

宣木瓜酒发酵动力学和感官评价研究

严红光^{1,2} 张文华² 丁之恩³

(1.凯里学院环境与生命科学学院,贵州 凯里 556000;2.贵州原生态民族文化研究中心,贵州 凯里 556000;
3.安徽农业大学茶与食品科技学院,安徽 合肥 230036)

摘要: 对宣木瓜酒发酵动力学进行研究,提出拟合方程,利用 origin6.1 软件对实验数据进行处理,得到了酵母菌生长数量模型拟合方程,该方程较好地反映了宣木瓜酒发酵过程的动力学特征。采用模糊数学的方法对宣木瓜果酒感官评价结果进行分析,结果表明,模糊数学方法适用于宣木瓜酒感官评价。

关键词: 果酒; 宣木瓜酒; 发酵动力学; 感官评价

中图分类号:TS262.7;TS261.4;TQ920 文献标识码:A 文章编号:1001-9286(2009)06-0033-04

Research on the Fermentation Kinetic Models and Sensory Evaluation of *Chaenomeles speciosa* S. Nakai Wine

YAN Hong-Guang^{1,2}, ZHANG Wen-hua² and DING Zhi-en³

(1. Environment and Life Science School of Kaili College, Kaili, Guizhou 556000; 2. Guizhou Research Center of the National Original Eco-culture; 3. Tea and Food Science and Technology College of Anhui Agriculture University, Hefei, Anhui 230036, China)

Abstract: The fermentation kinetic models of *Chaenomeles speciosa* sweet nokai wine were studied, the corresponding fitting equation was obtained, and the experimental data were processed by software origin6.1, finally the fitting equation of microzyme growth & quantity models was obtained which could clearly display the kinetic characteristics during the fermentation of *Chaenomeles speciosa* sweet nokai wine. Besides, the sensory evaluation results of *Chaenomeles speciosa* sweet nokai wine were analyzed by fuzzy mathematics and the results suggested that fuzzy mathematics is suitable for sensory evaluation of the wine.

Key words: fruit wine; *Chaenomeles speciosa* sweet nokai wine; fermentation kinetic models; sensory evaluation

宣木瓜(*Chaenomeles speciosa* S. Nakai)是我国著名的四大“药食同源”植物之一。关于宣木瓜的研究主要集中在医疗作用^[1]和栽培技术^[2]领域。宣木瓜果酒目前虽已有工业化生产,但是关于宣木瓜果酒发酵动力学和感官评价的研究还是空白,该研究对于提高宣木瓜果酒发酵工艺水平,促进产业化生产有重要意义。

传统感官评价方法采用加权平均法,但是人为主观上的影响因素依然很大,因为决定宣木瓜酒感官质量的因素较多,而各因素之间互相影响,宣木瓜酒感官质量评价时,必须对多个相关因素综合考虑,如:澄清度好不好、口味纯正不纯正,都与宣木瓜酒感官质量有关,而“好与不好”、“纯正与不纯正”都没有绝对明确的界限,具有不确定性,即存在模糊性。模糊综合评价在食品感官质量鉴定上已经广泛引用^[3-4]。应用模糊综合评价法对宣木瓜酒感官质量做出科学、合理的评价和采用 origin6.1 软件,选择方程对实验数据进行拟合,得到宣木瓜果酒酵母菌生长动力学方程,利于提高宣木瓜果酒产品质量。

