

汾酒大糴发酵最高品温的研究

赵迎路,王月梅

(山西杏花村汾酒集团有限责任公司技术中心,山西 汾阳 032205)

摘要: 汾酒发酵的最高品温是影响汾酒质量的重要因素。应用回归分析法对汾酒的大糴发酵最高品温作了定量研究,结果表明,发酵缸地温是关键因素,其次是入缸品温。控制了地温和入温,就控制了最高品温,也就控制了酒醅的酸度,即可保证大、二糴酒的产量和质量。在夏季,利用人工控温发酵,可提高出酒率7.2%,优质酒率可达15.87%。(陶然)

关键词: 汾酒; 最高品温; 入缸品温; 地温; 控温发酵

中图分类号: TS262.32; TS261.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-9286(2003)04-0050-03

Study on the Highest Temperature of the Fermenting Grains of High Starch Content for Fenjiu Liquor

ZHAO Ying-lu and WANG Yue-mei

(Technical Center of Shanxi Xinghuacun Fenjiu Liquor Group Co. Ltd., Fenyang, Shanxi 032205, China)

Abstract: The highest temperature of the fermenting grains in the production of Fenjiu Liquor is an important influencing factor of the liquor quality. Regression analysis method was used in the quantitative research of the highest temperature of the fermenting grains of high starch content for Fenjiu Liquor. The research results indicated that the floor temperature of fermentation pots was the key factor and the temperature of the fermenting grains of pots entry was also an influencing factor. The control of floor temperature and pot entry temperature meant the control of the highest temperature of the fermenting grains and further meant the control of the acidity of fermented grains which could ensure the output and the quality of the liquors from the primary fermenting grains and the secondary fermenting grains. In summer, the application of fermentation by manual control of the temperature could increase liquor yield rate by 7.2% and the quality liquor rate could achieve 15.87%. (Iran. by YUE Yang)

Key words: Fenjiu Liquor; the highest temperature of the fermenting grains; temperature of the fermenting grains of pot entry; floor temperature; temperature controlled fermentation

汾酒发酵最高品温是影响汾酒质量和产量的重要因素,夏季因酒醅酸败,汾酒产量不仅低且质量较差。为了解决这个问题,我们在生产上采取了许多措施,如减少投料、减曲、早开门窗、缩短发酵期等方法,均取得了一定效果。为了进一步了解影响发酵最高品温的外在因素,从发酵的入缸品温、地温、室温入手,进行了定性和定量研究。

1 收集数据

利用测温表,将温度计探头插入缸花土壤中测地温,插入缸内红糴一定位置,测入缸品温和发酵品温,将探头挂在室内上空测室温,并跟踪记录,得到的原始数据如表1。

设:Y—大糴发酵最高品温(℃); T_1 —发酵室室温(℃); T_2 —发酵缸地温(℃); T_3 —入缸品温(℃)。

对记录数据进行回归分析,得出了它们之间的关系。

2 数据的分析与处理

2.1 各变量的总和与平均^[1]

$N=48$

$\Sigma T_1=538.6$ $\bar{T}_1=11.22$ $\Sigma T_2=599.1$ $\bar{T}_2=12.48$
 $\Sigma T_3=749.2$ $\bar{T}_3=15.61$ $\Sigma Y=1445.3$ $\bar{Y}=30.11$

收稿日期: 2003-03-12

作者简介: 赵迎路(1939-),男,河北人,教授级高级工程师,副总工,从事汾酒科技和质量管理工作40年,发表论文30余篇,获国家三等奖1次。

2.2 求各变量交叉积的和,各变量和的交叉积

$\Sigma t_1^2=7963.06$ $\Sigma t_2^2=8677.84$ $\Sigma t_3^2=12183.32$ $\Sigma y^2=44556.25$
 $\Sigma t_1 t_2=8128.07$ $\Sigma t_1 t_3=8272.14$ $\Sigma t_2 t_3=9270.27$ $\Sigma t_1 y=17442.56$
 $\Sigma t_2 y=19081.34$ $\Sigma t_3 y=22615.06$
 $\frac{1}{48} (\Sigma t_1) y=6048.03$ $\frac{1}{48} (\Sigma t_2) y=7480$ $\frac{1}{48} (\Sigma t_3) y=11693.76$
 $\frac{1}{48} (\Sigma y) t_1=43518.59$ $\frac{1}{48} (\Sigma t_1) (\Sigma t_2)=6724.897$
 $\frac{1}{48} (\Sigma t_1) (\Sigma t_3)=8409.77$

