

生产瓶装啤酒灭菌法的研究

郭海艇 鄢勇奇

(华中科技大学化学系 湖北 武汉 430074)

摘要: 通过对瞬时巴氏杀菌、隧道式喷淋巴氏杀菌、膜过滤啤酒技术对瓶装啤酒生产新鲜度的研究比较,研究了瞬时巴氏杀菌用于瓶装啤酒生产的关键工艺参数以及控制模式。比较了 3 种杀菌模式生产的啤酒的理化指标、保鲜期长短的变化。结果表明,瞬时巴氏杀菌对啤酒泡持性和保鲜期的延长优于膜过滤纯生啤酒和隧道式巴氏杀菌啤酒。瞬时巴氏杀菌消耗低、成本低、简便易行。

关键词: 瓶装啤酒; 灭菌方法; 瞬时巴氏杀菌; 膜过滤

中图分类号: TS262.5; TS261.4 文献标识码: B 文章编号: 1001-9286(2005)09-0059-03

Research on Sterilization of Bottled Beer

GUO Hai-ting and WU Yong-Qi

(Department of Chemistry, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract: Through the comparison of the effects of flash pasteurization, normal pasteurization and membrane filtration on the freshness of bottled beer, the key technical parameters and relative control modes for flash pasteurization were investigated. Besides, the physiochemical index and the shelf period of beer by the above three sterilization methods were also compared. And the results indicated that beer by flash pasteurization had longer foam durability and shelf life and flash pasteurization had the advantages such as low consumption, low production cost, and simple operation. (Tran. by YUE Yang)

Key words: bottled beer; sterilization; flash pasteurization; membrane filtration

随着技术的发展,啤酒的生物稳定性得到了很大的提高,但是啤酒的风味稳定性及新鲜度提高的幅度却不能令消费者满意。所以如何延长啤酒的风味稳定性及新鲜度将是酿造工业的重要课题。影响啤酒新鲜度的因素很多,众多文献^[1-11]阐述了从原料到产品及销售储存各环节的相关因素。有一种观点^[6]认为,提高啤酒新鲜度的最明智的做法是改进包装技术。目前国内大部分厂家均采用隧道式喷淋巴氏杀菌生产瓶装熟啤酒,对啤酒的风味稳定性及新鲜度控制非常不利,保鲜期较短;采用膜过滤技术生产纯生啤酒,较好地解决了啤酒的保鲜期问题,但是存在啤酒口味淡薄、泡沫逐步衰减、运行成本高等缺点^[10],瞬时杀菌技术在啤酒行业中最早应用在桶装鲜啤酒生产中,所生产的产品具有保鲜期长、生产运行成本低、理化指标稳定等优点。但目前将瞬时杀菌技术大规模应用于瓶装啤酒生产还未见报道,因此本文在此方面做了一些初步研究工作。

1 3 种主要啤酒杀菌技术的比较

为保证啤酒的生物稳定性,必须采用各种方法来杀

灭啤酒中存在的酵母和细菌。巴氏杀菌技术、膜过滤技术等都可达到目的,但是对啤酒的负面影响各不相同。

巴氏杀菌是在啤酒的加热过程中,利用热力作用杀灭或抑制那些能够在经过过滤的澄清啤酒中生存的酵母和细菌。巴氏杀菌有瞬时杀菌和隧道喷淋杀菌两种方式,瞬时杀菌是将啤酒加热到 70℃,保持 15~25 s;而隧道喷淋杀菌是将啤酒加热到 60℃并保持一段时间。

膜过滤技术是使啤酒流过一个可以将啤酒中的所有微生物截留下来的超微过滤膜,达到啤酒无菌的。

1.1 不同杀菌方式对啤酒保鲜期的影响

随贮存时间的延长,啤酒中可以察觉到的风味缺陷增加。大量经验证明,啤酒老化味的产生是啤酒中的溶解氧与啤酒中大约 600 种风味物质反应的结果。反应程度越深,则老化味表现得更为突出。大部分工厂已经将啤酒中的溶解氧控制在很低的水平,但啤酒的老化味产生依然很快,保鲜期没有预期那么长,根源在于与氧化反应密切相关的温度和时间没有得到很好的控制。按照 Arrhenius 定律,有 $K_{t+10}=(2\sim 3)K_t$ 。其中 K_t 代表在特定温度下的氧化反应速度常数, K_{t+10} 表示当温度升高 10℃时

