

文章编号 :1673-1689(2007)01-0029-04

低度酒蒸馏方程的推导

吴继军, 肖更生, 张名位, 陈卫东, 徐玉娟,
张友胜, 刘学铭, 陈智毅

(广东省农业科学院 蚕业与农产品加工研究所, 广东 广州 510610)

摘 要:根据蒸馏酒理论采用微积分方法,以酒精质量分数与相对密度的对照表以及蒸馏时原酒液质量分数与蒸馏液质量分数对照表两组基础数据为依据,推导了原酒液酒度随蒸馏体积分数变化的关系方程式,进一步推导了以低度酒为原料进行蒸馏的蒸馏液酒度随蒸馏液体积变化的方程式,该方程可用于蒸馏过程酒度控制。

关键词:低度酒 蒸馏 方程 微积分

中图分类号:Q 815

文献标识码:A

The Deducing of Low Alcohol Liquor Distillation Equations

WU Ji-jun, XIAO Geng-sheng, ZHANG Ming-wei, CHEN Wei-dong, XU Yu-juan,
ZHANG You-sheng, LIU Xue-ming, CHEN Zhi-yi

(Academy of Agricultural Sciences and Guangdong Open Access Laboratory of Agricultural Product Processing ,Guangzhou 510610 ,China)

Abstract There are two kinds of alcohol drink ,distilled alcohol liquor and fermented alcohol drink. The distilled alcohol liquor is distilled by fermented low alcohol drink. The degree of alcohol liquor is real-time detection to control the alcohol degree during distillation. In this study ,Based on the data of the specific gravity of different alcohol content and the instantaneous alcohol content after and before distillation in handbook , the change of instantaneous distillate alcohol content with distillate volume percentage was deduced subsequently by calculus. The low alcohol liquor equations between degree of distilled alcohol liquor and distilled volume was deduced. the equations could be apply to the alcohol drink distillation.

Key words :low alcohol drink ;distill ;equation ;calculus

酒类按生产工艺,一般可以分为蒸馏酒和酿造酒两大类。蒸馏酒是指以糖质或淀粉为原料,经糖化、发酵、蒸馏而成的酒^[1]。蒸馏酒按原料可分为中国白酒、金酒、威士忌、白兰地、伏特加、朗姆酒、龙舌兰酒。蒸馏酒通常采用酿造酒经一次或两次

蒸馏而成,而酿造酒度数通常在 18 度(体积分数 18%)以下。作者依据蒸馏理论,采用微积分方法在 excel 软件平台上推导出了蒸馏酒液酒度随蒸馏液体积变化的方程。该方程可用于蒸馏过程酒度的控制。

收稿日期 2006-04-05.

基金项目 广东省科技攻关项目(2004A20301003 2005A20302005) ;广州市科技攻关项目(2004Z1-E0121) .

