

苹果酒酵母融合子 W1 发酵工艺参数的优化研究

赵志华¹, 岳田利^{1*}, 王燕妮², 袁亚宏¹, 彭帮柱¹

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 杨凌 712100; 2. 山东凤祥集团总公司, 阳谷 252325)

摘要: 该文利用所构建的苹果酒的模糊综合评判模型, 以评判结果为目标, 采用响应界面法研究了苹果酒发酵的规律, 建立了优质苹果酒发酵的二次多项式数学模型, 同时验证了模型的有效性, 并考察了接种量、初始 pH 值和发酵温度对苹果酒品质的影响, 优化出最佳发酵工艺参数为接种量 5.33%、初始 pH 值 3.37、发酵温度 22.14℃。

关键词: 苹果酒; 酵母融合子; 发酵参数; 模糊综合评判; 响应界面法

中图分类号: TQ92

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)2-0233-06

赵志华, 岳田利, 王燕妮, 等. 苹果酒酵母融合子 W1 发酵工艺参数的优化研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 233-238.

Zhao Zhihua, Yue Tianli, Wang Yanni, et al. Optimization of fermentation parameters of cider yeasty fusant W1[J].

Transactions of the CSAE, 2007, 23(2): 233-238. (in Chinese with English abstract)

0 引言

中国是世界苹果生产第一大国, 苹果酒是延长产业链, 增加农副产品附加值的重要途径^[1]。优良的酿酒酵母只有在合适的发酵条件下才能生产出高品质的苹果酒, 发酵过程是苹果酒生产的关键技术之一, 发酵条件控制的好坏直接影响苹果酒的品质和风味。苹果酒发酵主要受酵母菌浓度、初始 pH 值、发酵温度和发酵时间等因素的影响^[2-4], 因此要生产品质优良的苹果酒, 必须进行发酵条件的优化, 这对苹果酒产业的发展至关重要。目前, 国内外对发酵条件的研究, 大多仅借助现代检测领域的高新技术对香气、酸、酒精度等代谢产物进行定性和定量的分析, 对苹果酒质量的评定往往以感官评分、酒精度或香气等单个指标为考察对象, 尽管能说明一定的问题, 但均不能全面反映酒品的品质, 尽管也有利用传统的感官品评对酒样进行评价, 但如何克服人的主观随意性、较为全面地反映酒样的信息, 是一个长期困扰人们的问题。为解决这一问题, 本研究提出以模糊综合评判对苹果酒进行评价, 利用响应界面法 (Response Surface Methodology, RSM)^[5-7] 进行全面分析, 并通过主要发酵指标的回归拟合, 使评价结果更

为全面和科学。目前, 模糊综合评判和 RSM 联合用于优化苹果酒发酵条件的研究在国内外未见报道。

1 材料与方法

1.1 材料

酵母菌株: 西北农林科技大学食品学院生物反应器实验室通过原生质体融合技术构建的优良苹果酒酵母融合子 W1。苹果采自陕西洛川, 品种为红富士 (Red Fuji), 色泽相近, 大小一致, 无机械损伤, 无自然病害侵染, 在西北农林科技大学食品学院发酵动力学实验室进行榨汁护色。

1.2 仪器与设备

超低温摇床 (HWY-2112 型, 上海智城分析仪器制造有限公司); 智能恒温恒湿培养箱 (HWS-150 型, 宁波海曙赛福实验仪器厂); 自动杀菌锅 (ES-315 型, 日本 TOMY 公司); 超声波清洗机 (HS-600D 型, 宁波市北仑桦升超声波机械厂); 手持糖度计 (WYT 型, 泉州中友光学仪器有限公司); 自动电位滴定仪 (ZDJ-4A 型, 上海精密仪器科学有限公司); 砂芯超滤装置 (SH/T0093 型, 江苏建湖长城仪器制造有限公司); 电子天平 (JA2003, 上海精科天平)。

1.3 试验及测定方法

1.3.1 苹果酒酿造要点

把苹果洗净去核切块后, 进行榨汁、过滤和护色 (柠檬酸 0.5%、抗坏血酸 1% 和无水氯化钠 0.05%), 加入焦亚硫酸钾使果汁中有效 SO₂ 含量为 50 mg/L^[8,9]; 发酵前用蔗糖调整苹果汁中总糖含量为 196 g/L, 根据单因素试验结果, 按照试验设计的方案调整 pH 值、接种量, 在不同的温度梯度下进行发酵, 发酵至第 8 d 进行