$\frac{1}{48} (\Sigma t_2) (\Sigma t_3)=9350.95$ $\frac{1}{48} (\Sigma t_1) (\Sigma y)=16223.49$

$\frac{1}{48} (\Sigma t_2) (\Sigma y)=18039.15$ $\frac{1}{48} (\Sigma t_3) (\Sigma y)=22558.72$

2.3 求正规方程的系数 L_{ij} 与常数项 L_{iy} 及总平方和 L_{yy}

$L_{11}=1915.03$ $L_{22}=1197.84$ $L_{33}=489.56$ $L_{12}=L_{21}=1403.17$

$L_{13}=L_{31}=-137.63$ $L_{23}=L_{32}=-80.68$ $L_{1y}=1219.07$

$L_{2y}=1042.19$ $L_{3y}=56.34$ $L_{yy}=1037.66$

2.4 回归系数 b_i 即是下面正规方程的解

$L_{11}b_1+L_{12}b_2+L_{13}b_3=L_{1y}$ (1)

$L_{21}b_1+L_{22}b_2+L_{23}b_3=L_{2y}$ (2)

$L_{31}b_1+L_{32}b_2+L_{33}b_3=L_{3y}$ (3)

将以上各对应数据分别代入,即可求出各个回归系数(详细计

表1 酒醅发酵测量温度 (°C)

编号	Y	T ₁	T ₂	T ₃	编号	Y	T ₁	T ₂	T ₃	编号	Y	T ₁	T ₂	T ₃
1	36.4	21.5	20.7	17.2	17	28.5	8.2	11.2	9.6	33	24	4.9	7.9	15.5
2	35.2	22	20.0	14.3	18	30.5	9.8	11.1	17.2	34	31.7	5.0	11.1	22.5
3	37	20	20.4	15.5	19	29.1	6.6	11.6	16.9	35	22.4	5.6	5.6	14.5
4	38.7	21.1	20.3	19.2	20	31.2	5.2	11.7	18.4	36	25.6	6	6.1	16.6
5	37.8	18.8	19.8	13.8	21	28	2.7	11.6	14.5	37	24.5	7	6.9	14.5
6	37.2	19.5	20.5	16	22	27.2	3.5	7.9	15.9	38	25	8.7	7.5	15.1
7	37.7	21.5	19.5	16.7	23	30.2	14.4	14.7	15.6	39	24.5	8.7	8.3	12.8
8	35.7	17.2	17.1	16.8	24	31.5	14.5	16.6	14.3	40	24.8	9	7.7	12.2
9	34.5	17.3	18	19	25	27.5	4.6	10.8	23.6	41	24.3	7.7	8.2	18
10	35	16.3	16.6	14.5	26	28.5	5	5.8	23.2	42	24.8	9	8.8	13.1
11	34.8	19.5	17.3	18.1	27	25.2	3.7	5.8	19	43	29.9	12.7	16.1	10
12	35.7	21.7	18	17.8	28	22.3	2.7	5.5	15.2	44	30.9	13.5	13.8	12.6
13	36.1	18.7	17.1	14	29	24	2.3	5.5	14.9	45	31	13.8	14	11.8
14	33	11.3	12.7	14.2	30	26.2	0.5	5.3	18.7	46	28.8	13.6	14.1	11
15	29	11.5	12.1	11.3	31	26.6	6.6	6.4	18.9	47	31.3	14	15.5	13.6
16	30.1	8.3	11.7	8.7	32	27	5.3	7.5	17.4	48	34.4	7.8	16.8	15