基金项目:贵州省教育厅自然科学研究基金(黔教科 2007087)、凯里学院科研基金(Z0803)、凯里学院研究生科研基金(YJS200816)共同资助。

收稿日期:2009-03-02

作者简介:严红光(1981-),男,安徽巢湖人,项目负责人,主要从事发酵食品工艺研究,发表论文数篇。

1 材料与方法

1.1 试验材料

宣木瓜:于2008年7月采自安徽宣城新田区宣木瓜生产基地,鲜果采摘后放入试验室冰箱贮藏备用。

葡萄酒活性干酵母 BRG:法国 Oenofrance 生产,市售优质白砂糖。

酵母细胞数测定:取发酵液用血球计数板计数酵母细胞。在光学显微镜下用美蓝染色法检测活细胞数。

1.2 试验流程

1.2.1 酵母液制备

按干酵母:水=1:1000的比例,取干酵母加入到30℃温水中,保温活化20min,将活化后的酵母液按5%加入到已经调整好糖酸比的宣木瓜果浆中,在三角瓶中分别进行1~3级活化培养,当每毫升发酵醪中活酵母数量达到 1.1×10^8 个时,此时酵母旺盛发酵,即按设定比例接种。

1.2.2 样品处理

选取无腐烂病虫害的新鲜样品清洗切碎后,用组织捣碎机打成浆,随即添加 100 mg/L SO₂。宣木瓜原浆富含各种有机酸,酸度较大,含糖量较低,为保证发酵后的成品具有一定的酒精度,用蔗糖水溶液调节原浆的含糖量到 15%,调节 pH 为 3.1。

1.2.3 主发酵期管理

向经成分调整、并使用 SO₂ 杀菌的果汁中添加 10% 活化好的葡萄酒酵母菌种,在控制温度为 25 °C 的条件下进行主发酵,主发酵的旺盛期每天“压帽”2 次。每天测定酒度、温度、可溶性固形物、总酸、总糖等的变化,以保证发酵的正常进行。酵母沉降后标志主发酵结束。

1.2.4 压榨分离

主发酵结束后,立即压榨分离取酒,将分离出的新酒装入经过消毒的容器中,装满度为 95%,置 20 °C 条件下进行后发酵 30 d。待残糖接近 5 g/L,后发酵结束,装满容器陈酿一个月。

1.3 酵母菌数量生长动力学模型建立

酵母菌数量生长动力学模型常用 logistic 方程描述^[5],logistic 方程是一个典型的 S 曲线,广泛用于拟合菌体生长过程,能较好地反映出发酵过程中菌体浓度的增加对酵母生长的抑制作用。其方程为:

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + (x/x_0)^p} + A_2$$

式中:y 为总糖含量(%),x 为发酵时间(d),A₁ 为起始酵母菌浓度(%),A₂ 为酵母菌最终浓度(%),其他为方程系数。

选择同一批原料参照 1.2 试验流程进行宣木瓜酒发酵。酵母菌接种后每隔 0.5 d 取样一次,分别测定酵母活菌数量。以试验数据为依据,用 origin6.1 软件对方程进行非线性曲线拟合,求出方程系数,计算方程预测值和试验数据的误差值,验证方程准确性,得到酵母菌数量生长动力学模型。

动力学研究中测算的活酵母菌浓度的数据为 3 个培养发酵罐分别测定的平均值,而且每个发酵罐培养结果的偏差不大于 15%,否则数据无效,重新培养。

1.4 宣木瓜酒感官评价方法

决定宣木瓜酒感官质量的因素有外观、香气、口味、风格,而外观又可分为澄清度和色泽。参考葡萄酒评分标准^[6],建立宣木瓜酒评价评分标准,见表 1。当宣木瓜酒在后发酵结束后陈酿一个月。选择 20 名学生预先学习评价方法后对宣木瓜酒进行感官评价。

品评方法为:由 20 人组成品评小组,在有明亮自然光、温度为 25 °C 的房间内,每人面前摆 5 个杯子,将按照 1.2.2 发酵后得到的宣木瓜酒倒入 4 个杯子,随机排列,并标上随机号码,便于品尝时记录,另一个装清水,漱口

表 1 感官评价评分标准

| 因素 | 评语 |
|----|--|
| 外观 | 色泽:呈金黄色、有光泽感为优 澄清度:迎自然光检查清亮透明、无悬浮物无沉淀为优 |
| 香气 | 当酒倒入杯中,鼻闻有明显果香和酒香为优 当酒倒入杯中,鼻闻没有异香或怪味为优 |
| 口味 | 纯正为优,即饮后无酵母味、苦味、涩味,酒香醇厚 爽口,口味协调柔和愉快、不单调为优 |
| 风格 | 风格独特、典型明确为优 略酸,幽雅无缺陷为优 |