作者简介 吴继军(1976-) ,男,江西南昌人,工学硕士,主要从事发酵工程专业的研究. Email :wujijun@126.com

1 推导方法

数据处理平台:Microsoft[®] Office Excel 2003
(11.5612.5606)。

2 结果与讨论

2.1 酒精相对密度与酒精质量分数的关系式

经查表得到以下酒精质量分数与相对密度的对照表^[2]。见表 1。

表 1 酒精质量分数与相对密度对照表
Tab.1 The change of specific gravity with alcohol content

酒精质量分数 w/%	液体相对密度	酒精质量分数 w/%	液体相对密度	酒精质量分数 w/%	液体相对密度
1.59	0.995 28	29.78	0.954 19	62.39	0.885 58
3.18	0.992 43	31.53	0.951 2	64.54	0.880 56
4.78	0.989 73	33.3	0.948 05	66.72	0.875 42
6.4	0.987 18	35.09	0.944 77	68.94	0.870 19
8.02	0.984 76	36.89	0.941 35	71.19	0.864 8
9.64	0.982 38	38.72	0.937 76	73.49	0.859 28
11.28	0.980 09	40.56	0.934 04	75.82	0.853 64
12.92	0.977 86	42.43	0.930 17	78.2	0.847 86
14.56	0.975 7	44.31	0.926 17	80.63	0.841 88
16.21	0.973 59	46.23	0.922 09	83.12	0.835 69
17.88	0.971 45	48.16	0.917 89	85.67	0.829 25
19.55	0.969 25	50.11	0.913 59	88.29	0.822 46
21.22	0.966 99	52.09	0.909 15	91.01	0.815 26
22.91	0.964 56	54.1	0.904 63	93.84	0.807 49
24.61	0.962 24	56.13	0.900 01	96.82	0.799
26.32	0.959 72	58.19	0.895 31	100	0.789 34
28.04	0.957 03	60.28	0.89 05		

将以上数据作图 1,并进行线性拟合,得到以下酒精质量分数与相对密度的关系和回归方程。

2.2 蒸馏液体积分数与原酒液体积分数关系

经查表^[1]并根据质量分数和相对密度推算出蒸馏液的体积分数与原酒液的体积分数的关系式和回归方程,见表 2 和图 2。

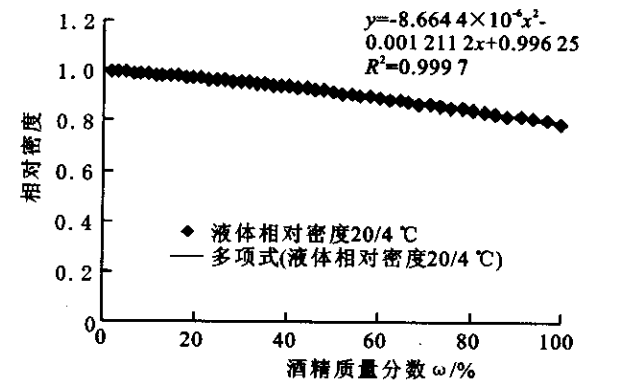


图 1 酒精相对密度随酒精质量分数的变化
ig.1 The change of specific gravity with alcohol content

表 2 蒸馏液体积分数与原酒液体积分数对照表
Tab. 2 The compare of instantaneous alcohol content after and before distillation

原酒液酒精 质量分数 w/%	原酒液酒精 体积分数/%	蒸馏液酒精 质量分数 w/%	蒸馏液酒精 体积分数/%
0.1	0.126 2	1.3	1.638 6
0.2	0.252 4	2.6	3.272 0
0.4	0.504 8	4.9	6.148 2
0.6	0.757 0	7.1	8.882 6
0.8	1.009 0	9	11.230 3
1	1.261 0	10.75	13.381 0
2	2.518 8	19.7	24.192 1
3	3.773 4	27.2	32.984 2
4	5.024 8	33.3	39.934 8
5	6.272 8	37	44.056 3
6	7.517 5	41.1	48.535 2
7	8.758 6	44.6	52.282 0
8	9.996 3	47.6	55.435 1
9	11.230 3	50	57.917 5
10	12.460 7	52.2	60.160 8
11	13.687 3	54.1	62.072 9
12	14.910 2	55.8	63.763 4
13	16.129 2	57.4	65.336 7
14	17.344 3	58.8	66.699 0
15	18.555 4	60	67.855 8
16	19.762 4	61.1	68.907 4
17	20.965 3	62.2	69.950 4
18	22.164 0	63.2	70.891 0
19	23.358 5	64.3	71.917 4

续表 2

原酒液酒精 质量分数 w/%	原酒液酒精 体积分数/%	蒸馏液酒精 质量分数 w/%	蒸馏液酒精 体积分数/%
20	24.548 6	65	72.565 9
21	25.734 4	65.8	73.302 7
22	26.915 7	66.6	74.034 7
23	28.092 5	67.3	74.671 3
24	29.264 7	68	75.304 2
25	30.432 3	68.6	75.843 8
26	31.595 1	69.3	76.469 9