收稿日期: 2006-06-15 修订日期: 2006-12-05

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目 (2001BA501A5-2.3); 国家西部专项 (2001BA901A19)

作者简介: 赵志华 (1978-), 男, 河南周口人, 主要从事食品生物工程新技术研究。杨凌 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 712100。Email: zhaozhihuawyn@yahoo.com.cn

*通讯作者: 岳田利 (1965-), 男, 陕西宝鸡人, 教授, 博士生导师, 主要从事食品高新技术研究。杨凌 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 712100。Email: yt16503@163.com

倒罐, 去除酒脚, 陈酿 15 d 待用。

1.3.2 发酵指标的测定方法

按照 GB/T 15038-2005, 酒精度采用酒精计法测定、总糖采用直接滴定法测定、总酸采用电位滴定法测定^[9]。

1.4 苹果酒品质的模糊综合评判

由 30 人组成评判小组(包括 4 名专家, 经过相关培训的具有食品专业背景的 8 名博士研究生和 18 名硕士研究生), 按照苹果酒感官评分原则^[7,8], 以苹果酒的颜色(10 分)、香气(30 分)、滋味(40 分)和风格(20 分)为因素集, 以很好、较好、一般、较差和差为评语集, 建立 4 个单因素矩阵, 权重是以 GB/T 15038-2005 的要求为依据, 构建主因素突出型综合评判模型^[10-12], 采用 M 评判模型进行分析。

1.5 试验设计

本试验结合单因素试验结果, 选取影响酒品品质的接种量 x_1 (%)、初始 pH 值 x_2 和发酵温度 x_3 (°C) 三个关键因子, 采用 Design-expert (version 7.0.2, 2006) 中的 CCD (Central Composite Design) 设计, 因素水平及编码值见表 1。设苹果酒感官评分的预测模型由最小二乘法拟合的二次多项式方程^[7]为

$$Y = B_0 + \sum_{i=1}^n B_i x_i + \sum_{i=j=1}^n B_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

$n = 3$ 时, 方程(1)可转换为方程

$$Y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + B_3 x_3 + B_{12} x_1 x_2 + B_{13} x_1 x_3 + B_{23} x_2 x_3 + B_{11} x_1^2 + B_{22} x_2^2 + B_{33} x_3^2$$

式中 Y ——预测响应值; B_0 ——常数项; B_1 、 B_2 、 B_3 ——分别为线性系数; B_{12} 、 B_{13} 、 B_{23} ——分别为交互项系数; B_{11} 、 B_{22} 、 B_{33} ——分别为二次项系数, 根据设计的试验结果分析可得到相应的数值。

表 1 实验因素水平及编码值表

Table 1 Coded levels and factors of experiment

编码	x_1 (接种量)/%	x_2 (初始 pH 值)	x_3 (发酵温度)/°C
+ 1.682	8.4	3.7	25.4
+ 1	7.0	3.6	24.0
0	5.0	3.4	22.0
- 1	3.0	3.2	20.0
- 1.682	1.6	3.1	18.6
Δ_j	2	0.2	2

2 结果与分析

2.1 构建主因素突出型综合评判模型

1) 根据 1.4 对苹果酒的品质进行模糊综合评判, 建立:

对象集 $U = \{u_1, \dots, u_i, \dots, u_n\} = \{1^\#, 2^\#, 3^\# \dots \dots 20^\#\}$

因素集 $X = \{x_1, \dots, x_j, \dots, x_n\} = \{\text{色泽, 香气, 滋味, 风格}\}$

评语集 $Y = \{y_1, \dots, y_p, \dots, y_m\} = \{\text{很好, 较好, 一般, 较差, 差}\}$

权重 $W = \{w_1, \dots, w_i \dots \dots w_n\} = (0.10, 0.30, 0.40, 0.20)$, 其中 $\sum_{i=1}^4 w_i = 1$

2) 建立单因素评价矩阵

每一因素 x_i 都对应一个模糊评价 $R_{ij} = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}) \in f(Y)$, 则 4 个因素就可建立 4 个单因素模糊评价矩阵, 这其中包含一个归一化的过程, 即 $A = [a_1', \dots, a_p', \dots, a_s']$, $a_i' = a_i / \sum_{i=1}^5 a_i$, 以 $1^\#$ 酒样感官评定的结果为例, 见表 2。

