表 2 不同工艺路线生产麦芽汁的指标检测结果

工艺	α-氨基氮含量(mg/L)	还原糖含量(g/L)	浸出率(%)
对照	252.13	52.56	86.08
1	230.70	51.44	85.37
2	240.64	51.79	86.77
3	232.77	50.91	86.21
4	228.06	52.09	88.42
5	218.54	51.83	87.16
6	203.80	50.33	85.39

注：各指标值均为 3 次平行实验的平均值。

低高级醇含量小麦啤酒的酿造。

用此麦芽汁与对照工艺所制得麦芽汁分别发酵啤酒，发酵特性见表 3。

表3 不同麦芽汁的发酵特性

路线	平行实验	CO_2总失重(g)	酒精度(%)	高级醇(mg/L)	外观发酵度	真正发酵度
对照	实验1	4.5	4.08	206.77	82.22	69.89
	实验2	4.6	3.93	204.78	81.58	69.34
	实验3	4.8	4.11	209.25	84.12	71.50
	平均值	4.6	4.04	206.93	82.64	70.24
工艺 6	实验1	4.6	3.81	173.04	77.91	66.22
	实验2	4.4	3.69	171.92	76.48	65.01
	实验3	4.6	3.90	176.28	79.67	67.72
	平均值	4.5	3.80	173.75	78.02	66.32

由表 3 可以看出，用工艺 6 制得的麦芽汁发酵生产啤酒中的高级醇含量较对照工艺生产啤酒有较大的下降，降低了 15.96 %，为 173.75 mg/L；而其他发酵性能基本保持不变。

3 结论

3.1 初始 α-氨基氮含量对高级醇的生成量有影响。α-氨基氮含量为 190～210 mg/L 时，高级醇生成量最低，为 183.69～187.06 mg/L；增加或减少 α-氨基氮含量，高级醇生成量均增加。所以为保证啤酒有较好的口味，应严格控制 α-氨基氮含量。

3.2 通过调整麦芽汁制备工艺，减少蛋白酶作用的时间，可有效降低麦芽汁中 α-氨基氮的含量，而还原糖和浸出率保持不变，此麦芽汁较适合酿造低高级醇含量的小麦啤酒。

参考文献：

[1] 管敦仪.啤酒工业手册[M].北京：中国轻工业出版社,1998.

[2] 钱列生,潘建中.现代啤酒工厂原料和糖化工段的设备选择概述[J].酿酒科技,2007,(10)：16-26.

[3] Sofie A Depraetere,Filip Delvaux,et al.Wheat variety and barley malt properties:nfluence on haze intensity and foam stability of wheat beer[J].J Inst Brew,2004, 110 (3)：200-206.

[4] 康明官,等.啤酒酿造[M].北京：中国轻工业出版社,1995.

[5] 逯家富,翁连海,等.小麦啤酒的生产工艺[J].食品工业科技，2006, 27 (6)：190-194.

[6] 武宝忠,申华.浅析啤酒发酵过程中高级醇的产生及控制措施[J].酿酒,2003,30(3)：66-67.

[7] Jens G,Jurgen J H,Thomas S.Unmalted triticale cultivars as brewing adjuncts:effects of enzyme activities and composition on beer wort quality[J].Agric Food Chem,2005,(85)：647-654.

[8] 林志国.啤酒中高级醇的控制[J]. 酿酒科技,2001, 104 (2)：55-56.

[9] Sofie A Depraetere,Filip Delvaux,et al.Wheat variety and barley malt properties:influence on haze intensity and foam stability of wheat beer[J].J Inst Brew,2004,110(3)：200-206.

[10] 蔡定域. 酿酒工业分析手册(第 1 版)[M].北京：轻工业出版社, 1988.

(上接第 19 页)

[6] 张丽苹,徐岩.酸性 α-淀粉酶的研究与应用[J].酿酒科技，2002,29(3)：19.

[7] 杨培华,李忠海,刘永乐，等,耐酸性 α-淀粉酶的开发与应用[J].食品与机械,2006,22(5)：133-135.

[8] Young J Yoo,Juan Hong,Randolph T.Hatch.Comparison of α-amylase activities from different assay methods[J].Biotechnology and Bioengineering ,1987,30：147-151.

[9] 史永昶,姜涌明,樊彪，等.蛋白酶对解淀粉芽孢杆菌 α-淀粉酶活力的影响[J].微生物学通报,1995,22(1)：23-24.

[10] Nidhi G,Gupta J K,Soni S K. A novel raw starch digesting thermostable α-amylase from *Bacillus sp* Ⅰ-3 and its use in the direct hydrolysis of raw potatostarch[J] .Enzyme and Microbial Technology, 2005, (37)：723-734 .

[11] Elif S D,Bunzo M,Motoyasu A,et al. α-Amylase from B.amylolique-faciens: purification, characterization, raw starch degradation and expression in *E.coli*[J]. Process Biochemistry, 2005, (40)：2629-2636 .

[12] Harmeet K S,Kanupriya S,Gupta J K,et al. Production of a thermostable α-Amylase from *Bacillus sp* PS-7 by solid state fermentation and its syner-gistic use in the hydrolysis of malt starch for alcohol production[J] .ProcessBiochemistry, 2005, (40)：525-534 .

[13] 郭建强,李运敏,岳丽丽，等. 超耐热酸性 α-淀粉酶基因的克隆及其在酵母细胞中的表达[J]. 生物工程学报, 2006,22(2)：237-242.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net