

响应面法优化蓝莓澄清型果汁饮料工艺

葛英亮^{1,2}, 马艳秋^{3,*}

(1. 哈尔滨学院工学院食品科学与工程系, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 3. 齐齐哈尔大学食品与生物工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要: 采用正交试验和响应面法对蓝莓澄清型饮料配方及加工工艺进行优化, 确定蓝莓澄清型饮料稳定剂的最佳配比及蓝莓澄清型饮料的最佳配方。结果表明: 以黄原胶、海藻酸钠和 β -环状糊精作为蓝莓澄清型果汁饮料的稳定剂, 添加比例为 1:1:1(m/m) 时, 稳定效果较好。蓝莓澄清果汁饮料配方(质量分数): 12% 蓝莓汁、12% 白砂糖、0.15% 柠檬酸和 0.05% 复合稳定剂, 可以得到具有色泽蓝润、酸甜适口、营养丰富、并具有一定保健功能的蓝莓澄清型果汁饮料。

关键词: 响应面; 优化; 蓝莓果汁; 工艺

Formulation Optimization for Clarified Blueberry Juice Beverage by Response Surface Methodology

GE Ying-liang^{1,2}, MA Yan-qiu^{3,*}

(1. Department of Food Science and Engineering, School of Technology, Harbin University, Harbin 150086, China;
2. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;
3. College of Food and Bioengineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

Abstract: This paper reports the optimization of stabilizer formulation by orthogonal array design and the optimization of clarified blueberry juice beverage formulation by response surface methodology. The best stabilizer formulation was composed of xanthan, sodium alginate and β -cyclodextrin at a mass ratio of 1:1:1. The best clarified blueberry juice beverage formulation consisted of blueberry juice 12%, sugar 2%, citric acid 0.15%, and complex stabilizer 0.05%. The resulting beverage showed a mellow blue color, a palatable balance between sweet and tart, and abundant nutrients and had certain healthcare functions.

Key words: response surface methodology; optimization; blueberry juice; process

中图分类号: TS273

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)12-0052-06

蓝莓(*Vaccinium angustifolium*)^[1]杜鹃花科、越橘属植物(*Vaccinium* spp.), 又称越橘, 俗称都柿果, 为多年生落叶或长绿果树, 果实为浆果、呈蓝色、近圆形、果肉细腻, 甜酸适度, 其果实内天然色素的含量高, 花色素、超氧化物歧化酶的含量超过其他植物许多倍, 因此被联合国粮农组织确定为人类五大健康食品之一^[2]。蓝莓果实中含有 19 种氨基酸, 其中含有人体所必需的 8 种氨基酸, 而且比例适当, 含有 VA、VE、超氧化物歧化酶、花青素和多种矿质元素, 如钙、磷、镁、锌、铁、锗、铜等, 除了含有常见的营养成分外, 蓝莓果实中还含有尼克酸、黄酮等特殊功能性成分, 因此被誉为“浆果之王”^[3-4]。研究表明: 蓝莓中的营养

成分不仅具有生物活性功能, 还具有药理学性质, 具有抗氧化、增强免疫功能、解除眼睛疲劳、改善视力、延缓脑衰老、增强记忆力、抗癌、预防尿道感染等作用^[5-6]。

目前, 我国蓝莓的加工还处于起步阶段, 鲜食和蓝莓果汁饮料的数量低, 蓝莓果汁饮料加工工艺的报道很少, 部分生产企业技术保密, 且多采用原始的加工工艺和调配手段, 营养成分大量散失; 蓝莓果汁饮料中食品添加剂添加混乱, 尤其是稳定剂添加混乱, 使得蓝莓本身的色、香、味不能很好的体现, 不但影响产品的品质和营养, 也妨碍了蓝莓产业的健康发展^[7-10]。本研究借助正交试验及响应面法对蓝莓澄清型果汁饮料

收稿日期: 2012-04-02

作者简介: 葛英亮(1979—), 男, 讲师, 博士研究生, 研究方向为饮料开发、水处理和食品生物技术。

E-mail: geyingliang@126.com

* 通信作者: 马艳秋(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为饮料开发、功能性成分提取。E-mail: 675013510@qq.com

配方和生产工艺进行优化,尤其对稳定剂等食品添加剂的添加进一步分析,使得成品在质量得以保证的情况下,尽可能少的添加其他物质,保证饮料的营养与天然特性,为蓝莓澄清饮料的生产提供更为科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料、试剂与仪器