用。按照表 1 对宣木瓜酒逐项打分记录,去掉异常分数,计算平均值,记录。宣木瓜酒感官质量综合评价结果为 20 名评酒员的综合分值。

1.5 该模糊数学模型建立过程

设因素集为 U={U₁,U₂...U_n},共有 n 个因素,评语等级集合为 V={V₁,V₂...V_m},共 m 个等级,对宣木瓜酒质量的评价,可取 U={外观,香气,口味,风格},V={优,良,中,差}={A,B,C,D}。

设第 i 个因素的单因素评价为 R_i={r_{i1},r_{i2}...r_{im}},它可以看作是 U 上的模糊子集,r_{ik} 表示第 i 个因素的评价对于第 k 个隶属等级的隶属度,于是得到 n 个因素的总的的评价矩阵。

$$R = \begin{matrix} R_1 \\ R_2 \\ \dots \\ R_n \end{matrix} = \begin{matrix} [r_{11}r_{12}\dots r_{1m}] \\ [r_{21}r_{22}\dots r_{2m}] \\ \dots \\ [r_{n1}r_{n2}\dots r_{nm}] \end{matrix} \dots \dots (1)$$

对于各因素之间的权重为:A=(a₁a₂...a_n),其中 a_i≥0,

且 $\sum_{i=1}^n a_i = 1$ 。

由模糊矩阵的复合运算,利用算子 M(∧,∨)有模型 I:

$$B = A \cdot R = (b_1, b_2, \dots, b_m) \dots \dots (2)$$

$$\text{式中: } b_j = \bigvee_{i=1}^n (a_i \wedge r_{ij}) \dots \dots (3)$$

式中:“∧”为取小运算,“∨”为取大运算。

对于多因素多层次可得模型 :

$$B^* = A^* \cdot R^* = \begin{matrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_n \end{matrix} \dots \dots (4)$$

其中:A^{*}=(A₁,A₂...A_n),从而得到综合评价 B^{*}。

对于多种参评宣木瓜酒的排序,可令等级分数矩阵为 C=(C₁C₂C₃C₄),再利用算子 M(∧,∨)求出 B^{*}的综合评价价值。

$$W^* = B^* \cdot C^T \dots \dots (5)$$

式中:C^T是 C 的转置矩阵。

2 结果与分析

2.1 宣木瓜酒发酵过程中酵母菌数量生长动力学研究

用 origin6.1 软件按照 1.3 中方程对酵母菌数量增长过程的试验数据进行拟合, 试验数据和拟合曲线见图 1, 其中试验数据用折线连接, 平滑曲线为拟合曲线, 由软件生成。由软件计算得到 $A_1=0.04941, A_2=1.12565, x_0=2.02795, p=5.98586$ 。因此, 酵母菌数量增长随时间变化的表达式为:

$$y = \frac{-1.07624}{1+(x/2.02795)^{5.98586}} + 1.12565$$

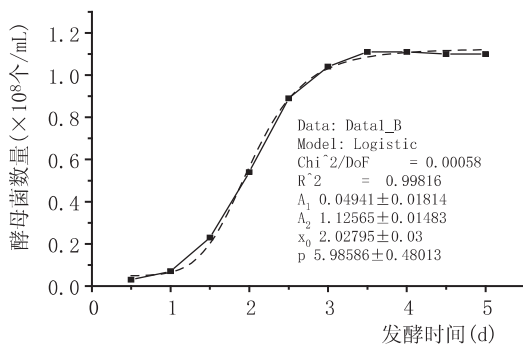


图 1 发酵过程中酵母菌数量增长的试验值与模型计算值的比较

从图 1 可以看出, $R^2=0.99816$, 相关性好, 该模型的预测值和试验值高度吻合, 说明该模型能较好地描述宣木瓜酒发酵过程中酵母菌数量的增长过程。发酵过程中酵母菌数量增长模型的误差检验见表 2。