表 2 $1^\#$ 苹果酒样感官评定结果

Table 2 Organoleptic assess of $1^\#$ cider

色 泽					香 气					滋 味					风 格				
很好	较好	一般	较差	差	很好	较好	一般	较差	差	很好	较好	一般	较差	差	很好	较好	一般	较差	差
a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
10	9	7	3	1	4	9	11	4	2	6	12	10	2	0	8	11	5	4	2

$$A_{\text{色泽}} = [0.34 \ 0.30 \ 0.23 \ 0.10 \ 0.03]$$

$$A_{\text{香气}} = [0.13 \ 0.30 \ 0.37 \ 0.13 \ 0.07]$$

$$A_{\text{滋味}} = [0.20 \ 0.40 \ 0.33 \ 0.07 \ 0.00]$$

$$A_{\text{风格}} = [0.27 \ 0.37 \ 0.17 \ 0.13 \ 0.06]$$

把上述对 $1^\#$ 苹果酒样品的 4 个单因素评价结果可写成一个评判关系矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \dots \dots R_n \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.34 & 0.30 & 0.23 & 0.10 & 0.03 \\ 0.13 & 0.30 & 0.37 & 0.13 & 0.07 \\ 0.20 & 0.40 & 0.33 & 0.07 & 0.00 \\ 0.27 & 0.37 & 0.17 & 0.13 & 0.06 \end{bmatrix}$$

3) 模糊综合评判计算

经过模糊线性转换, 得到模糊综合评判矩阵:

$$B = W \cdot R = (b_1, \dots, b_p, \dots, b_5)$$

其中模糊算子为 $M(\cdot \odot C)$, $b_p = \sum_{i=1}^4 w_i \cdot r_{ip}$

($p = 1, \dots, 5$)

经计算得 $B = (0.207 \ 0.354 \ 0.300 \ 0.103 \ 0.036)$

设定感官特殊性: 很好为 100 分, 较好 80 分, 一般 60 分, 较差 40 分, 差 0 分, 则得到 1# 苹果酒样品的总分为: $T = 71.14$, 同理可得到 2# ~ 20# 酒样的模糊综合评判如表 3。

表 3 中心组合设计实验及结果

Table 3 Design and results of CCD experiment

试验号	x_1	x_2	x_3	感官评分 Y	酒精度 /%	残糖量 /g · L ⁻¹	总酸 /g · L ⁻¹
1	1	1	1	71.14	9.8	25.66	6.60
2	1	1	-1	80.45	8.8	43.46	6.66
3	1	-1	1	81.38	10.0	23.88	6.82
4	1	-1	-1	81.64	8.6	45.33	6.56
5	-1	1	1	79.79	10.0	23.21	6.11
6	-1	1	-1	70.16	8.1	54.39	6.44
7	-1	-1	1	78.15	10.0	20.78	6.23
8	-1	-1	-1	60.08	7.1	73.32	5.98
9	-1.682	0	0	59.5	7.0	72.98	6.56
10	1.682	0	0	69.69	9.2	38.78	6.32
11	0	-1.682	0	86.23	11.4	8.22	6.86
12	0	1.682	0	83.36	11.3	11.22	6.61
13	0	0	-1.682	80.59	6.8	77.68	6.06
14	0	0	1.682	79.06	8.6	47.12	6.83
15	0	0	0	94.3	9.2	35.56	6.44
16	0	0	0	91.26	9.0	38.88	6.56
17	0	0	0	93.78	9.0	37.83	6.06
18	0	0	0	92.48	9.2	35.62	6.54
19	0	0	0	93.92	9.7	29.12	6.64
20	0	0	0	93.78	9.2	38.56	6.47

2.2 苹果酒发酵工艺参数回归模型的建立

通过统计软件 Design-Expert(version7.0.2, 2006) 对表 2 进行多元回归拟合, 以模糊综合评判得到的感官评分 Y 为响应值, 进行 RSM 分析, 得到了感官评分 Y 对接种量(x_1)、pH 值(x_2) 和培养温度(x_3) 的二次多项式回归模型为方程(2), 分别对该模型进行方差分析, 对模型系数进行显著性检验, 结果见表 3、表 4。

$$Y = 93.23 + 3.18x_1 - 0.32x_2 + 1.13x_3 - 2.89x_1x_2 - 4.66x_1x_3 - 2.19x_2x_3 - 9.83x_1^2 - 3.63x_2^2 - 4.56x_3^2 \quad (2)$$

