

浓香型白酒窖内参数变化规律及相关性研究() : 温度及其数学模型

周新虎¹ 陈翔¹ 杨勇¹ 罗慧波² 黄志国²

(1.江苏洋河酒厂股份有限公司,江苏 宿迁 223800;2.四川理工学院,四川 自贡 643000)

摘要: 温度是影响微生物发酵的重要因素之一,不同的入窖温度及窖内温度的不同变化都会对白酒产、质量产生不同影响。利用数显窖池测温计对浓香型白酒窖内不同空间位置的温度进行多排次跟踪监测,绘制变化曲线,并拟合出数学模型。结果表明,入窖温度与窖内温度的变化受环境温度影响明显,除第1排外,窖内温度变化曲线基本符合“前缓、中挺、后缓落”的传统经验,高斯八阶函数曲线模型对温度数据的拟合效果非常好,与各排次及各空间位置的原始数据都非常接近,只是具体参数有所不同。

关键词: 浓香型白酒; 温度; 变化趋势; 数学模型

中图分类号:TS262.31;TS261.4;TP27

文献标识码:A

文章编号:1001-9286(2012)05-0044-03

Study on the Change Rules of Parameters of Luzhou-flavor Liquor in Pits & Their Correlations (II): Temperature and Its Mathematical Model

ZHOU Xinhui¹, CHEN Xiang¹, YANG Yong¹, LUO Huibo² and HUANG Zhiguo²

(1.Yanghe Distillery Co. Ltd., Suqian, Jiangsu 223800; 2. Sichuan University of Science & Engineering, Zigong, Sichuan 643000, China)

Abstract: Temperature is one of the important factors influencing microbial fermentation. Different pit-entry temperature and different temperature change trend in pits have different effects on liquor quality and liquor yield. In this study, the temperature at different spatial location in pits was monitored by using digital pit thermometer through repeated times, then temperature change curve was described and the relative mathematical model was established. The results showed that pit-entry temperature and temperature change trend in pits were obviously influenced by environmental temperature, and temperature change curve in pits was basically in accord with the description by traditional experience (rise slowly in prior stage, keep stable in medium stage, and decline slowly in late stage) except for the first production turn, and eighth order Gaussian function curve model had satisfactory fitting effects on temperature data, which was very close to the initial data of each production turn or at each spatial location with the difference merely in specific parameters.

Key words: Luzhou-flavor liquor; temperature; change trend; mathematical model

浓香型白酒的生产是一种开放式的传统固态发酵,影响因素众多,作用机制复杂。当酒醅装满窖池封窖后,整个产酒、生香的过程是在完全封闭的状态下完成,所以难以对窖池内部的发酵情况作跟踪观测,因此温度便成为最直观也是最常用的监测酒醅发酵状况的指标。温度是影响微生物发酵的极其重要的因素之一,窖池中温度变化是由环境温度(主要是地温)和窖池微生物的生长代谢共同作用的结果^[1]。浓香型白酒固态发酵过程中,不同的入窖温度及窖内温度的不同变化都会对白酒产、质量产生不同影响^[2]。因此,对温度进行连续观测能够更好地指导生产实践。前人对发酵温度已进行了相关研究^[3-5]。本

实验通过对窖池不同空间位置的温度进行多排次跟踪监测来分析温度对浓香型白酒生产的影响,并构建了各排次各空间位置的温度数学模型,为探索浓香型白酒发酵机理及提高浓香型白酒生产技术水平打下坚实的基础。

1 材料与方法

1.1 材料、仪器

洋河酒厂中试车间浓香型窖池;数显窖池测温计,济南雪娜斯仪表有限公司。

1.2 实验方法

利用温度探头对窖池中心区域和周边区域(距窖池

收稿日期:2012-02-07

作者简介:周新虎(1962-),男,江苏宿迁人,硕士,高级工程师,江苏洋河酒厂股份有限公司总工程师,首届中国白酒科学技术大会优秀科技专家,中国食品工业协会白酒委员会专家,中国酿酒工业协会白酒委员会专家,先后荣获省部级进步奖3项、江苏省优秀科技工作者、宿迁市十大杰出青年、宿迁市优秀科技专家和拔尖人才,是中国绵柔型白酒始创者之一。

优先数字出版时间 2012-04-18;地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/52.1051.TS.20120418.1004.001.html>。

侧壁 20 cm 左右)的上层(距窖顶 0.5 m 深处)、中层(距窖顶 1.0 m 深处)、下层(距窖顶 1.4 m 深处)共 6 个点的酒醅温度进行跟踪监测,从封窖至起窖为止。