收稿日期: 2005-03-10

作者简介: 郭海艇(1968-),男,河南省唐河县人,高级工程师,学士学位,现在四川华润蓝剑(广安)啤酒有限公司工作。

的氧化反应速度常数。换句话说,每当温度升高 10℃,氧化反应速度将增加 2~3 倍。影响氧化反应进行程度的另一个因素就是时间,在同等温度下,时间越长,氧化程度就越大。为了综合衡量温度和时间的影响程度,可以引入一个热负荷^[15]的概念,将热负荷表示为: $RQ=f(T, t)$ 。其中 RQ 代表热负荷, T 表示温度影响因子, t 表示时间影响因子。保鲜期的长短与热负荷的大小密切相关,热负荷越大,氧化程度就越大,从而保鲜期越短。

隧道式喷淋巴氏杀菌所产生的 RQ 最大。 RQ 由两方面组成:一是 60℃保持 10 min 左右所产生的热负荷,二是啤酒出杀菌机后从 35℃自然降低到室温大约 12 h 所产生的热负荷;瞬时巴氏杀菌所产生的 RQ 为其次,虽然温度高于 60℃,但是保持时间只有 10~20 s;膜过滤方法则基本上没有热负荷。因此,膜过滤技术生产的啤酒其保鲜期最长,瞬时巴氏杀菌生产的啤酒次之,隧道式喷淋巴氏杀菌生产的啤酒保鲜期最短。

1.2 不同杀菌方式下啤酒生产的综合比较

膜过滤技术生产的啤酒保鲜期虽然很长,但也有很多缺点。可以截留全部微生物的超微过滤器同样可以截留蛋白质、糊精、类黑精等大分子物质,而这些物质却能影响啤酒的口感、泡持性、色泽和部分风味;膜过滤生产的啤酒泡沫问题一直是困扰啤酒界的技术难题,影响啤酒的口味和外观;过滤器的滤芯昂贵且需定期更换,包装过程采用要求很高的无菌冷灌装技术^[1],这些都在一定程度上限制了该技术的应用。

隧道式喷淋巴氏杀菌生产啤酒的优点是对酿造和包装的要求低。但生产设备占地面积大、生产费用高,特别是杀菌时间长,啤酒的新鲜期短。

瞬时巴氏杀菌设备简单,综合生产费用和能耗最低,啤酒保鲜期较长,但对包装的卫生要求高,必须采用无菌冷灌装技术。从总体上说,瞬时杀菌技术用于瓶装啤酒的生产具有保鲜期长、费用低廉、口感好、泡沫好等众多优点,已经引起注意^[4]。在未来几年瞬时啤酒杀菌技术有可能成为啤酒包装的一项新技术而被广泛应用。

2 瓶装啤酒瞬时杀菌工艺

2.1 工艺流程简述

瞬时巴氏杀菌由三段式板式换热器、高压变频啤酒泵、加热系统、保温系统、冷却系统、CIP 清洗系统、管道系统和控制系统组成。其操作程序如下:

①启动 CIP 自动清洗程序,对瞬时巴氏杀菌系统啤酒经过的管道、设备、泵体进行 10 min 75℃ 2%~3% 的碱洗,5 min 的热水冲洗,20 min 80℃的热水杀菌;

②启动自动循环升温程序,用 4℃的脱氧水在系统内自动循环加热,当升温到 70℃,自动运行正常程序;

③从清酒罐出来的 0℃冷啤酒经高压泵加压后,进入板式换热器的第二段,与刚经过保温杀菌需要冷却的 70℃啤酒对流换热,从而被预热到 64℃,再进入第三段

加热段,用 0.05 MPa(表压)的蒸汽加热到 70℃,随后进入保温管保温 15 s;

④完成杀菌过程后,将 70℃的啤酒返回到换热器的第二段,将热能传递给 0℃的冷啤酒,从而被冷却到 12℃,再进入换热器的第一段,用-3~-5℃的冷媒冷却到 2~4℃,输送到已经 CIP 清洗且用 CO₂ 背压的缓冲罐中,采用无菌冷灌装方法将啤酒装入瓶中,再经温瓶机将酒温提高到 30℃后贴标。