由方差分析表 4 可以看出: 模型的 $F_{Model} = 68.39 > F_{0.01}(9, 5) = 10.16, P < 0.0001$, 表明模型方程(2) 极显著, 不同处理间的差异极显著; 失拟项 $P = 0.0686 > 0.05$, 不显著; 模型的校正决定系数(Adjusted

Determination Coefficient) R_{Adj}^2 为 0.9696, 说明该模型能解释约 97.0% 响应值的变化, 仅有总变异的 3.0% 不能用此模型来解释; 相关系数 $R = 0.9920$, 表明该模型拟合程度良好, 试验误差小, 说明该模型是合适的。从表 5 回归方程系数显著性检验可知: 模型(2) 的一次项 x_1 极显著(< 0.0001), $x_2(P = 0.0497 < 0.05)$ 显著, x_4 不显著; 交互项和二次项极显著(P 值均小于 0.01)。可以用此模型来分析和预测不同发酵条件下的苹果酒的品质。

表 4 回归模型方差分析

Table 4 Analysis of variance for regression equation

变异源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值($P > F$)
模型	2162.21	9	240.25	68.39	< 0.0001
残差	35.13	10	3.51		
失拟项	28.46	5	5.69	4.27	0.0686
纯误差	6.67	5	1.33		
总和	2197.34	19			
$R = 0.9920$		$R^2 = 0.9840$		$Adj R^2 = 0.9696$	

表 5 回归方程系数显著性检验

Table 5 Test of significance for regression coefficient

系数项	回归系数	自由度	标准误	95% 置信下限	95% 置信上限	P 值 ($P > F$)
Intercept	93.23	1	0.76			
x_1	3.18	1	0.50	91.53	94.92	< 0.0001
x_2	-0.32	1	0.53	2.05	4.30	0.5581
x_3	1.13	1	0.50	-1.50	0.86	0.0497
x_1x_2	-2.89	1	0.66	0.00	2.25	0.0014
x_1x_3	-4.66	1	0.66	-4.37	-1.42	< 0.0001
x_2x_3	-2.19	1	0.66	-6.14	-3.18	0.0080
x_1^2	-9.83	1	0.48	-3.66	-0.71	< 0.0001
x_2^2	-3.63	1	0.59	-10.91	-8.76	0.0001
x_3^2	-4.56	1	0.48	-4.93	-2.32	< 0.0001

2.3 发酵条件的响应面分析与优化

模型(2) 的响应面及其等高线图解见图 1~ 3, 各因素及其交互作用对响应值的影响结果可以从该组图中直观地反映出来, 并可该组动态图可确定各个因素的最佳水平范围^[5, 6], 从而为苹果酒的发酵控制提供依据。图 1 显示在发酵温度处于最佳值为 22.14℃ 时, 随着接种量的增大, pH 值的升高, 在接种量的变化范围处于 4.2%~ 6.6%、初始 pH 值 3.20~ 3.57 时, 苹果酒的感官评分达到最高。图 2 显示在初始 pH 值处于最佳值 3.37 时, 随着接种量的增大, 发酵温度的增加, 在接种量的变化范围处于 4.1%~ 6.6%、发酵温度 20.4~ 23.9℃ 时, 得到的苹果酒的品质较好。图 3 显示在接种量处于最佳值为 5.33% 时, 随着 pH 值的升高, 发酵温度的增加, 在初始 pH 值的变化范围处于 3.23~ 3.52, 发酵温度为 20.4~ 23.9℃ 时, 得到的苹果酒的品质优

良。从以上分析可知, 苹果酒发酵工艺参数中, 对酒品品质影响的顺序为: 接种量 > 发酵温度 > 初始 pH 值。

分别对模型(2)的 x_1 、 x_2 和 x_3 求偏导, 利用 Design-Expert(version 7.0.2, 2006) 对得到的 3 个方程求解, 得到苹果酒发酵条件的最优组合为接种量 5.33%、

pH 3.37、发酵温度 22.14℃ 时, 苹果酒的感官评分预测值可达 93.55。经 5 组实验验证(每组做三次重复), 苹果酒的感官评分平均值为与预测值的相关性 $R = 0.9998$, 说明模型的可靠性和准确性。