1.3 数据分析

利用 MATLAB 软件拟合窖内不同空间位置酒醅温度的数学模型。

2 结果与分析

2.1 窖内各空间位置的温度变化

通过对各排次窖内不同空间位置的温度进行监测发现:除第 1 排外,各排次各层温度变化基本符合“前缓、中挺、后缓落”的趋势。发酵初期,微生物大量繁殖,逐渐耗尽酒醅中残存的氧气,酵母菌迅速生长并进入稳定期,开始酒精发酵,酒精发酵是放热过程且微生物的呼吸作用也产生热量,窖池各层酒醅温度缓慢升高直至顶火;进入稳定期后,在相当长一段时间内各种微生物都保持相对平衡,窖内温度保持挺火。发酵后期,随着窖内各种营养物质消耗殆尽,对剩余的少量能源物质的利用难度加大,且酸度和乙醇浓度逐渐加大,窖内微生态环境变得更加恶劣,从而不适于酵母菌等微生物的生长,窖池微生物大量死亡,仅有少量适应酸性厌氧环境的微生物生长,产生的发酵热和呼吸热随之逐渐减少,温度逐渐降低。

2.1.1 第 1 排次某窖池窖内各空间位置的温度变化

对浓香型白酒第 1 排次某窖池窖内各空间位置的温度进行跟踪监测,结果见图 1。在第 1 排次时,气温较高,窖内各空间位置的入窖温度都较高,达 22~25℃,且酒醅的温度从下层到上层逐渐升高,这与 9 月的气温及地温密切相关。各空间位置的酒醅温度升温都很迅速,升温幅度相差不大;入窖 5 d 左右即升温至最高峰,顶火温度高达 32℃左右,且上层酒醅温度最高,中层次之,下层最低;而后挺火至入窖 10 d 左右开始缓慢落火,各空间位置的酒醅落火幅度基本相当;至发酵结束时,酒醅温度为 24~26℃,略高于入窖温度,且各层酒醅的温度差异与顶火时相反,下层最高、中层次之、上层则最低。图 1 为第 1 排某浓香型窖池窖内各空间位置的温度变化趋势。

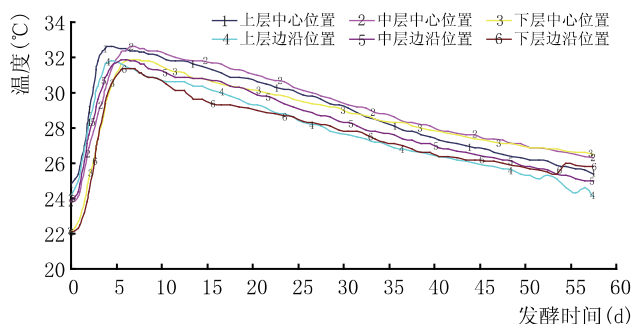


图 1 第 1 排某浓香型窖池窖内各空间位置的温度变化趋势

2.1.2 第 2 排次某窖池窖内各空间位置的温度变化

由图 2 所示,第 2 排次时,入窖温度远低于第 1 排

次,且此时中层温度较上层和下层温度低。随发酵的进行,窖内酒醅温度缓慢升高,至入窖 8 d 左右,酒醅温度升至最高峰,除下层边沿位置的顶火温度在 26.8℃外,其余各空间位置的顶火温度均在 30℃左右;保持该温度 5 d 左右后,各空间位置的温度均缓慢下降;至发酵结束时,酒醅温度较入窖温度而言都有了不同程度的增加,各层酒醅间温度差异与第 1 排时相同,下层最高、中层次之、上层最低。

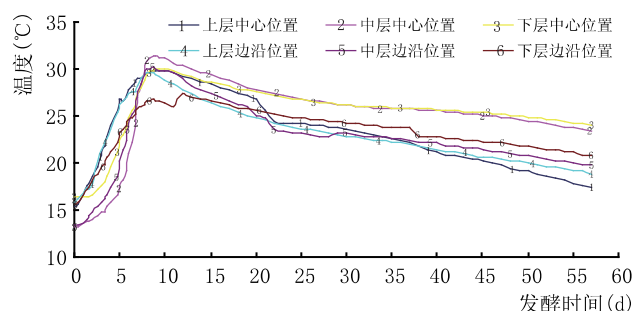


图 2 第 2 排某浓香型窖池窖内各空间位置的温度变化趋势

2.1.3 第 3 排次某窖池窖内各空间位置的温度变化

当浓香型白酒发酵进入复工后第 3 排次时,入窖温度处于 16~18℃,各层酒醅的温度差异与第 1 排相同,由上到下逐渐降低。随发酵的进行,酒醅温度缓慢升高。至入窖 13 d 时,各空间位置的酒醅均达到顶火温度,中心位置为 26℃左右,边沿位置为 21℃左右,远低于第 1 排和第 2 排时的顶火温度;该窖池位于厂房最边缘,邻近边沿的位置没有窖池,加之第 3 排时地温较低,造成边沿位置的温度远低于中心位置的温度。第 3 排某浓香型窖池窖内各空间位置的温度变化趋势见图 3。