蓝莓 圣源生物技术有限公司;白砂糖 北京天翔云峰经贸有限公司;柠檬酸 成都科龙化工试剂厂;黄原胶 淄博嘉吉黄河龙生物工程有限公司;海藻酸钠 宜兴市通达化学有限公司; β -环状糊精 广东省郁南顺中食品贸易有限公司;抗坏血酸钠 天津市化学试剂一厂。

FA2004B型分析天平 北京赛多利斯仪器系统有限公司;RHS-3C型酸度测量仪 上海盛磁有限公司;752型紫外-可见分光光度计 上海菁华科技仪器有限公司;WAY-2WAJ型阿贝折光仪 上海森地科学仪器有限公司;180目标标准检验筛 浙江上虞市华丰五金有限公司。

1.2 方法

1.2.1 蓝莓澄清型果汁饮料的工艺流程

根据相关文献^[11-17]及预试验结果,确定蓝莓果汁饮料的生产工艺流程:速冻蓝莓→预处理→解冻→灭酶→磨汁→粗滤→精滤→蓝莓汁→调配→均质→超高温杀菌(ultra high temperature treated, UHT)→无菌罐暂存→定容→无菌灌装→贴标→成品。

1.2.2 蓝莓澄清型饮料复合稳定剂种类选择与配比

1.2.2.1 复合稳定剂的初步选择

参考相关文献^[2,5,10-11,13-15],选取在蓝莓饮料中最为常用的几种稳定剂:果胶、黄原胶、 β -环状糊精、卡拉胶、海藻酸钠、明胶与质量分数12%的蓝莓澄清果汁相配合,对其进行优选验证,针对成品的色泽、口感及稳定程度进行研究,挑选出较为适宜蓝莓澄清型饮料生产的稳定剂。

1.2.2.2 蓝莓澄清型饮料复合稳定剂配比单因素试验

根据1.2.2.1节试验结果选用黄原胶、海藻酸钠和 β -环状糊精复配作为蓝莓澄清的稳定剂,以黄原胶、海藻酸钠和 β -环状糊精为3因素,通过单因素试验选取3个水平,进行 $L_9(3^3)$ 正交试验确定复合稳定剂最佳组合。各因素水平为:黄原胶单质量分数:0.01%、0.02%、0.03%、0.04%、0.05%、0.06%;海藻酸钠质量分数:0.01%、0.02%、0.03%、0.04%、0.05%、0.06%; β -环状糊精质量分数:0.01%、0.02%、0.03%、0.04%、0.05%、0.06%。

1.2.3 响应面优化蓝莓澄清型果汁饮料配方

1.2.3.1 蓝莓果汁饮料口味影响因素单因素试验

影响蓝莓果汁饮料口味的主要因素分别是蓝莓汁用量、白砂糖用量、柠檬酸用量和复合稳定剂的用量,初步确定试验的各因素的用量范围^[11-17]。结合感官评定的方法,进行单因素试验确定响应面试验的各因素水平。各因素水平如下:蓝莓汁用量:蓝莓为该饮料的主要原料,蓝莓汁的添加量直接影响饮料的风味、色泽与香气,分别添加8%、9%、10%、11%、12%、13%、14%、15%、16%的蓝莓汁,以感官评分的方法确定较显著的用量范围;白砂糖用量:白砂糖是该饮料的唯一甜味剂,其用量直接影响饮料的甜度,本试验选择8%、9%、11%、12%、13%、14%、15%和16%的添加比例,由甜度适口的感官评分,确定该因素的显著用量范围;柠檬酸用量:作为酸度调节剂,柠檬酸和柠檬酸钠的用量直接影响饮料的口味,通过以上试验,选择适量的蓝莓汁和白砂糖配制成样液,再分别添加质量分数0.12%、0.14%、0.16%、0.18%、0.20%、0.22%、0.24%、0.26%和0.28%的柠檬酸,通过感官检验,得到酸味适口的显著用量范围;复合稳定剂用量:通过对稳定剂的研究结果,本试验选择黄原胶、海藻酸钠和 β -环状糊精(三者比例关系选择1.2.2.2节试验中获得结果)复合使用,选择复合稳定剂的0.01%、0.02%、0.03%、0.04%、0.05%、0.06%、0.07%、0.08%、0.09%不同用量分别进行试验,通过感官检验,确定该因素的显著用量范围。