2.3 蒸馏液体积与原酒液酒度的关系式推导

根据原酒液中减少的酒精 = 蒸馏液中增加的酒精 ,得到以下微分方程。

$$-(100 - V)dJ = [(-4.413 \times 10^{-4}J^4 + 0.031\,43J^3 - 0.846\,7J^2 + 11.35J) - J]dV$$

其中 :V 为蒸馏液体积 ;J 为原酒液酒度(体积分数)

经整理得 :

$$\int_{V_0}^V \frac{1}{100 - V}dV = \int_{J_0}^J \frac{-1}{-4.414 \times 10^{-4}J^4 + 0.031\,43J^3 - 0.846\,7J^2 + 10.35J}dJ$$

两边进行定积分 :

$$\int_{V_0}^V \frac{1}{100 - V}dV = \int_{J_0}^J \frac{-1}{-4.414 \times 10^{-4}J^4 + 0.03143J^3 - 0.8467J^2 + 10.35J}dJ$$

$$\begin{aligned} [\ln 100 - V]_{V_0}^V &= \left[0.096\,621\ln(J) - 0.092\,1\ln(36.02 - J) - 0.002\,61\ln\left[\left(\frac{J - 17.6}{18.48}\right)^2 + 1\right] + \right. \\ &\quad \left.0.188\,5\arctan\left(\frac{J - 17.6}{18.48}\right)\right]_{J_0}^{J_1} f(j) = 0.096\,621\ln(J) - 0.092\,1\ln(36.02 - J) - \\ &\quad 0.002\,61\ln\left[\left(\frac{J - 17.6}{18.48}\right)^2 + 1\right] + 0.18\,85\arctan\left(\frac{J - 17.6}{18.48}\right) \end{aligned}$$

令

$$V = V_0 + 100 - \frac{100 \times e^{f(J)}}{e^{f(J_0)}}$$

2.4 蒸馏液酒度与蒸馏液体积的关系式推导

为使推导更为直观 ,现假设一发酵酒酒度为 12 度(体积分数 12%) ,对该酒进行蒸馏 ,其蒸馏液酒度与蒸馏液体积的关系式推导过程如下。

根据刚开始蒸馏时 $V_0 = 0$,初始酒度 $J_0 = 12\%$ (体积分数) $f(J_0) = -0.108\,4$

得到蒸馏液体积随原酒液酒度变化的方程式。

$$V = 100 - \frac{111.4 \times J^{0.09662} e^{0.1885\arctan\left(\frac{J-17.6}{18.48}\right)}}{\left[\left(\frac{J - 17.6}{18.48}\right)^2 + 1\right]^{0.00261} (38.88 - J)^{0.0921}}$$

采用 Excel 软件做图 ,得到原酒液酒度与蒸馏

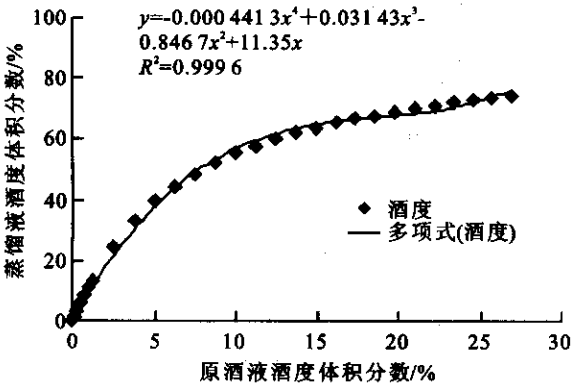


图 2 蒸馏液瞬时酒度(体积分数)随原酒液酒度(体积分数)的变化

Fig.2 The compare of instantaneous alcohol content after and before distillation

瞬间蒸馏液酒度随蒸馏出体积的关系。见图 3。

从图 3 可见 ,蒸馏到总体积的 40% ~ 50% 时 ,蒸馏液中酒度已经很低了。

根据以上公式 ,如从开始进行蒸馏。则

$$\text{蒸馏出的酒度} = \frac{\int_0^x ydx}{x}$$

式中 y 代表瞬时酒度 x 代表蒸馏的体积分数

$$y = -5.146 \times 10^{-5}x^4 + 0.000\,899\,3x^3 - 0.047\,6x^2 + 0.124\,2x + 56.11$$