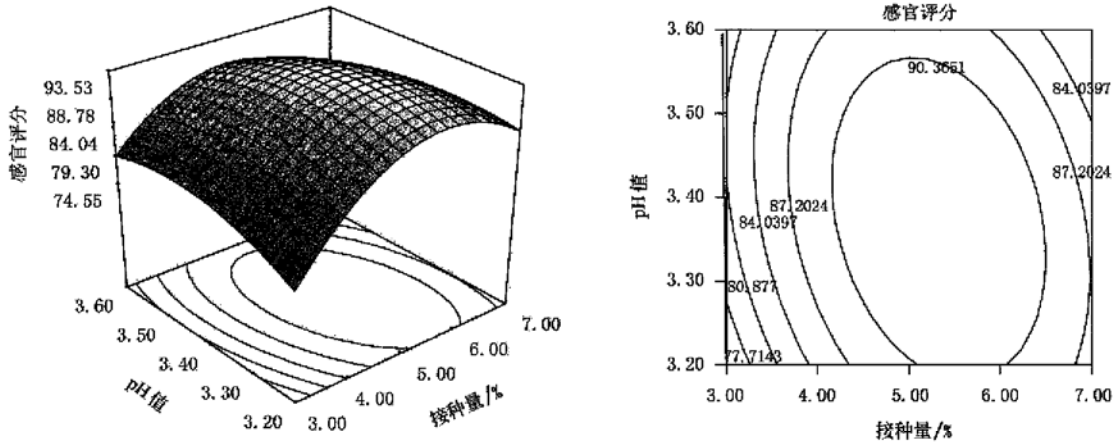


图 1 接种量和初始 pH 值对苹果酒感官评分的响应面和等高线

Fig. 1 Response surface and contour plots of the effect of inoculation quantity and initial pH value on sensory quality

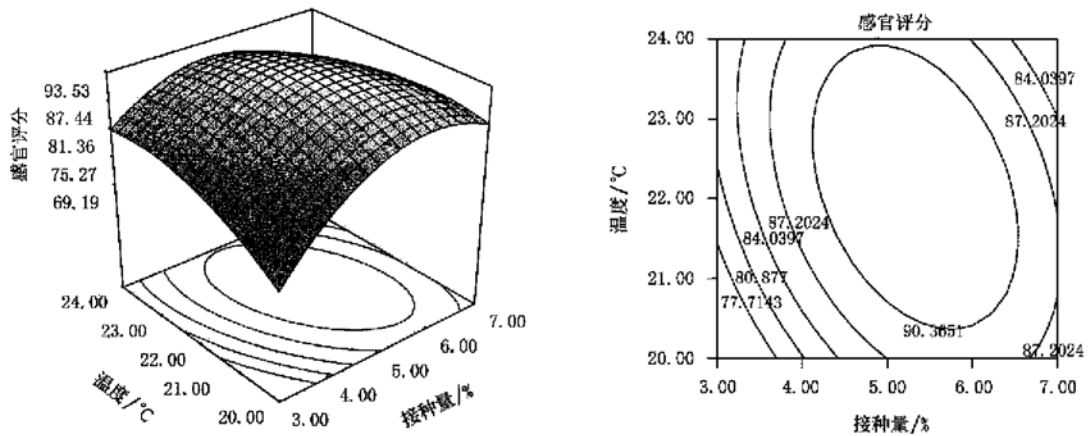


图 2 接种量和温度对苹果酒感官评分的响应面和等高线

Fig. 2 Response surface and contour plots of the effect of inoculation quantity and fermentation temperature on sensory quality