1.2.3.2 蓝莓澄清型果汁饮料配方响应面试验

根据Box-Behnken试验设计及单因素试验结果确定响应面因素水平,见表1。进行响应面试验优化蓝莓澄清型果汁饮料配方。

表1 蓝莓澄清型果汁饮料配方响应面试验因素水平表
Table 1 Factors and their levels of response surface design

水平	因素			
	A 蓝莓汁 用量/%	B 白砂糖 用量/%	C 柠檬酸 用量/%	D 复合稳定 剂用量/%
-1	8	8	0.12	0.02
0	12	12	0.18	0.05
1	16	16	0.24	0.08

1.2.4 蓝莓澄清型果汁饮料的感官评定方法

根据蓝莓饮料的色泽、香气、口感、组织状况等感官指标和蓝莓果汁生产企业的产品要求,制定感官评审表(表2)。

表2 蓝莓澄清型果汁饮料感官评分标准

Table 2 Criteria for sensory evaluation of blueberry beverage

组织形态(40分)	色泽(20分)	口感(30分)	香气(10分)
组织状态均一, 无肉眼可见悬浮物, 无沉淀, 无分层(30~40分)	玫瑰红色, 颜色自然, 纯净, 与蓝莓色泽相近(16~20分)	酸甜适中, 口感醇厚, 清新爽口(25~30分)	香气浓郁, 清香宜人, 具有明显的蓝莓特色香味(8~10分)
组织状态较为均一, 无明显杂质, 无明显沉淀分层现象(20~29分)	色泽红色, 与蓝莓汁自然色有一定差距(9~15分)	酸甜滋味寡淡或过重, 口感略显粗糙(15~24分)	蓝莓香气较为浓郁, 特色香气不强(5~7分)
组织状态不均一, 有可见小颗粒, 放置后出现分层(10~19分)	色泽浅红或色泽寡淡, 体现蓝莓自然色感不强(5~8分)	酸甜比失调, 口感粗糙(9~14)	蓝莓香气寡淡(3~4分)
分层明显, 杂质较大, 出现沉淀(0~9分)	稍有色泽, 或色泽变化较大, 基本不体现蓝莓自然色(0~4分)	滋味不明显, 且口感粗糙不适(0~8分)	无蓝莓香气(0~2)

2 结果与分析

2.1 蓝莓澄清型果汁饮料复合稳定剂初步筛选

表3 蓝莓澄清型果汁饮料中稳定剂初步筛选结果

Table 3 Sensory attributes and stabilizing effects of individual stabilizers

稳定剂	色泽	口感	稳定效果	感官评分
果胶	红色	细腻	无沉淀	85
黄原胶	玫瑰红色	细腻滑润	无沉淀	95
β -环状糊精	玫瑰红色	细腻	无沉淀	90
卡拉胶	红色	细腻	无沉淀	80
海藻酸钠	深红色	细腻滑润	无沉淀	91
明胶	玫瑰红色	细腻, 稍淡薄	无沉淀	75

由表3可知, 果胶和卡拉胶引起的颜色变化较为明显, 不合适作为蓝莓果汁饮料的稳定剂; 添加明胶的饮品颜色较自然, 但是口感相对淡薄; 对比之下, 黄原胶、海藻酸钠和 β -环状糊精的稳定效果好, 既不影响产品的颜色, 口感细腻滑润, 在后续试验中选用黄原胶、海藻酸钠和 β -环状糊精作为蓝莓果汁饮料的稳定剂。

2.2 蓝莓澄清型果汁饮料复合稳定剂配方单因素试验

2.2.1 黄原胶用量的确定

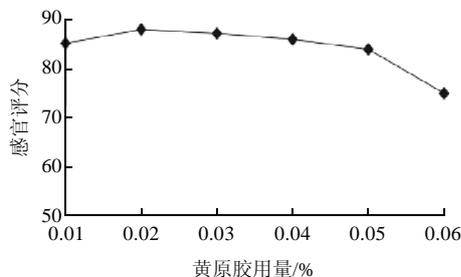


图1 黄原胶用量对蓝莓澄清型果汁饮料感官性状的影响
Fig.1 Effect of xanthan gum on the sensory score of clarified blueberry juice beverage

