

# 响应面试验优化葡萄籽鹰嘴豆复合饮料稳定剂配方

宋晶晶<sup>1</sup>,田歌<sup>2</sup>,吴浩天<sup>2</sup>,刘荣刚<sup>3</sup>,李俊波<sup>1</sup>,

马露露<sup>1</sup>,黄若兰<sup>1</sup>,童婷<sup>1</sup>,武运<sup>2\*</sup>

1(新疆农业大学 科学技术学院,新疆 乌鲁木齐,830052)2(新疆农业大学 食品科学与药学学院,新疆 乌鲁木齐,830052)

3(新疆新雅葡萄酒业有限公司,新疆 哈密,839000)

**摘 要** 为了研究不同稳定剂对葡萄籽鹰嘴豆复合饮料稳定性的影响,并得到最佳的稳定剂复配方案,以葡萄籽鹰嘴豆复合饮料为原料,通过添加黄原胶、卡拉胶、果胶、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、海藻酸钠 5 种不同稳定剂进行单因素考察,以稳定系数、沉淀率为考察指标,筛选出稳定效果较好的 3 种稳定剂,利用响应面优化法进行复配稳定剂的优化。结果表明,葡萄籽鹰嘴豆复合饮料中稳定剂添加量为海藻酸钠 0.04%、黄原胶 0.04%、果胶为 0.03% 时,产品的稳定性最优,稳定系数为 98.877%,平均沉淀率为 1.064%,试验得出的复配稳定剂能够提高产品的稳定性。

**关键词:**葡萄籽鹰嘴豆复合饮料;响应面优化设计法;稳定剂;稳定系数;沉淀率

随着葡萄酒产业的发展,每年都有上百万吨的葡萄籽产生<sup>[1-2]</sup>,将葡萄籽加以合理利用,不仅可以避免环境污染,而且会增加葡萄酒行业的附加值,提高经济效益。随着社会的发展和水平的提高,人类越来越注重自身的保健<sup>[3]</sup>,各种具有一定保健作用的饮料不断出现,常见的有复合果蔬汁饮料,本文利用酿酒副产物葡萄籽和新疆特色植物鹰嘴豆为原料,研制出具有新疆特色的复合饮料,该类型的复合饮料还未见报道。合适的稳定剂的添加可改善产品风味,对产品物理性质的稳定、体系均一、提高质量、延长货架寿命起到关键作用<sup>[4-6]</sup>,本试验拟解决的关键问题为复合饮料的复配稳定剂的配方的研究。

葡萄籽中含有多种活性成分,例如葡萄籽多酚<sup>[8-10]</sup>(包括原花青素、白藜芦醇、单宁等)、优质的蛋白质和葡萄籽油等。这些活性成分具有特殊的生理功能,例如清除自由基<sup>[11]</sup>、抗氧化<sup>[12]</sup>、保护心血管、保护机体损伤<sup>[13]</sup>等;还具有收敛性、酶抑制、抗脂质过氧化等活性。鹰嘴豆<sup>[15-16]</sup>性味甘、平、无毒,有补中益气、温肾壮阳、主消渴、解血毒、润肺止咳等作用,其对糖尿病、高血脂、高血压、心脑血管疾病、肝病、消化不良、皮肤疾病等均有良好的药膳食疗作用。

鹰嘴豆中的异黄酮具有抗氧化,抗骨质疏松,抗紫外线抗肿瘤等作用。鹰嘴豆中不溶性膳食纤维属营养成分,但因其特有的化学结构和性质决定了对人体健康的特有保健功能,它可以降低血液中的胆固醇含量,预防心脏病,控制血糖,预防糖尿病,防止便秘,促进肠胃蠕动。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

葡萄籽,新疆新雅葡萄酒业有限公司;鹰嘴豆,新疆红山干果市场;食品级果胶,上海欣融实业发展有限公司;食品级羧甲基纤维素钠(CMC-Na),上海欣融实业发展有限公司;食品级海藻酸钠,上海欣融实业发展有限公司;食品级黄原胶,上海欣融实业发展有限公司;食品级卡拉胶,上海欣融实业发展有限公司。

### 1.2 仪器与设备

DJ-138 型豆浆机,九阳股份有限公司;AB135-S 型电子天平,瑞士 Mettler-Toledo 公司;JM-LB60 胶体磨,温州市七星乳品设备厂。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 工艺流程