2.2 关键参数及工控点

保持恒定的、一次性的杀菌温度(70℃)是瞬时巴氏杀菌系统的关键。杀菌温度高,则热负荷大,对保鲜期产生严重损害,同时也使许多风味物质受损、蛋白质变性,破坏啤酒的胶体稳定性和泡沫稳定性;杀菌温度低,不能保证啤酒的生物稳定性。控制的核心是首先利用脱氧水循环加热将设备预热到正常的工况状态下,然后利用保温管上设置的温度检测仪通过电脑与加热蒸汽调节阀反馈自动控制。

在 70℃的杀菌温度下保持杀菌时间 10 s,是控制啤酒热负荷、保证啤酒保鲜期的又一个重要控制点,在保温管的长度、容积已经恒定的前提下,稳定啤酒通过瞬时杀菌机的流量等同于控制杀菌时间。控制方法是利用啤酒进口的流量计检测流量反馈自动控制高压变频啤酒泵的转速来实现。

啤酒的另外一个重要指标是 CO₂ 的含量,CO₂ 在啤酒中的溶解度与啤酒的温度与压力密切相关。在 70℃的杀菌温度下要保证已经溶解在啤酒中的 CO₂ 不释放,必须稳定系统压力维持在 0.8 MPa。如果压力低于此值,啤酒中的二氧化碳开始溢出,导致啤酒泡沫大量产生,生产操作困难,既会破坏杀菌效果,又消耗泡沫生成物质,使 CO₂ 含量达不到要求。控制方法是通过板式换热器出口的压力检测自动反馈控制换热器出口调节阀来实现。

2.3 杀菌单位计算

一般啤酒的杀菌程度采用 P_u 值,即巴斯德杀菌单位来衡量。 P_u 值计算公式为:

$P_u = t \times 1.393^{(T-60)}$,式中 t 为杀菌时间(min), T 为杀菌温度(℃),70℃,10 s 的 P_u 值为 6.85 个单位,实验表明,当致死 P_u 值达到 5 个单位以上时,就可对啤酒酵母进行有效杀灭,酵母不再繁殖。而该 P_u 值对啤酒的风味稳定性及新鲜度非常有利,该指标也优于其他杀菌方式。

2.4 无菌冷灌装

经巴氏杀菌后的无菌啤酒只有进行无菌冷灌装,才能实现保鲜期长、生物稳定性好的效果。无菌冷灌装就是在啤酒无菌的前提下,在生产过程中必须达到灌装环境、包装材料以及辅助材料无菌。

3 结果分析与讨论

3.1 不同杀菌方式下部分理化指标对比

表 1, 表 2 为不同杀菌方式下新鲜啤酒的部分理化指标对比(体积 640 mL)。

表 1 不同杀菌方式下新鲜啤酒的部分理化指标

指标	隧道式杀菌	瞬时杀菌	膜过滤纯生
泡持性(s)	259	301	266
浊度(EBC)	0.30	0.39	0.22
原麦汁浓度(% m/m)	10.4	10.3	10.4
真正发酵度(%)	65	68	71
色度(EBC)	5.2	5.8	5.5
双乙酰(mg/L)	0.03	0.03	0.04
溶解氧(μ g/L)	48	35	30
卫生指标	NBB-B\A, Wort -A 均不变色	NBB-B\A, Wort -A 均不变色	NBB-B\A, Wort -A 均不变色

表 2 成品啤酒室温存放 180 d 后的部分理化指标

指标	隧道式杀菌	瞬时杀菌	膜过滤纯生
泡持性(s)	246	298	223
浊度(EBC)	0.85	0.55	0.50
原麦汁浓度(% m/m)	10.35	10.39	10.38
真正发酵度(%)	65	68	71
色度(EBC)	6.8	6.0	5.7
双乙酰(mg/L)	0.07	0.04	0.05
溶解氧(μ g/L)	20	16	15
苦味质(Bu)	8.0	7.8	10.1
卫生指标	NBB-B\A, Wort -A 均不变色	NBB-B\A, Wort -A 均不变色	NBB-B\A, Wort -A 均不变色

从表 1, 表 2 的数据对比可知, 纯生啤酒的泡持性在存放后显著下降; 普通巴氏杀菌的啤酒的色度在存放后有明显上升; 瞬时杀菌生产的啤酒各项指标均稳定。

3.2 TBA 与 RSV 监测数据对比

TBA 值是评价啤酒抗氧化能力的重要指标^[2], 它的基本原理是啤酒老化后产生的二烯醛类羰基化合物(啤酒中风味老化的代表性化合物)与 TBA(硫代巴比妥酸)络合。在 530 nm 下测定啤酒吸光度, 可据此比较啤酒的老化程度。