由图1可知, 在黄原胶用量为0.02%、0.03%、0.04%时, 蓝莓果汁饮料的口味和稳定效果较好, 选择这3个水平进行正交试验。

2.2.2 海藻酸钠用量的确定

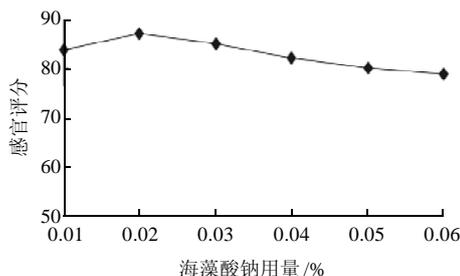


图2 海藻酸钠用量对蓝莓澄清型果汁饮料感官性状的影响
Fig.2 Effect of sodium alginate on the sensory score of clarified blueberry juice beverage

由图2可知, 在海藻酸钠用量为0.01%、0.02%、0.03%时, 蓝莓果汁饮料的口味和稳定效果较好, 选择这3个水平进行正交试验。

2.2.3 β -环状糊精用量的确定

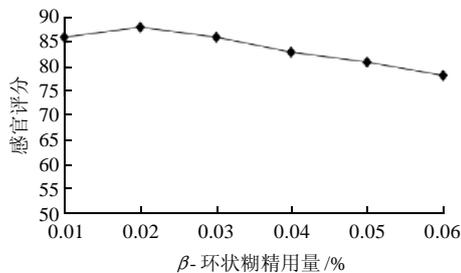


图3 β -环状糊精用量对蓝莓澄清型果汁饮料感官性状的影响
Fig.3 Effect of β -cyclodextrin on the sensory score of clarified blueberry juice beverage

由图3可知,在 β -环状糊精用量为0.01%、0.02%、0.03%时,蓝莓果汁饮料的口味和稳定效果较好,选择这3个水平进行正交试验。

2.2.4 蓝莓澄清型果汁饮料复合稳定剂 $L_9(3^3)$ 正交试验

由单因素试验确定莓澄清型果汁饮料复合稳定剂正交试验的因素水平见表4。结果及分析见表5。

表4 蓝莓澄清型果汁饮料复合稳定剂 $L_9(3^3)$ 正交试验因素水平表
Table 4 Factors and their levels of orthogonal array design $L_9(3^3)$

水平	因素		
	A 黄原胶用量/%	B 海藻酸钠用量/%	C β -环状糊精用量/%
1	0.02	0.01	0.01
2	0.03	0.02	0.02
3	0.04	0.03	0.03

表5 蓝莓澄清型果汁饮料复合稳定剂 $L_9(3^3)$ 正交试验结果

Table 5 Orthogonal array design $L_9(3^3)$ and experimental results

试验号	A	B	C	感官评分
1	1	1	1	94
2	1	2	2	97
3	1	3	3	93
4	2	1	2	91
5	2	2	3	93
6	2	3	1	89
7	3	1	3	85
8	3	2	1	87
9	3	3	2	84
K_1	94.67	90.00	90.00	
K_2	91.00	92.33	90.67	
K_3	85.33	88.67	90.33	
R	9.33	3.67	0.67	

由表5可知:最优组合为 $A_1B_2C_2$,即当黄原胶用量0.02%、海藻酸钠用量0.02%、 β -环状糊精用量0.02%时,黄原胶:海藻酸钠: β -环状糊精=1:1:1为最佳配比。产品透明度较好,气泡较小,口感好。由极差分析可知,黄原胶对蓝莓果汁饮料稳定效果影响最大,其次是海藻酸钠的含量, β -环状糊精的影响最小。

2.3 蓝莓澄清型果汁饮料配方优化试验

2.3.1 蓝莓澄清型果汁饮料最佳配方工艺的响应面试验

表6 蓝莓澄清型果汁饮料最佳配方工艺响应面试验设计及结果

Table 6 Response surface design arrangement and corresponding experimental data

试验号	A	B	C	D	Y 感官评分
1	0	0	0	0	88
2	0	-1	0	1	70
3	0	1	-1	0	80
4	-1	0	-1	0	73
5	0	-1	0	-1	70