算从略)。

$$b_0=15.0173 \quad b_1=0.0357 \quad b_2=0.8467 \quad b_3=0.2645$$

则大糵发酵过程中的温度变化的线性回归方程模型为:

$$\hat{y}=15.0173+0.0357T_1+0.8467T_2+0.2645T_3 \quad (I)$$

利用线性回归方程(I)对温度进行方差分析。

3 方差分析

3.1 总的离差平方和

$$L_{yy}=\sum(\hat{y}_i-\bar{y})^2=1115.67 \quad \text{自由度: } N-1=47$$

3.2 回归平方和

$$U=\sum(\hat{y}_i-\bar{y})^2=940.12 \quad \text{自由度: } K=3$$

$$\text{均方: } U/k=313.37 \quad F=U/ks^2=78.54$$

3.3 剩余平方和

$$Q=\sum(Y-\hat{Y})^2=175.55 \quad \text{自由度: } N-K-1=44; \text{均方: } s^2=\frac{Q}{N-K-1}=3.99$$

3.4 显著性检验

第一自由度为3,第二自由度为44,查F分布表 $F_{3,44}^{0.05}=2.80$ $F_{3,44}^{0.01}=4.30$,由于 $F=78.54 \gg F_{3,44}^{0.01}=4.30$,所以此方程高度显著。

为了验证线性回归方程的生产指导性,选择在一个优质高度汾酒班组进行了一个生产周期的跟踪测定,最后得出每月的入温、地温、室温和发酵最高品温的平均值,再用回归方程与之计算,两者进行一一对比,结果两者完全相符,见表2。

表2 实测与计算大糵发酵最高品温比较 (°C)

月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5
实测	35.7	31.7	29.9	27.1	24.2	26.9	27.6	32	34
计算	35.0	31.7	27.5	27.1	24.4	26.7	27.6	32.2	35.4

通过对比可知,回归方程反映了发酵实际情况,可以用于大生产。但是,从方程中看出,入温的回归系数是室温回归系数的7.5倍,而地温的回归系数是室温的24倍,由此,可以推断室温对最高品温的作用非常小,可否忽略?我们又作了进一步的分析。

4 偏回归平方和分析

为了检查可否消除室温这一因素,必须求出各因素的偏回归平方和。如果消去一个因素,则最高品温对其他两个因素的回归系数 b_j^* 与原来的回归系数 b_j 之间有如下关系:

$$b_j^*=b_j - \frac{c_{ij}}{c_{ij}} b_i \quad (j \neq i)$$

其中的 c_{ij} 是原回归方程的系数矩阵 $L=(l_{ij})$ 的逆矩阵 $C=(c_{ij})$ 的元素。于是偏回归平方和即原来的回归平方和减少的数值为:

$$P_i = \frac{b_i^2}{c_{ij}}$$

利用原线性回归方程组的系数逆矩阵,可以得出最高品温对各因素的偏回归平方和,即各因素回归平方和减少的数值,减少得愈大,说明该因素在回归方程中起的作用愈大。求得:

$$p_1=0.3851 \quad p_2=121.0629 \quad p_3=33.3901 \quad s^2=3.99$$

于是:

$$F_1=0.09652 \quad F_2=30.3416 \quad F_3=8.3684 \quad \text{查F分布表 } F_{1,44}^{0.01}=7.22$$

$F_{1,44}^{0.01}=7.22 \gg F_1=0.09652$,所以: P_1 在0.01水平上不显著,经再查F分布表,在0.05水平上也不显著。由于偏回归平方和中有不显著因素 T_1 即室温对最高品温的影响可以忽略,可以剔除, Y 对 T_1 和 T_2 的回归系数有如下变动:

$$b_2^*=b_2 - \frac{c_{21}}{c_{11}} b_1 = 0.8944 \quad b_3^*=b_3 - \frac{c_{31}}{c_{11}} b_1 = 0.2609 \quad b_0^* = \bar{Y} - \sum b_i \bar{T}_i = 14.8761$$

故原来的线性回归方程(I)修正为:

$$\hat{Y}=14.8761+0.8944T_2+0.2609T_3 \quad (II)$$

5 生产上的应用与检验

为了验证线性回归方程(II)在生产上的指导作用,从两方面做了应用上的验证,同时再将表2的实测数据与方程(I)和(II)做了比较(见表3)。

表3 回归方程计算值与实测最高品温比较^[2] (°C)