RSV 是对啤酒在不同老化时间下测定的 TBA 值通过公式计算而得的^[1]:

$$RSV=1/4(12/\Delta TBA_{12}+24/\Delta TBA_{24}+36/\Delta TBA_{36}+48/\Delta TBA_{48})$$

TBA 反映的是啤酒的初始抗老化值, 而 RSV 反映的是啤酒的 TBA 增加快慢的情况。不同杀菌方式生产的啤酒 TBA 值和 RSV 值数据见表 3。

表 3 不同杀菌方式生产啤酒的 TBA 值和 RSV 值对比

杀菌方式	隧道式杀菌	瞬时杀菌	膜过滤
TBA 值	0.25	0.12	0.11
RSV 值	103	355	362

从表 3 可以看出, 经瞬时杀菌后的啤酒抗老化值以及预测保鲜期与膜过滤纯生啤酒相当, 两种方式远远优于隧道式杀菌啤酒。

3.3 经不同方式杀菌后的啤酒品尝对比

将不同杀菌方式生产的瓶装啤酒在室温条件下存放, 每个月品尝一次并评分。品尝等级标准: 没有老化味, 0 分; 轻微老化味, 1.25 分; 察觉到的老化味, 2.50 分; 明显的老化味, 3.75 分; 很重的老化味, 5.00 分。对每一样品都要计算出所有品酒员的平均分数, 如果有一个样品的分数超过了 4.0, 则认为该酒样的风味稳定性已不符合标准。具体监测品尝结果见表 4。

表 4 啤酒品尝分值

存放时间	普通巴氏杀菌啤酒		膜过滤纯生啤酒		瞬时巴氏杀菌啤酒	
	平均值	评论	平均值	评论	平均值	评论
0 月	0.8	硫化味	0.6	硫化味	0.6	硫化味
1 月	1.2	老化味轻	0.8	老化味轻	0.9	老化味轻
2 月	2.5	老化味	1.5	老化味轻	1.4	老化味轻
3 月	4.2	老化味重	2.4	老化味	2.2	老化味
4 月	5.0	老化味重	2.9	老化味	3.0	老化味
5 月	5.0	老化味重	3.7	老化味	3.8	老化味
6 月	5.0	老化味重	4.1	老化味重	4.2	老化味重

从表 4 的品尝监测情况看, 普通巴氏杀菌啤酒的保鲜期只有 3 个月, 而膜过滤纯生啤酒和瞬时巴氏杀菌啤酒的保鲜期都在 6 个月, 瞬时巴氏杀菌啤酒完全可以和纯生啤酒媲美。

3.4 不同杀菌方式下的消耗与成本对比(见表 5)

表 5 不同杀菌方式下的消耗与成本对比

项目	隧道式杀菌	瞬时杀菌	膜过滤纯生
水耗(t/kL 酒)	1.57	1.32	1.36
电耗(t/kL 酒)	13.1	12.8	12.4
耗标煤(kg/kL 酒)	54	34	30
CIP 费用(元/kL 酒)	0.45	11	13
膜过滤芯(元/kL 酒)	0	0	40
成本(元/kL 酒)	30.2	32.3	59.6

从表 5 可知, 瞬时巴氏杀菌法在运行成本方面同样具有较大优势。

4 结论

4.1 瞬时巴氏杀菌生产的啤酒在泡沫保持上优于膜过滤纯生啤酒, 在老化味控制上与纯生啤酒相当, 两者的保鲜期都远远大于隧道式喷淋巴氏杀菌生产的啤酒。

4.2 瞬时巴氏杀菌法具有消耗低、成本低、简便易行等优点。

4.3 瞬时巴氏杀菌法和膜过滤法均需要无菌灌装技术, 设备投资相对高些, 实际操作过程比隧道式灭菌复杂得多、困难得多。其中膜过滤无需加热, 是公认的节能技术。而瞬间灭菌也要消耗一定的热能, 还要考虑加热对 CO₂ 溶解的影响等问题。

参考文献:

[1] 李红, 等. 啤酒抗氧化指标的研究[J]. 啤酒科技, 2004 (8)

(下转第 64 页)