表 2 发酵过程中酵母菌数量增长模型的误差检验

| 发酵时间 (d) | 酵母细胞数量 (10^8) | 预测值 (10^8) | 误差值 (10^8) | 误差率 (%) |
|----------|-------------------|----------------|----------------|---------|
| 0.5 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 66.7 |
| 1 | 0.07 | 0.06 | 0.01 | 14.3 |
| 1.5 | 0.23 | 0.2 | 0.03 | 13.0 |
| 2 | 0.54 | 0.56 | 0.02 | 3.7 |
| 2.5 | 0.89 | 0.89 | 0 | 0.0 |
| 3 | 1.04 | 1.03 | 0.01 | 1.0 |
| 3.5 | 1.11 | 1.09 | 0.02 | 1.8 |
| 4 | 1.11 | 1.11 | 0 | 0.0 |
| 4.5 | 1.1 | 1.12 | 0.02 | 1.8 |
| 5 | 1.1 | 1.12 | 0.02 | 1.8 |

从表 2 可以看出, 模型预测值和试验数据的相对误差值除发酵时间为 0.5 d 时为 66.7%, 其他误差值都低于 15%, 说明模型能较好地描述宣木瓜酒发酵过程中酵母菌数量增长的过程, 发酵前期误差较大, 主要是由于模型假定所有接种的酵母菌都是活酵母菌, 并且酵母菌数值较小, 所以相对误差较大。该模型可以作为宣木瓜酒发酵过程中酵母菌数量增长过程优化控制的参考依据。

2.2 宣木瓜酒感官评价

为了检验模型的误差, 将试验数据和模型预测值进行比较, 并对宣木瓜酒感官质量进行综合评价, 结果见表 3。运用模糊方程对表 3 中的打分结果进行分析。下文中的(1)式、(2)式、(3)式、(4)式、(5)式见试验设计 1.5。

由(1)式求得外观 U_1 的模糊矩阵为:

$$R_1 = \frac{1}{20} \begin{Bmatrix} 10, 8, 2, 0 \\ 12, 5, 3, 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.5, 0.4, 0.1, 0 \\ 0.6, 0.25, 0.15, 0 \end{Bmatrix}$$

R_1 中第一行数字 0.5、0.4、0.1 和 0 分别表示: 宣木瓜酒经 20 名评酒员按照 4 个级评价, 就外观 U_1 中的色泽 U_{11} 项, 有 50% 的评酒员评为 A 级, 40% 的评酒员评为 B 级, 10% 的评酒员评为 C 级, 没有评酒员评为 D 级; 第二行数字 0.6、0.25、0.15 和 0 分别表示: 对于外观 U_1 中的透明度 U_{12} 项, 有 60% 的评酒员评为 A 级, 25% 的评酒员评为 B 级, 15% 的评酒员评为 C 级, 没有评酒员评为 D 级。

同理, 香气 U_2 , 口味 U_3 , 风格 U_4 的模糊矩阵分别为:

$$R_2 = \frac{1}{20} \begin{Bmatrix} 11, 7, 1, 1 \\ 0, 18, 2, 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.55, 0.35, 0.05, 0.05 \\ 0, 0.9, 0.1, 0 \end{Bmatrix}$$

$$R_3 = \frac{1}{20} \begin{Bmatrix} 8, 10, 1, 1 \\ 12, 6, 2, 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.4, 0.5, 0.05, 0.05 \\ 0.6, 0.3, 0.1, 0 \end{Bmatrix}$$

$$R_4 = \frac{1}{20} \begin{Bmatrix} 9, 7, 4, 0 \\ 8, 10, 2, 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.45, 0.35, 0.2, 0 \\ 0.4, 0.5, 0.1, 0 \end{Bmatrix}$$