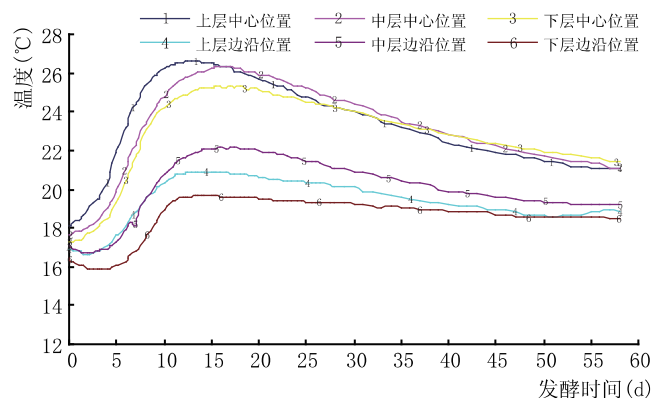


图 3 第 3 排某浓香型窖池窖内各空间位置的温度变化趋势

由图 3 还可知:虽顶火温度不高,但挺火时间长达 10 d 左右,远高于其余排次,对第 3 排另外一个窖池的监测结果亦是如此。而后随发酵进行,酒醅温度逐渐缓慢下降。边沿位置与中心位置相比,由于顶火温度本来就不高,下降幅度更缓慢。至发酵结束时,中心位置的酒醅温度高于边沿位置约 2℃。

2.1.4 第 4 排次某窖池窖内各空间位置的温度变化

当浓香型白酒进入第4排次时,入窖温度均控制在18~20℃,且上层酒醅的温度高于中层与下层。随着发酵的进行,酒醅温度缓慢升高。至入窖15~18d时,窖内各空间位置的酒醅均升至顶火温度,此时中心位置的上层和中层酒醅温度较其他位置略高2~3℃,位于31~32℃,略低于第1排的顶火温度,高于第2排和第3排的顶火温度。在保持顶火温度5~7d后,类似于其余排次,各空间位置酒醅的温度缓慢降低,顶火温度高的位置较其他位置温度下降更为明显。至发酵结束时,各空间位置的温度相差无几,均在27.5℃上下。图4为第4排某浓香型窖池窖内各空间位置的温度变化趋势。

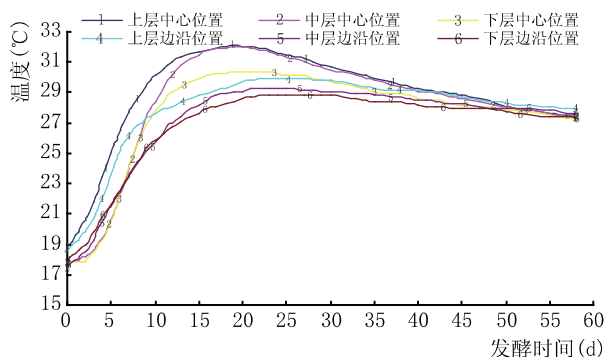


图4 第4排某浓香型窖池窖内各空间位置的温度变化趋势

2.2 温度变化曲线的数学模型拟合

对各排次的温度变化曲线进行拟合,结果发现:高斯八阶函数曲线模型对温度数据的拟合效果非常好,与各排次及其各空间位置的原始数据都非常接近,只是具体参数有所不同。限于篇幅,本文仅列出第3排某窖池中层中心位置温度曲线的高斯方程:

General model Gauss8:

$$f(x)=a_1 \times \exp \left\{ -\left[\frac{(x-b_1)}{c_1} \right]^2 \right\} + a_2 \times \exp \left\{ -\left[\frac{(x-b_2)}{c_2} \right]^2 \right\} + a_3 \times \exp \left\{ -\left[\frac{(x-b_3)}{c_3} \right]^2 \right\} + a_4 \times \exp \left\{ -\left[\frac{(x-b_4)}{c_4} \right]^2 \right\} + a_5 \times \exp \left\{ -\left[\frac{(x-b_5)}{c_5} \right]^2 \right\} + a_6 \times \exp \left\{ -\left[\frac{(x-b_6)}{c_6} \right]^2 \right\} + a_7 \times \exp \left\{ -\left[\frac{(x-b_7)}{c_7} \right]^2 \right\} + a_8 \times \exp \left\{ -\left[\frac{(x-b_8)}{c_8} \right]^2 \right\}$$