葡萄籽鹰嘴豆复合饮料→稳定剂→胶体磨→均质

#### 1.3.2 单一稳定剂试验设计

葡萄籽鹰嘴豆复合饮料以质量百分比添加单一稳定剂均质后,考察稳定剂种类和添加量对复合饮料

第一作者:本科生(武运教授为通讯作者,E-mail:wuyunster@ sina.com)。

基金项目:新疆农业大学科学技术学院大学生科技创新基金项目(2016KCX03)

收稿日期:2016-12-05,改回日期:2017-02-23

离心沉淀率、稳定系数和感官评价的影响。分析因素和水平见表1。

表1 单一增稠剂因素水平表 单位: %  
Table 1 Variables and levels of a single stabilizer

试验号	黄原胶	卡拉胶	果胶	CMC-Na	海藻酸钠
1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
2	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
3	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
4	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
5	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

### 1.3.3 响应面优化试验设计

根据单因素试验结果,选择影响稳定性较好的稳定剂海藻酸钠(A)、黄原胶(B)、果胶(C)为影响因素进行复配,以稳定系数( $Y_1$ )、离心沉淀率( $Y_2$ )为应变量,利用响应面软件 Design-Expert 8.06 中的 Box-Behnken Design 进行响应面试验设计,因素水平表见表2。

表2 响应面分析试验因素编码及水平表  
Table 2 Variables and levels in response surface design

因素	编码值		
	-1	0	1
A(海藻酸钠)/%	0.02	0.04	0.06
B(黄原胶)/%	0.02	0.04	0.06
C(果胶)/%	0.02	0.04	0.06

### 1.3.4 检测指标

#### 1.3.4.1 稳定系数( $R$ )<sup>[17]</sup>的测定

取10 mL样品于2 000 r/min离心10 min,取中间液稀释80倍后,用分光光度计在750 nm下测定,并计算稳定系数,计算公式见(1)。

$$R/\% = \frac{A_2}{A_1} \times 100 \quad (1)$$

式中:与 $A_1$ 为离心前的吸光度, $A_2$ 为离心后中间液稀释80倍后的吸光度。

#### 1.3.4.2 离心沉淀率( $S_R$ )<sup>[18]</sup>的测定

取30 mL样品于8 000 r/min离心10 min,倾去上清液和去除附着在离心管壁上的脂肪,称量沉淀物重量。每个样品进行3次平行测定,取测定平均值,离心沉淀率越大,表示体系稳定性越差;反之,稳定性越好。离心沉淀率计算公式见(2)。

$$S_R/\% = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad (2)$$

式中: $S_R$ 为离心沉淀率; $m_1$ 为样品溶液离心后沉淀物的质量; $m_2$ 为样品溶液离心前的质量。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验

#### 2.1.1 黄原胶对复合饮料稳定性的影响

黄原胶用量分别为0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10%,按照1.2.1所述方法处理,取样测定产品稳定系数及离心沉淀率。结果见图1。

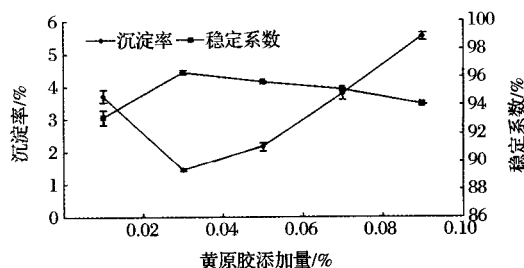


图1 不同黄原胶添加量对复合饮料稳定性影响

Fig.1 Effect of different amount of yellow gum on the stability of compound beverage

图1可知,当黄原胶添加量在0.02%~0.04%时,复合饮料的稳定系数上升幅度较大,沉淀率下降幅度较大,添加量在0.04%~0.10%时,随着黄原胶添加量的增加,稳定系数随之降低,沉淀率随之增大。黄原胶添加量在0.04%时,稳定系数达到最大值为96.39%,沉淀率达到最小值1.46%,综合考虑,选择黄原胶添加量为0.04%时,产品稳定性最佳。由于黄原胶是由D-葡萄糖、D-甘露糖、D-葡萄糖醛酸以2:2:1分子比组成的高分子胞外阴离子多糖<sup>[19-20]</sup>,分子侧链中含有乙酸和丙酮酸等基团,这些基团在酸性条件下,可以吸附带正电荷的蛋白质分子,形成空间位阻以减少蛋白质的沉淀,达到稳定乳体系的作用。