续表6

试验号	A	B	C	D	Y 感官评分
6	0	1	0	1	77
7	0	0	0	0	88
8	-1	0	1	0	65
9	0	0	1	1	77
10	0	1	0	-1	77
11	1	0	-1	0	76
12	1	0	0	-1	75
13	1	-1	0	0	63
14	0	0	1	-1	77
15	0	-1	1	0	65
16	0	0	-1	1	85
17	0	0	0	0	88
18	-1	0	0	1	70
19	-1	0	0	-1	70
20	1	0	1	0	70
21	0	0	-1	-1	85
22	1	0	0	1	77
23	0	0	0	0	87
24	-1	-1	0	0	58
25	0	-1	-1	0	73
26	0	0	0	0	87
27	-1	1	0	0	65
28	0	1	1	0	73
29	1	1	0	0	70

表7 多种模型方差分析比较

Table 7 Comparative variance analysis of different regression models

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
平均值	1.637×10^5	1	1.637×10^5		
线性模型	398.17	4	99.54	1.5540	0.2187
2FI	2.25	6	0.38	0.0044	1.0000
二次方	1528.91	4	382.23	874.8560	< 0.0001 建议采用
三次方	3.33	8	0.42	0.8982	0.5686 较差
残差	2.78	6	0.46		
总计	1.657×10^5	29	5712.45		

不同模型方差分析(表7)中的均方及检验结果综合来看,二次方程模型的拟合效果要好于其他模型。

表8 R^2 综合分析

Table 8 Comprehensive R^2 analysis

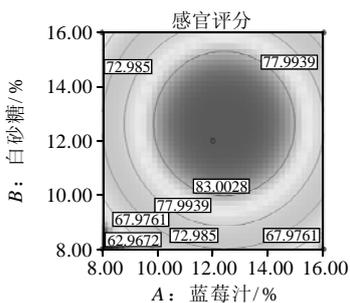
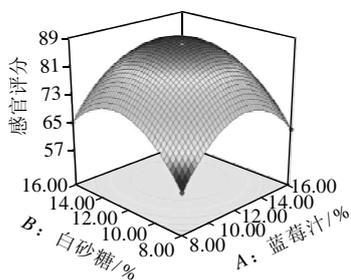
类型	标准偏差	R^2	R^2 校正值	R^2 预测值	预测平方和
平均值	8.003×10^5	0.2057	7.334×10^5	-0.0460	2024.4983
线性模型	9.23	0.2069	-0.23	-0.7300	3348.2792
2FI	0.66	0.9968	0.99	0.9844	30.1950 建议采用
二次方	0.68	0.9986	0.99	0.8812	229.8750 较差

对能够拟合数据的各种多项式模型的复相关系数及均方差和偏差平方和的结果进行比较(表8),二次多项式模型为最优。置信度分析表明:二次多项式模型拟合试验数据的效果是显著的,而且其操作参数中蓝莓汁和复合稳定剂的交互作用的影响对蓝莓果汁饮料口感的影响最大。

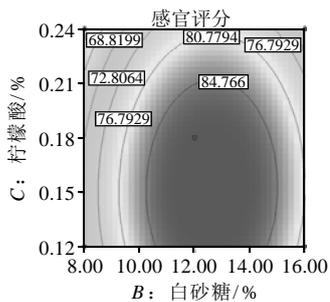
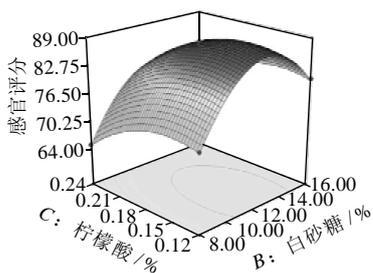
确定响应面的回归方程,下式为采用因素代码形式的感官评分与各操作因素之间关系的二次方程模型。即:

$$Y = -165.35185 + 18.55417A + 17.53333B + 296.66667C + 243.51852D + 2.08333AC + 4.16667AD + 1.04167BC - 0.77135A^2 - 20.70104B^2 - 1101.85185C^2 - 2879.62963D^2$$