Coefficients (95%致信区间内的拟合常数):

$$a_1 = -0.1572(-0.5686, 0.2543) \quad b_1 = 23.88(21.62, 26.14)$$

$$c_1 = 2.979(-1.728, 7.687) \quad a_2 = -1.544(-61.34, 58.25)$$

$$b_2 = 27.4(-2.704, 57.51) \quad c_2 = 9.609(-45.14, 64.36)$$

$$a_3 = 0.2474(-0.1125, 0.6072) \quad b_3 = 16.56(15.62, 17.5)$$

$$c_3 = 2.425(0.46, 4.39) \quad a_4 = -0.1107(-0.2306, 0.009173)$$

$$b_4 = 34.24(33.37, 35.1) \quad c_4 = 1.337(-0.3894, 3.063)$$

$$a_5 = 1.699(-495.3, 498.7) \quad b_5 = 45.53(-88.12, 179.2)$$

$$c_5 = 12.68(-604, 629.4) \quad a_6 = 22.54(-153.1, 198.2)$$

$$b_6 = 65.95(-527.9, 659.8) \quad c_6 = 38.4(-4257, 4334)$$

$$a_7 = 4.048(-11.12, 19.22) \quad b_7 = -0.8021(-6.91, 5.305)$$

$$c_7 = 4.679(-0.2436, 9.601) \quad a_8 = 22.35(-1891, 1935)$$

$$b_8 = 19.59(-376.9, 416.1) \quad c_8 = 21.81(-397.5, 441.1)$$

Goodness of fit:

SSE (方差):0.1454;R-square (决定系数):0.9999;

Adjusted R-square (校正后的决定系数):0.9999;RMSE (标准差):0.04403。

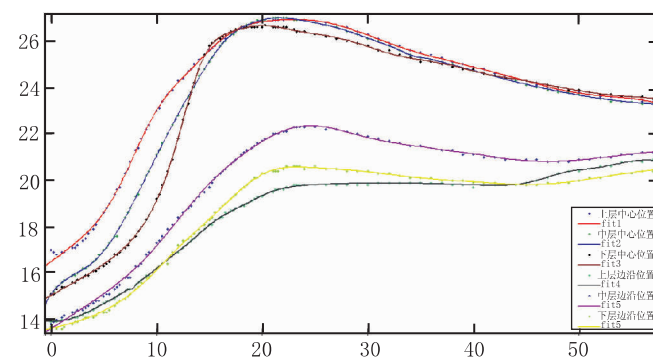


图5 第3排某浓香型窖池不同空间位置温度随发酵时间的变化

3 小结

3.1 通过对各排次窖内不同空间位置的温度进行实时监测与对比,发现窖内酒醅的温度变化受环境温度影响明显。外界环境温度较高时,入窖温度无法正常掌控,至多也仅能做到平地温;外界环境温度较低时,按照工艺操作可将入窖温度控制在16~18℃;若操作不慎或大曲发酵力不够,还可能导致低温入池,从而影响发酵。

3.2 通过对各排次的入窖温度及窖内温度进行对比研究发现:入窖温度对窖内发酵温度的升温速率有明显影响。当入窖温度高于18℃时,随着入窖温度的升高,发酵温度升温速率明显加快,同时回落速率也快;入窖温度与发酵顶火温度及升温幅度也有关,入窖温度高,则发酵顶火温度高,升温幅度则随入窖温度的升高而减小,反之亦然。

3.3 将各排次的窖内温度变化趋势结合出酒情况研究,结果发现:升温速率越慢,则出酒率越高。众所周知,酵母菌的最适宜温度是28~32℃,而顶火温度一般低于32℃,升至顶火温度所需时间越长,则酵母作用时间长,出酒率自然越高。

3.4 实际生产中,由于生产环境不同,生产工艺参数也应该有所变化。只有根据糟醅实际状况,把握入窖温度这一关键控制要素,结合对窖内发酵微生物系统的进一步研究认识,以及白酒中主要的风味物质在窖内的变化趋势等,才能理解浓香型白酒传统工艺之精髓,使浓香型白酒生产达到优质高产的目的。

参考文献:

- [1] 黄治国,罗惠波,程铁轶,等.酒醅发酵过程中温度变化曲线的实时检测及其数学模型建立[J].酿酒科技,2008(10):20-25.
- [2] 周庆伍.白酒固态发酵温度变化与产、质量关系的研究[J].酿酒,2008,35(6):62-64.
- [3] 孙家芳.关于甲烷菌与己酸菌发酵调节发酵温度加快新窖老熟的探讨[J].山东食品发酵,2003,131(4):23-24.
- [4] 修志龙,邵惠鹤.微生物发酵过程的温度控制[J].控制工程,2005(2):34-36.
- [5] 唐玉明,任道群,姚万春,等.酱香型酒糟醅堆积过程温度和微生物区系变化及其规律性[J].酿酒科技,2007(5):54-58.