选择黄原胶添加量为0.04%时的样品,色泽均一,香气优雅,保留了原有风味与口感,并综合稳定系数和沉淀率,选择黄原胶作为复配稳定剂。

#### 2.1.2 卡拉胶对复合饮料稳定性的影响

卡拉胶用量分别为0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10%,按照1.2.1所述方法处理,取样测定产品稳定系数及离心沉淀率。结果见图2。

如图2所示,卡拉胶添加量在0.02%~0.04%时,复合饮料的沉淀率下降幅度较大,稳定系数呈上升趋势,当添加量为0.04%~0.08%时,沉淀率急剧上升,添加量超过0.04%后,随着添加量的增加,样品中沉淀率呈现上升趋势,稳定系数呈现下降趋势,当添加量为0.04%时,稳定系数最高为96.38%,沉淀率最小为2.94%。综合考虑,选择卡

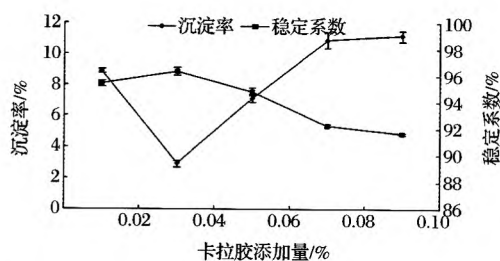


图2 不同卡拉胶添加量对复合饮料稳定性影响

Fig. 2 Effect of different amounts of carrageenan added of compound beverage

拉胶添加量为 0.04 % 时,具有稳定效果。卡拉胶是一种线性多糖,具有很强的增稠作用,同时它可以与蛋白质发生络合反应,使得蛋白质在乳体系中均匀稳定分布,防止产生沉淀<sup>[21]</sup>。

将复合饮料中添加 0.04 % 的卡拉胶,制备样品,呈现乳白色,出现分层,存在异味,口感不佳,产品的状态不佳,综合分析,卡拉胶不适合作为复合饮料的稳定剂。

### 2.1.3 果胶对复合饮料稳定性的影响

果胶用量分别为 0.02 %、0.04 %、0.06 %、0.08 %、0.10 %,按照 1.2.1 所述方法处理,取样测定产品稳定系数及离心沉淀率。结果见图 3。

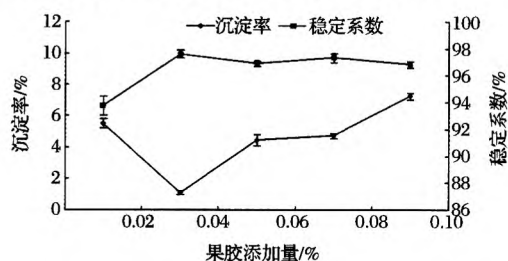


图3 不同果胶添加量对复合饮料定性影响

Fig. 3 Effect of different amounts of Pectin added of compound beverage

如图 3 所示,果胶添加量 0.02 % ~ 0.04 % 时,样品稳定系数呈上升趋势,沉淀率呈下降趋势,在 0.04 % ~ 0.10 % 时,沉淀率呈现上升趋势,稳定系数呈下降趋势,而添加量在 0.04 % 时,样品稳定系数达到最高样值为 97.63 %,样品沉淀率达到最小值为 1.12 %。综合考虑,在果胶添加量为 0.04 % 时,产品的稳定性最佳。在添加了适量的果胶后,果胶所带的负电荷和蛋白质胶体颗粒带的正电荷,产生稳定的蛋白质-果胶复合物,抑制蛋白质发生沉淀,形成了稳定的复合饮料样品。

选择果胶添加为 0.04 %,将其加入复合饮料中,

样品呈现红褐色,无分层现象,香气浓郁,无异味,口感佳,结合稳定系数与沉淀率,综合分析,选择果胶进行复配试验。

### 2.1.4 CMC-Na 对复合饮料稳定性的影响

CMC-Na 用量分别为 0.02 %、0.04 %、0.06 %、0.08 %、0.10 %,按照 1.2.1 所述方法处理,取样测定产品稳定系数及离心沉淀率。结果见图 4。