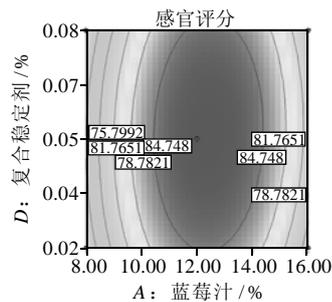
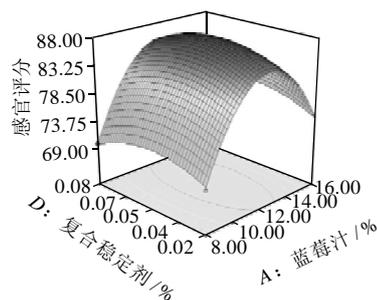
从单个因素影响来看,柠檬酸对蓝莓果汁饮料的口味影响最大,这和蓝莓水果酸度较高相符合。为了观察某2个因素同时对蓝莓果汁饮料口味的影响,对回归方程进行降维分析,结果如图4所示。由回归方程显著系数显著性检验结果可知,蓝莓汁与白砂糖,白砂糖与复合稳定剂,柠檬酸与复合稳定剂之间的交互效应不显著。



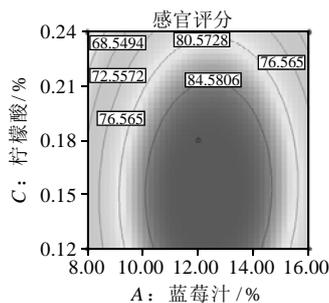
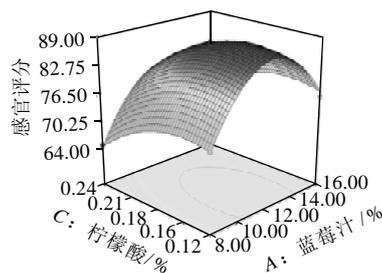
a. 蓝莓汁用量与白砂糖用量



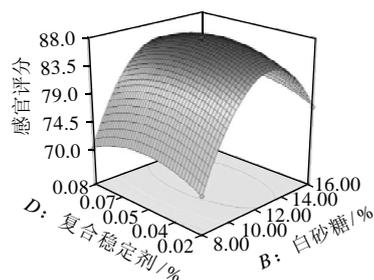
b. 柠檬酸用量与白砂糖用量

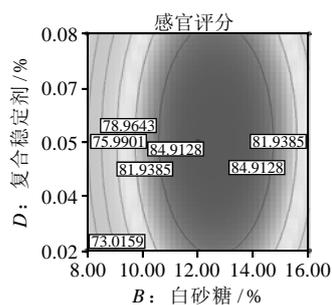


c. 蓝莓汁用量与复合稳定剂用量

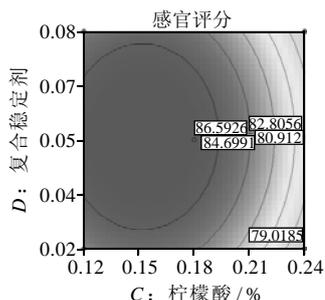
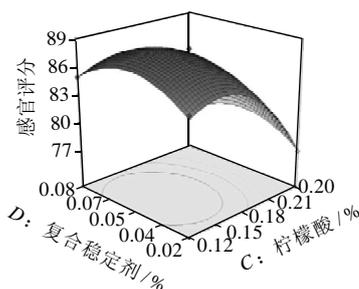


d. 蓝莓汁用量与柠檬酸用量





e. 复合稳定剂用量与白砂糖用量



f. 柠檬酸用量与复合稳定剂用量

固定水平: 蓝莓汁用量 12%; 白砂糖用量 12%;
柠檬酸用量 0.18%; 复合稳定剂用量 0.05%。

图 4 各两因素交互作用对饮料感官评分影响的响应面及等高线图
Fig.4 Response surface and contour plots showing the effects of various ingredients on the sensory score of clarified blueberry juice beverage

由回归方程的方程显著系数显著性检验结果可知, 蓝莓汁与柠檬酸、蓝莓汁与复合稳定剂之间存在着显著的交互效应。由图 4 等高线也可以看出, 二者之间的交互作用是不是具有显著性, 具有椭圆形的等高线说明两者之间的交互作用对蓝莓果汁饮料的口味的影响较大。从图 4 可以看出, 当蓝莓汁用量较小时, 感官评分随着柠檬酸, 复合稳定剂用量的增加迅速上升, 但复合稳定剂用量升到 0.05% 左右时, 感官评分随着复合稳定剂用量的升高而降低, 而且下降的幅度和升高时幅度相差不大。柠檬酸用量增加到 0.15% 时, 感官评分随着柠檬酸用量的升高而降低。当蓝莓汁用量较大时, 复合稳定剂用量对感官评分影响与蓝莓汁用量较小的时候相似, 而且下降和上升的转折点是在复合稳定剂用量也