采用 Excel 做图 ,结果如图 4 所示。

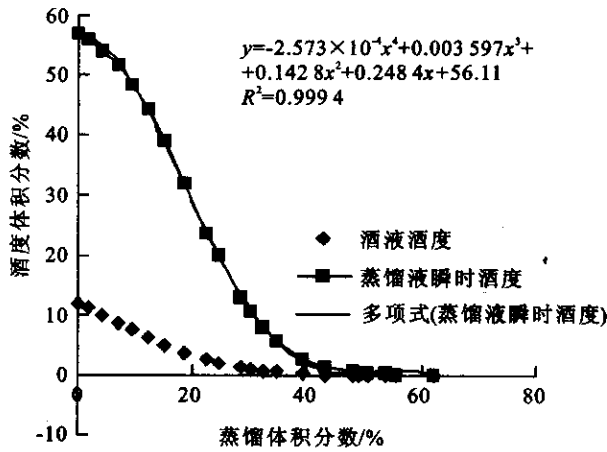


图 3 原酒液及蒸馏瞬间蒸馏液酒度随蒸馏出体积的关系

Fig. 3 The change of instantaneous distillate alcohol content with distillate volume percentage

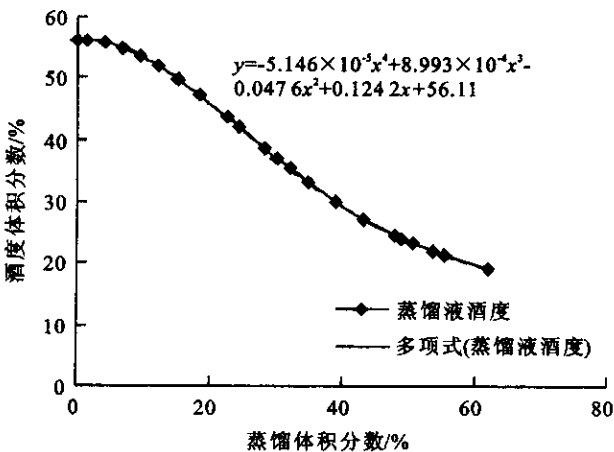


图 4 蒸馏液酒度随蒸馏体积的变化

Fig. 4 The relation of distillate alcohol content and distilled volume percentage

根据以上公式可计算出酒度达到某数值时,需蒸馏的体积以及蒸馏一定体积能达到的酒度。

例如采用单变量求解可计算出蒸馏体积占总体积 49.1% 时,蒸馏液酒度 24 度(体积分数 24%)。蒸馏液体积达 24.4% 时酒度 42 度(体积分数 42%)。

3 结 论

因查表数据最高取到 26 度(体积分数 26%) ,

所以对于酒度大于 26 度(体积分数 26%) 的酒进行蒸馏,公式先要进行修正后才能使用。

采用以上公式可计算出蒸馏液达到理论酒度所需要蒸馏的体积区间,以及蒸馏截取的体积区间的蒸馏液酒度。

参考文献(References):

[1] 徐宝良. 话洋酒-蒸馏篇[J]. 中国食品, 2006(6) :44 - 46.
XU Bao-liang. Discussion on foreign distillate liquor[J]. China Food ,2006(6) :44 - 46.(in Chinese)
[2] 华南工学院等. 酒精与白酒工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1981. 523 - 525.

(责任编辑 杨 萌)