月份	实测	(I)式	(II)式
9	35.7	35.0	35.1
10	31.7	31.7	31.7
11	29.9	27.5	27.6
12	27.1	27.1	27.2
1	24.2	24.4	24.4
2	26.9	26.7	26.8
3	27.6	27.6	27.6
4	32	32.2	32.2
5	34	35.4	35.4

直观表4,不能看出计算值与实测值之间的差异,我们应用假设检验法进行检验。设实测值与计算值均总体服从正态分布。

表4 回归方程计算值再次与新的实测最高品温对比 (°C)

编号	T ₂	T ₃	实测	计算	编号	T ₂	T ₃	实测	计算	编号	T ₂	T ₃	实测	计算
1	18	15.8	34.5	35.1	17	9.2	12.2	28	26.3	33	9.3	17.5	27.2	27.6
2	21	21.1	37.5	39.2	18	9.7	15.7	27.8	27.6	34	10.9	15.1	25.5	28.6
3	21.3	19.5	35.6	39	19	9.5	14.3	28.3	27.1	35	13.2	8.7	28	29
4	14	12.2	30.8	30.6	20	9.3	15	27.5	27.1	36	12.6	15.4	28	30.16
5	12.6	13.5	29.7	29.7	21	12.5	13.4	31.7	29.6	37	8.2	18	24.3	26.9
6	13.4	13	32.3	30.3	22	7.8	16.6	26.2	26.2	38	9.4	10.5	24.3	26
7	13.9	13.2	32.6	30.8	23	7.5	14	24.8	25.2	39	11.1	9.7	27.5	27.3
8	15.3	10.1	31.7	31.2	24	7.7	15	26.3	25.7	40	10.5	9.8	27.5	26.8
9	14.4	11	30.7	30.6	25	7	12	23.5	24.3	41	10.1	11.5	29.3	26.9
10	9.8	11.1	30.5	26.5	26	3	11.5	23.5	20.9	42	14	13.5	30.7	30.9
11	9.1	15	26.4	26.9	27	7.9	10.5	26.5	24.7	43	18.2	11.5	31.9	34.2
12	11.9	10.3	31	28.2	28	10.7	11.7	29	27.5	44	13.2	14.8	31.8	30.5
13	12	11.5	29.2	28.6	29	5.2	13.7	22	23.1	45	15.4	14	29.6	32.3
14	9.6	10.4	29.5	26.2	30	7.2	11.8	25	24.4	46	13.5	10	28.7	29.6
15	9	13.8	28.6	26.5	31	6.5	10.5	24.6	23.4	47	15.5	13.9	31.2	32.4
16	9.1	15	26.4	26.9	32	6.1	16.6	25.6	24.7	48	18.2	15.5	34.9	35.2

实测为n₁=48, 计算为 n₂=48

$$S_1^2=11.11 \quad S_2^2=13.80 \quad \bar{x}_1=28.70 \quad \bar{x}_2=28.51$$

$$F = \frac{S_2^2}{S_1^2} = 1.24 \text{ ; 设 } \alpha=0.05 \text{ , 查F分布表 } \lambda_2=1.64 \quad \lambda_1=0.60975$$

由于0.60975<1.24<1.64 ;所以 ,两者总体方差相等。又因

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n}}} = 0.2778 \quad (\text{取 } \alpha=0.01 \quad \lambda=2.61)$$

由于T=0.2778<<2.61^[3]

所以 ,两总体均值无显著差异。通过以上一系列的检验和大生产上的验证 ,表明了所得的回归方程完全可以应用于大生产。

我们从汾酒发酵过程中找到了如下的相关定量因素 :控制了入缸品温和地温 ,就控制了最高品温 ;控制了最高品温 ,就控制了酒醅的酸度 ;控制了酸度就控制了酒醅的酒度。这样就保证了大、二糟的流酒数量和酒的质量。而酸度还与杂菌相关 ,杂菌又与发酵品温、尘埃、保温材料、工用具相关。因此 ,我们明确了主攻方向 ,一是控制杂菌 ,采用三专用一隔离卫生操作法 ;二是控制入温和地温 ,采用三高四准二过硬质量操作法 ,夏季大饮缸操作法 ,从每年4月份开始小饮缸即打开缸花土67 cm左右 ,进行缓慢灌水 ,使水逐步进入到地下深处 ,充分利用水的二重性 ,吸收发酵热 ,蒸发发酵热。实验表明 ,1 kg水上升1 °C需4.18 kJ ,而缸花干土升高1 °C只需0.8~0.9 kJ ,水的热容量是它的4~5倍。我们曾作了饮缸与不饮缸的对比试验 (见表5)。