表 2 纯生啤酒 HACCP 纠偏措施执行表

CCP	显著危害	监控对象	控制标准	纠偏措施	记录	验收
原料质量	麦芽、酒花的霉变	外观	符合国家标准	不合格原料不使用	采购人员记录	每批记录
	水中微生物	大肠菌群 细菌总数	<3 个/L <100 个/mL (37℃, 48h)	不合格者不使用, 重新处理	水处理车间记录	每批记录
菌种质量	酵母不纯、有杂菌	细菌、霉菌、野生酵母	生产工艺要求	无菌操作 菌种检查	发酵车间记录	每批记录
设备清洗(糖化、发酵、过滤、包装)	杂菌	温度 时间	CIP 清洗效果的检查	若有出入, 必须重新安装使用	各工段操作人员记录	每批记录
啤酒发酵	杂菌	温度 时间 pH 值	生产工艺要求	24 小时监测各项指标的变化	发酵工段操作人员记录	每批记录
啤酒过滤	酵母菌	微孔滤膜的滤芯介质、孔径、CIP 系统	D=0.45~0.8 μm	镜检	过滤工段操作人员记录	每批记录
啤酒包装	杂菌	温度 时间	生产工艺要求	完善杀菌制度, 连续监测各项指标的变化	包装工段操作人员记录	每批记录

环境卫生状况等做一般记录。所有 HACCP 记录档案一并由技术部门专人负责保管。纯生啤酒 HACCP 纠偏措施执行表见表 2。

4 HACCP 计划的实施

在啤酒企业实施 HACCP 管理体系是一个庞大的系统控制工程,此工程实施的效果如何直接与企业领导的重视程度和员工的责任心有密切的联系。从上到下首先要树立全员、全过程的战略思想,同时结合先进的质量管理体系,认真按照 HACCP 的执行表操作,做到稳、准、细,将会达到预期的效果。

5 对 HACCP 的改进

在对纯生啤酒 HACCP 管理体系执行的过程中,不可避免地会出现某些质量问题,我们应该及时查找原因,使危害因素得到有效控制,确保产品质量。为此应对纯生啤酒 HACCP 的正常运行采取以下措施。

5.1 不断提高员工的操作技能,而且还要制订短期和

长期的培训计划。

5.2 不断提高和改进员工对 HACCP 体系的本质认识,取缔员工对 HACCP 的操作仅仅是形式上的改革或管理方法的思想。

5.3 建立完善的 HACCP 组织体系,对执行、改进 HACCP 过程中的真实、可靠的信息及时反馈,以便做真实、有效的分析。

5.4 制订有关规章制度,对 HACCP 体系做定期的自检,以确保产品质量。

参考文献:

- [1] 曹弘. 食品添加剂[M]. 兰州:甘肃民族出版社,2004.
- [2] 李怀林. 食品安全管理体系通用教程[M].北京:中国计量出版社,2004.
- [3] 顾国贤. 酿造酒工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,1996.
- [4] 李纪亮. HACCP 在孝感米酒生产中的应用研究[J].酿酒,2004(4):95.
- [5] 褚振平. 试论纯生啤酒生产及其管理[J].酿酒,2004(5):44.

(上接第 61 页)

- 17-22.
- [2] 刘月琴. 对啤酒风味老化程度的相关参数评价[J]. 啤酒科技,2004(8):7-10.
- [3] 李任建. 氧对啤酒的影响与减少氧化的措施[J]. 啤酒科技,2004(3):36-37.
- [4] Dave.Miller.Pasteurization and Microbiological Stability[M]. Brewing Techniques, 1995.
- [5] 邢宝立. 译. 啤酒风味稳定性关键控制点的分析[J]. 中国供销商情-中国啤酒,2005,(1):50-54.
- [6] 周斌,吕庆华. 啤酒风味物质形成及影响因素[J]. 中国供销商

- 情-中国啤酒,2005,(1):56-58.
- [7] 李红,等. 啤酒品质的管理——抗氧化[J]. 今日啤酒,2005,(1):44-49.
- [8] 李广红. 贮酒过程提高啤酒稳定性的工艺控制[J]. 中国供销商情-中国啤酒,2003,(3):62-63
- [9] 王德良,等. 蛋白酶 A 与啤酒泡沫稳定性(一)[J]. 啤酒科技,2004,(1):19-21.
- [10] 何东康. 啤酒新鲜度控制要点[J]. 啤酒科技,2004,(1):31-32.
- [11] 贾凤超. 纯生啤酒泡沫稳定性的研究[J]. 食品与发酵工业,2001,(5):39-41.