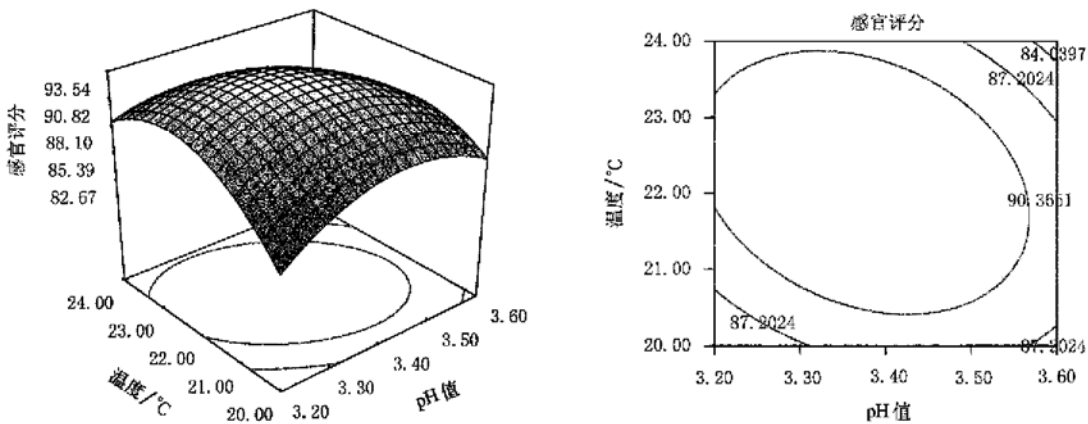


图 3 温度和初始 pH 值对苹果酒感官评分的响应面和等高线

Fig. 3 Response surface and contour plots of the effect of fermentation temperature and initial pH value on sensory quality

2.4 分析与评价

利用 DPS7.55 数据处理系统对表 3 中的酒精度和残糖两个主要发酵指标进行一元线性回归, 结果见图 4, 得到的回归方程为: $y = 11.577 - 0.0634x$, $R = 0.9902$, $R^2 = 0.9804$, 酒精度与残糖量之间线性关系明显, 表明发酵过程中糖质消耗对酒精转化的贡献, 从表 2 中还可看到酸度变化不大, 酒精度都处于较高水平, 为模糊综合评判和响应面分析的准确性和合理性奠定了一定基础。

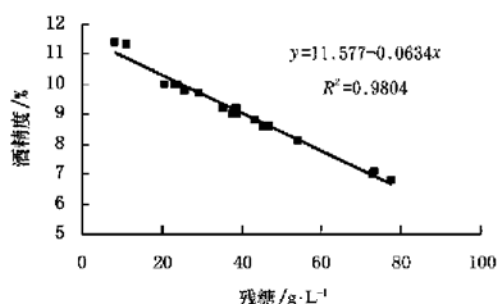


图 4 苹果酒的酒精度与残糖关系数据的拟合曲线

Fig. 4 Synthesize curve of alcoholicity and remaining sugar of cider

苹果酒生产的工艺参数的选择优化已成为苹果酒生产的迫切要求, 本研究采用原生质体融合技术构建的增香型苹果酒酵母融合子, 用鲜苹果浊汁接入不同的酵母种子液(最佳接种量 5.33%), 在低温、低 pH 值下进行发酵, 能得到优良的苹果酒, 这与 Jarvls^[4]、于爱梅^[13]等人的研究结果一致。浊汁、15~25℃(本试验得到的最佳温度为 22.14℃)低温发酵的苹果酒含更多的香气物质, 有典型的“苹果酒特征”, 而苹果酒的香气成分是构成苹果酒质量的重要因素, 决定着苹果酒的风味和典型性, 且低温使酵母发酵平稳, 把苹果汁中许多构成苹果酒特殊的风味物质得以最大程度的保存, 阻碍醋酸菌和乳酸菌的发育。酿造苹果酒的苹果汁的初始 pH 大约为 3.2~4.2(本试验得到的最佳初始 pH 为 3.37), 较低的 pH 值会产生新鲜感, 保证苹果酒的新鲜果香, 降低甜度, 修饰其它滋味和口感, 并有利于防止微生物的生长繁殖。

模糊综合评判综合考察了苹果酒品质的各个方面, 权重分配方案是以国家标准中提出的要求为依据而制定的, 并采取了乘法算子, 比取大取小的合成算子更为合理^[10], 弥补了传统感官品评普遍采用的加权平均法、总分法等缺陷, 减少了人的主观因素的影响, 使评判结果科学而有效。本研究采用的 CCD 设计法, 是国际上较为科学的一种 RSM 分析方法, 能定量地分析各因素及其交互作用对响应值的影响, 用较少的试验次数和时

间对试验进行全面的验证。经验证实验, 通过 SAS8.0 对苹果酒感官评分的实际值和预测期的相关性分析, 表明建立的酵母融合子发酵优化的数学模型是合理可靠的, 有助于建立苹果酒生产的危害分析和关键控制体系^[14]。