为 0.05% 左右, 感官评分上升的速率也相同。

2.3.2 响应面法优化澄清蓝莓汁饮料配方的确定

通过模型回归分析和响应面的置信区间分析可知: 在所选的试验水平范围内存在最优响应因素水平。由回归方程得确定产品最佳配方为蓝莓汁 12%、白砂糖 12%、柠檬酸 0.15%、复合稳定剂 0.05%。

3 结 论

蓝莓澄清型果汁饮料工艺应选择黄原胶、海藻酸钠和 β -环状糊精(1:1:1)复合使用, 其稳定效果最佳。采用响应面法优化蓝莓澄清型果汁最佳配方, 通过模型回归分析得到在试验范围内存在最大值, 确定产品最佳配方为蓝莓汁 12%、白砂糖 12%、柠檬酸 0.15%、复合稳定剂 0.05%, 采用此配比生产的蓝莓澄清型果汁饮料的口味较好、色泽蓝润、体系稳定均一, 符合饮料生产的要求, 可以应用到中试生产中。

参考文献:

- [1] JOSEPH J A, SHUKITT-HALE B, DENISOVA N A, et al. Reversals of age-related declines in neuronal signal transduction, cognitive, and motor behavioral deficits with blueberry, spinach, or strawberry dietary supplementation[J]. *Journal of Neuroscience*, 1999, 19(18): 8114-8121.
- [2] 王银娟, 许时婴, 王璋. 蓝莓混汁加工中的防酶褐变工艺[J]. *食品与生物技术学报*, 2006, 25(3): 52-56.
- [3] 刘欢. “浆果之王”蓝莓的营养保健作用研究[J]. *中国新技术新产品*, 2009(19): 228.
- [4] 王姗姗, 孙爱东, 李淑燕. 蓝莓的保健功能及其开发应用[J]. *中国食品与营养*, 2010(9): 16-19.
- [5] 杨丽勇. 蓝莓的营养保健功能及其产品开发[J]. *中国食物与营养*, 2007(3): 24-26.
- [6] 李丹, 林琳. 越桔食品资源的开发与利用[J]. *食品与发酵工业*, 2000, 26(8): 76-81.
- [7] KONG J M, CHIA L S, GOH N K, et al. Analysis and biological activities of anthocyanin's [J]. *Photochemistry*, 2003, 64(5): 923-933.
- [8] OSS I M, GIUSSANI E, MORELLI R, et al. Effect of fruit blanching on phenolic and radical scavenging activity of high-bush blue-berry juice[J]. *Food Research International*, 2003, 36(9): 999-1005.
- [9] KADER F, ROVEL B, GIRARDIN M, et al. Mechanism of browning in fresh high bush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.). role of blueberry polyphenol oxidase, chromogenic acid and anthocyanin[J]. *J Sci Food Agric*, 1997, 74(1): 31-34.
- [10] LEE J, DURST R W, WROLSTAD R E. Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenols: comparison of two pretreatments[J]. *J Food Sci*, 2002, 67(5): 1660-1667.
- [11] 陆新龙. 蓝莓饮料生产工艺[J]. *食品与机械*, 2001(6): 33-34.
- [12] 高志江. 云南野生蓝莓加工技术[J]. *云南农业科技*, 2005(4): 38-39.
- [13] 钱英燕, 庄梦军, 王莉华, 等. 蓝莓野果浓缩汁及蓝莓野果汁饮料生产技术的研发[J]. *软饮料工艺研究*, 2004, 30(4): 117-120.
- [14] 文连奎, 都风华, 张金波. 笃斯越橘果汁饮料的研制[J]. *农产品加工: 学刊*, 2005, 9(10): 142-145.
- [15] 王银娟. 蓝莓混汁的研制及渣的干燥[D]. 无锡: 江南大学, 2005.
- [16] 夏天, 马银领, 杨伟光. PET 塑胶瓶装蓝莓果味水饮料生产技术[J]. *粮油加工与食品机械*, 2003(10): 92-94.
- [17] 张黎斌, 王俊伟, 赵新刚, 等. 蓝莓、山楂复合饮料加工工艺的研究[J]. *实验报告与理论研究*, 2008, 11(8): 4-5.