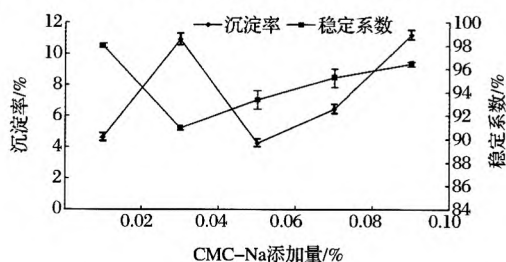


图4 不同 CMC-Na 添加量对复合饮料稳定性影响

Fig. 4 Effect of different amounts of CMC-Na added of compound beverage

由图 4 可知,CMC-Na 的添加量在 0.02 % ~ 0.04 % 时,样品稳定系数呈下降趋势,沉淀率呈现上升趋势,在 0.04 % ~ 0.10 %,稳定系数呈缓慢上升的趋势,沉淀率呈先下降后上升,当 CMC-Na 添加量为 0.06 % 时,样品的沉淀率出现最小值为 4.27 %,当 CMC-Na 添加量为 0.02 % 时,稳定系数出现最大值为 98.09 %。随着 CMC-Na 的添加量的增加,其稳定系数及沉淀率的变化没有规律可循,且样品呈现淡褐色,有分层现象,品尝无黏稠感并且比添加其他稳定剂后测得的沉淀率高。综合考虑,综合沉淀率与透光率值,不选择 CMC-Na 作为复配稳定剂。

### 2.1.5 海藻酸钠对复合饮料稳定性的影响

海藻酸钠用量分别为 0.02 %、0.04 %、0.06 %、0.08 %、0.10 %,按照 1.2.1 节所述方法处理,取样测定产品稳定系数及离心沉淀率。结果见图 5。

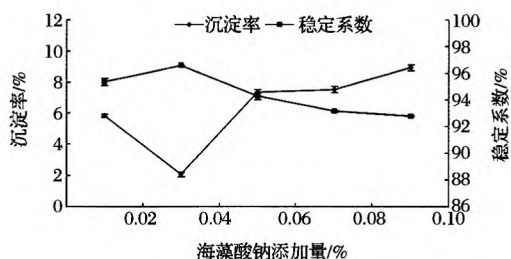


图5 不同海藻酸钠添加量对复合饮料稳定性影响

Fig. 5 Effect of different amounts of CMC-Na added of compound beverage

如图 5 所示,海藻酸钠加量在 0.02% ~ 0.04% 时,复合饮料的沉淀率下降幅度较大,稳定系数呈上升趋势,当添加量为 0.04% ~ 0.10% 时,稳定系数呈缓慢下降趋势,当添加量为 0.04% ~ 0.06% 时,沉淀率急剧下降;当添加量为 0.06% ~ 0.10% 时,沉淀率呈缓慢上升趋势。当添加量为 0.04 % 时,稳定系数最高为 96.57%,沉淀率最小为 2.09%。综合考虑,选择海藻酸钠添加量为 0.04 % 时,具有稳定效果。海藻酸钠作为水溶性胶体,具有一定的增稠性。可以用作人造奶油、植物蛋白饮料、乳制品的增稠剂和乳化剂<sup>[22]</sup>。海藻酸盐系列产品均可开发成纯天然的海洋生物药品。海藻酸盐作为一种高分子多糖,保水性能好,食用后有饱腹感,能润滑消化道,对重金属具有良好的吸附能力,因此可以作为功能食品添加剂、保健品的原料和营养强化剂,对人体健康有显著功效<sup>[22]</sup>。

将复合饮料中添加 0.04 % 的海藻酸钠,制备样品,色泽均一,香气浓郁,保持了复合饮料的原有风味,综合分析,选择海藻酸钠作为复合饮料的稳定剂。

2.2 复合饮料稳定剂的优化

2.2.1 响应面试验设计与结果

根据单因素试验结果,综合考虑选择海藻酸钠、黄原胶、果胶 3 种稳定剂进行复配试验,采用 Design-Expert 8.06 软件,根据 Box-Behnken 设计组合,以稳定系数、离心沉淀率为响应值,进行稳定剂复配工艺优化。试验设计方案及数据结果见表 3,对表 3 中数据进行方差分析,结果见表 4 和表 5。

表 3 响应面试验及响应值

Table 3 Experimental design and corresponding response value

试验号	A	B	C	稳定系数/ %	离心沉淀率/ %
1	-1	-1	0	92.813	4.237
2	1	-1	0	94.695	3.835
3	-1	1	0	93.271	3.362
4	1	1	0	94.149	3.207
5	-1	0	-1	92.976	4.371
6	1	0	-1	95.915	2.623
7	-1	0	1	93.903	3.356
8	1	0	1	91.854	5.231
9	0	-1	-1	96.128	1.678
10	0	1	-1	94.106	3.024
11	0	-1	1	92.123	3.892
12	0	1	1	93.976	3.278
13	0	0	0	98.451	0.711
14	0	0	0	98.460	1.306
15	0	0	0	98.452	1.311
16	0	0	0	97.460	1.302
17	0	0	0	97.662	0.779