3 结论

1) 构建了苹果酒感官品评的主因素突出型综合评判模型, 提高了传统感官评价的准确度、科学性和客观性;

2) 以苹果酒的模糊综合评判结果为目标, 利用 Design-Expert (version 7.0.2, 2006) 中的响应界面法 (RSM) 探索了苹果酒发酵过程的动态变化规律, 建立了利用酵母融合子 W1 发酵优质苹果酒的二次多项式数学模型, 同时通过模型的响应面及其等高线的分析, 优化出优质苹果酒发酵的最优工艺参数为接种量 5.33%、初始 pH 值 3.37、发酵温度 22.14℃;

3) 本文提出和设计的苹果酒发酵工艺优化技术对苹果酒的研究和开发具有指导意义, 对其他酒类发酵工艺的优化亦具有一定参考价值。

[参 考 文 献]

- [1] 王晓茹, 王 颖. 苹果酒酿造工艺及高级醇的气相色谱分析[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1): 351-355.
- [2] 高玉荣, 吴 丹. 苹果酒生产工艺的研究[J]. 酿酒科技, 2005, (2): 62-64.
- [3] Kourkoutas Y, Koutinas A A, Kanellaki M, et al. Continuous wine fermentation using a psychrophilic yeast immobilized on apple cuts at different temperatures[J]. Food Microbiology, 2002, 19(2): 127-134.
- [4] Jarvls B, Forster M J, Kinsella W P. Factor affecting the development of cider flavor[J]. Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement, 1995, 79: 5-18.
- [5] Ambati P, Ayyanna C. Optimizing medium constituents and fermentation conditions for citric acid production from palmyra jaggery using response surface method[J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 2001, 17(4): 331-335.
- [6] 陈 莉, 屠 康, 王 海, 等. 采用响应界面法对采后红富士苹果热处理条件的优化[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 159-163.
- [7] 高 珑, 王允祥, 江汉湖. 超高压杀菌条件的响应界面法优化研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1544-1549.
- [8] 彭帮柱, 岳田利, 袁亚宏, 等. 基于模糊综合评判的苹果酒酵母优选技术研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 163-166.
- [9] GB/T 15038-2005, 葡萄酒、果酒通用实验方法[S].
- [10] 袁志发. 模糊数学在农林上的应用[M]. 杨陵: 天则出版社, 1990.

- [11] 曹冬梅, 王淑娟, 王 静. 模糊数学在豆浆感官评定中的应用[J]. 沈阳农业大学学报, 2004, 35(1): 39- 41.
- [12] 李德远, 刘嘉麟, 杨文学. 肉糜类制品感官评定的模糊数学方法[J]. 肉类工业, 1996, (5): 28- 30.
- [13] 于爱梅, 徐 岩, 王 栋, 等. 发酵原料对苹果酒挥发性香气物质影响的分析[J]. 中国农业科学, 2006, 39(4): 786- 791.
- [14] Arthur Senkei J R. Use of hazard analysis critical control point and alternative treatments in production apple cider [J]. Journal of Food Protection, 1999, 62(7): 778- 785.

Optimization of fermentation parameters of cider yeasty fusant W1

Zhao Zhihua¹, Yue Tianli^{1*}, Wang Yanni², Yuan Yahong¹, Peng Bangzhu¹

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China;

2. Shandong Fengxiang Group General Company, Yanggu 252325, China)

Abstract: By using the constructing fuzzy comprehensive evaluation model for the quality of cider, based on the results of fuzzy comprehensive evaluation which were set as a goal, response surface methodology(RSM) was employed to study on the variation regularity in cider fermentation and a quadratic equation between sensory quality of cider and the fermentation parameters has been established. The adequacy of the model equation was verified effectively. Effects of inoculation quantity, initial pH value and fermentation temperature on cider fermentation were explored. By analyzing the response surface plots and their corresponding contour plots as well as solving the quadratic equation, the optimum process parameters for cider fermentation with yeasty fusant W1 were obtained as inoculum size 5.33%, initial pH value 3.37 and fermentation temperature 22.14°C.

Key words: apple wine; yeasty fusant; fermentation parameter; fuzzy comprehensive evaluation; response surface methodology(RSM)