由表 3 可知, 各因素 U_i ($i=1, 2, 3, 4$) 的权重为: $A_{U1}=(0.5, 0.5), A_{U2}=(0.1, 0.9), A_{U3}=(0.5, 0.5), A_{U4}=(0.9, 0.1)$ 。

由(2)式、(3)式得各因素的综合评判 B_i :

$$B_1 = A_{U1} \times R_1 = (0.5, 0.5) \begin{Bmatrix} 0.5, 0.4, 0.1, 0 \\ 0.6, 0.25, 0.15, 0 \end{Bmatrix} = (0.5, 0.4, 0.15, 0)$$

归一化后得:

$$B_1' = \frac{B_1}{0.5+0.4+0.15} = (0.476, 0.381, 0.143, 0)$$

同理: $B_2=A_{U2} \times R_2 = (0.1, 0.9, 0.1, 0.05), B_3=A_{U3} \times R_3 = (0.5, 0.5, 0.1, 0.05), B_4=A_{U4} \times R_4 = (0.45, 0.35, 0.2, 0), B_2' = (0.087, 0.783, 0.087, 0.043), B_3' = (0.435, 0.435, 0.087, 0.043), B_4' = (0.45, 0.35, 0.2, 0)$

又因素 U 的权重为: $A_U=(0.3, 0.1, 0.5, 0.1)$ 。

由(4)式得宣木瓜酒的综合评判为 $B_U=A_U \times R_U = (0.435, 0.435, 0.143, 0.043)$ 。

归一化后有:

$$B_U' = \frac{B_U}{0.435+0.435+0.143+0.043} = (0.412, 0.412, 0.135, 0.041)$$

由 B_U' 知 20 名评酒员对宣木瓜酒质量的综合评价为: 有 41.2% 的评酒员评为 A 级, 41.2% 的评酒员评为 B 级, 13.5% 的评酒员评为 C 级, 4.1% 的评酒员评为 D 级。

取 $C=(95, 87, 82, 70)$, C 的各值为表 3 中各等级区间

表3 感官质量综合评价统计表

| 因素 U_i (权重) | 子因素 U_{ij} 及内容 | 权重 | 评语等级及等级分值 | | | |
|----------------|------------------------------------|-----|-----------|-------|-------|-------|
| | | | A | B | C | D |
| | | | 90~100 | 85~89 | 80~84 | 60~79 |
| 外观 U_1 (0.3) | U_{11} 色泽: 呈金黄色、有光泽感为优 | 0.5 | 10 | 8 | 2 | 0 |
| | U_{12} 澄清度: 迎自然光检查清亮透明、无悬浮物或沉淀为优 | 0.5 | 12 | 5 | 3 | 0 |
| 香气 U_2 (0.1) | U_{22} 当酒倒入杯中, 鼻闻没有异香或没有怪味为优 | 0.1 | 11 | 7 | 1 | 1 |
| | U_{21} 当酒倒入杯中, 鼻闻有明显果香、酒香为优 | 0.9 | 0 | 18 | 2 | 0 |
| 口味 U_3 (0.5) | U_{31} 纯正为优, 即饮后无酵母味、苦味、涩味且酒味醇厚 | 0.5 | 8 | 10 | 1 | 1 |
| | U_{32} 爽口, 口味协调柔和愉快, 不单调为优 | 0.5 | 12 | 6 | 2 | 0 |
| 风格 U_4 (0.1) | U_{41} 风格独特, 典型性突出为优 | 0.9 | 9 | 7 | 4 | 0 |
| | U_{42} 略酸, 幽雅无缺陷为优 | 0.1 | 8 | 10 | 2 | 0 |

分值的平均数。

再由(5)式得到宣木瓜酒的综合评价值为:

$$W = B'_i \times C^T = (0.412, 0.412, 0.135, 0.041) \begin{pmatrix} 95 \\ 87 \\ 82 \\ 70 \end{pmatrix} = 88.924$$