表5 饮缸与不饮缸发酵最高品温对比

项目	N	\bar{X}	S
对照	100	34.4	1.85
饮缸	100	32.7	1.77

对于表5中的发酵最高品温 ,两者有无显著性的差异呢 ?我们用了上面同样的方法作了总体方差和总体均值的假设检验 (过程略) ,最后得出结论 ,饮缸最高品温显著低于对照最高品温。是否控制了发酵最高品温 ,就控制了酸度。为此 ,又对两者发酵酸度也做了总体假设检验 ,得出了同样的结论即试验饮缸的大糟发酵酸度在 $\alpha=0.01$ 水平下 ,饮缸酸度显著低于对照酸度。所以 ,控制了发酵酸度就控制了酒醅酸度 ,也就是控制了出酒率和酒质量 (见表6)。

我们对回归方程的生产验证 ,最大规模是应用在人工控温的汾酒酿造上 ,应用冷却水代替自来水效果一定会更好 ,人工控温发

表6 4~6月份饮缸与对照出酒率与特级品率对比

项目	对比总数	出酒率(%)	特级品率(%)
饮缸	100	41.82	6.23
对照	100	40.86	4.99

酵的大规模试验之所以能够顺利开展 ,完全得益于我们回归方程的反复实践和验证。人工控温发酵试验时间是6月22日~8月4日。依据地温和入温预测最高品温 ,依据最高品温预测酒的数量和酒质 ,大规模的生产试验取得了非常好的效果 ,不控温的出酒率为35% ,而控温的出酒率为42.21% ,优质酒率高达15.87%^[4]。

6 讨论

汾酒生产是以地缸为发酵容器 ,投料1100 kg ,入8个地缸 ,单位体积酒醅占缸体表面积为5.62 ,而浓香型白酒则是2.18~2.25^[5] ,这就是汾酒地缸的优越性 ,因为它的散热面积大 ,发酵中心距缸壁近 ,即27~40 cm ,由此可知地温对它的品温影响是很大的。地温高则品温高 ,地温低则品温低 ,回归方程式中的地温对最高品温的回归系数为0.8944就足以说明这一点 ,地温升高1 °C ,最高品温升高将近0.9 °C ,这就是汾酒生产上为什么要春夏季小饮缸 ,停产期要大饮缸的原因。由于水有二重性 ,以水降温 ,以水保温 ,严寒的冬季水分则是保温剂 ,这是汾酒生产的独特性之一 ,我们研究地温对发酵的影响其意义也在这里 ,对于浓香型酒发酵来说 ,以降地温而进一步降品温就不能获得这样好的效果。蒋显也得出一个发酵最高品温的回归方程式^[6] ,就不是从地温角度确定的。祝志荣等人专题论述了地温对清香型白酒发酵的影响^[7] ,只说了缸内发酵温度受地温的影响很大 ,没有得出更具体的方程式。总之 ,应用地缸发酵时地温对发酵品温的影响是绝不可忽视的。

参考文献 :

- [1] 中国科学院数学研究所概率统计组.回归分析方法[M].北京 :科学出版社 ,1975.
- [2] 王宏志 ,等.汾酒发酵三温变化测定小结[J].山西发酵 ,1982 , (1) : 14~19.
- [3] 陈家鼎 ,等.概率统计讲义[M].北京 :人民教育出版社 ,1982.
- [4] 朱引保 ,等.人工控温酿造汾酒的理论与实践[J].酿酒 ,2001 , (6) : 37.
- [5] 赵迎路.优质高产是汾酒酿造的独有特征 (下)[J].酿酒科技 ,1996 , (5) : 69.
- [6] 蒋显.浅析浓香大曲酒的冬季定温入池[C].华夏酒报 ,2000-12.
- [7] 祝志荣 ,等.地温对清香型白酒发酵的影响[J].酿酒 ,1992 , (6) : 38.