根据综合评价值 88.924 分, 可以判定该宣木瓜酒为 B 级。利用该分值, 还可以在同级宣木瓜酒中排序。如果该因素评价值偏低, 需要在宣木瓜酒发酵过程中严格控制工艺, 按量加入酵母菌、蔗糖、硫酸铵和控制发酵的温度, 确保宣木瓜酒风味稳定, 香气宜人。

3 讨论

宣木瓜果酒酵母发酵动力学方程的提出, 加深了对宣木瓜果酒发酵规律的认识, 较好地拟合了在设定发酵条件下宣木瓜果酒酵母菌数量生长动力学变化过程, 但是这个方程对其他条件下其他果酒发酵过程中酵母菌数

量变化的拟合能力还需要进一步通过实验来检测。应用模糊评价法在传统的加权平均法的基础上, 有效避免了各影响因素之间的相互作用和人在评判过程中的主观模糊性, 丰富了宣木瓜果酒的评判方法。该评价方法还可以用于判断果酒品质某方面的缺陷, 为宣木瓜果酒发酵工艺进一步改进提供参考。

参考文献:

- [1] 唐春红, 叶志义. 木瓜营养保健作用研究动态[J]. 天然产物研究与开发, 2000, (12): 497-500.
- [2] 周根土. 宣木瓜丰产栽培技术[J]. 经济林研究, 2003, 21(4): 85-86.
- [3] 尹莲. 模糊综合评判法快速鉴定绿茶品质[J]. 食品科学, 1986, (2): 6-9.
- [4] 吕志俭, 姜汝. 用模糊数学评价食品的感官质量[J]. 食品科学, 1986, (3): 1-5.
- [5] Bailey J E, Ollis D F. Biochemical Engineering Fundamentals. 2nd ed[M]. New York: McGraw-Hill Book Company, 1986.
- [6] GB/T15037-94, 葡萄酒标准[S].

(上接第 32 页)

待于进一步的研究。

辣木解酒护胃胶囊的主要成分之二为植物甾醇。植物甾醇是植物中的一种活性成分, 具有多种生理功能, 有类似于氢化可的松的消炎作用和类似于阿司匹林的解热镇痛作用, 能抗胃溃疡, 对胃壁有很好的保护作用^[7]。本产品添加植物甾醇的目的就是为了利用它能解热镇痛和对肠胃有保护作用的特点, 以减轻胃肠对乙醇的吸收, 减缓醉酒引起的恶心、呕吐、头痛等症状, 提高机体的抗醉酒能力。由于本试验尚处于初步试验阶段, 对其在抗醉酒过程中究竟起到了怎样的作用? 机制如何等问题还不能回答, 也未见相关研究报道。

参考文献:

- [1] 王超, 刘姬艳, 胡建军. 中草药解酒饮料的研制及其解酒效果的研究[J]. 酿酒科技, 2007, (12): 115-117.

- [2] 谢立, 陈振德, 孙新华, 等. 枳子解酒活性提取部位的研究[J]. 中国药房, 2007, 18(33): 2570-2572.
- [3] 王煜, 周吉银, 周世文. 含葛根解酒方剂的机制研究进展[J]. 中国药房, 2007, 18(18): 1424-1426.
- [4] Ruchi G, Marwah, Majekodunmi O, et al. Antioxidant capacity of some edible and wound healing plants in Oman[J]. Food Chemistry, 2007, 101: 465-470.
- [5] Fakurazi A I, Hairuszah B U, Nanthini A. *Moringa oleifera* Lam prevents acetaminophen induced liver injury through restoration of glutathione level[J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46: 2611-2615.
- [6] Malaya G U, Upal K M, Sumit C. CNS activities of methanolic extract of *Moringa oleifera* root in mice[J]. Fitoterapia, 1999, 70: 244-250.
- [7] 肖蓉, 温莉萍. 沙棘油抗胃溃疡活性成分分离及其在各产地油中的含量[J]. 华西医学杂志, 1996, (2): 90-91.