按照表 3 试验数据进行多元回归方程拟合,建立以稳定系数对海藻酸钠(A)、黄原胶(B)、果胶(C)的拟合方程为: $Y_1 = 98.10 + 0.46A - 0.032B - 0.91C - 0.25AB - 1.25AC + 0.97BC - 2.39A^2 - 1.97 B^2 - 2.04 C^2$

按照表 3 试验数据进行多元回归方程拟合,建立以沉淀率对海藻酸钠(A)、黄原胶(B)、果胶(C)的拟合方程为: $Y_2 = 1.08 - 0.054A - 0.096B + 0.51C + 0.062AB + 0.91AC - 0.49BC + 1.75A^2 + 0.83B^2 + 1.06C^2$

表 4 响应面试验结果及方差分析

Table 4 Variance analysis of response surface experiment results

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p > F	显著性
模型	83.30	9.00	9.26	42.05	< 0.000 1	**
A	1.67	1.00	1.67	7.57	0.028 5	*
B	0.01	1.00	0.01	0.04	0.851 8	
C	6.60	1.00	6.60	30.00	0.000 9	**
AB	0.25	1.00	0.25	1.15	0.320 1	
AC	6.22	1.00	6.22	28.25	0.001 1	**
BC	3.75	1.00	3.75	17.05	0.004 4	**
A <sup>2</sup>	24.11	1.00	24.11	109.54	< 0.000 1	**
B <sup>2</sup>	16.37	1.00	16.37	74.37	< 0.000 1	**
C <sup>2</sup>	17.56	1.00	17.56	79.77	< 0.000 1	**
残差	1.54	7.00	0.22			
失拟项	0.56	3.00	0.19	0.77	0.568 8	
纯误差	0.98	4.00	0.24			
总和	84.84	16.00				
相关系数 R <sup>2</sup> = 0.981 8				调整复相关系数 R <sup>2</sup> <sub>Adj</sub> = 0.958 5		

由表 4 可知,当模型 F = 42.05 时, p < 0.000 1,说明模型是极显著的。当失拟项 F = 0.77 时, p = 0.568 8 > 0.05,说明模型失拟项不显著。决定系数 R<sup>2</sup> = 0.981 8,校正系数 R<sup>2</sup><sub>Adj</sub> = 0.958 5,表明稳定系数的实测值与预测值之间具有较好的拟合度,由此可以说明所得的回归方程能够很好的对稳定系数进行分析和预测。

该模型中的一次项 C 与二次项 AC、BC、A<sup>2</sup>、B<sup>2</sup>、C<sup>2</sup> 表现为极显著,一次项 A 表现为显著,表明试验中果胶、海藻酸钠都对复合饮料稳定系数具有较大影响,且这种影响也并非简单的线性关系。由 3 个因素 F 值大小可推断影响复合饮料稳定性各因素主次顺序为: C > A > B,即果胶对复合饮料的稳定系数影响最大,海藻酸钠次之,果胶黄原胶最小。方差分析显示,交互项 AC、BC 对响应值影响极显著,AB 影响不显著,表明试验因素 B 与 C、A 与 C 间存在极显著的

交互效应,而因素  $A$  与  $B$  间无交互效应,即海藻酸钠与果胶、黄原胶与果胶对复合饮料稳定系数存在协同效应,但海藻酸钠与黄原胶间无协同效应。由交互项  $F$  值大小还可推断,海藻酸钠与果胶( $AC$ )的稳定系数协同效应大于黄原胶与果胶( $BC$ )的协同效应。

表5 响应面试验结果及方差分析

Table 5 Variance analysis of response surface experiment results

方差来源	平方和	自由度	均方	$F$ 值	$p > F$	显著性
模型	29.05	9.00	3.23	19.49	0.000 4	**
$A$	0.02	1.00	0.02	0.14	0.720 0	
$B$	0.07	1.00	0.07	0.45	0.524 4	
$C$	2.06	1.00	2.06	12.45	0.009 6	**
$AB$	0.02	1.00	0.02	0.09	0.770 0	
$AC$	3.28	1.00	3.28	19.82	0.003 0	**
$BC$	0.96	1.00	0.96	5.80	0.046 9	*
$A_2$	12.94	1.00	12.94	78.12	<0.000 1	**
$B_2$	2.87	1.00	2.87	17.33	0.004 2	**
$C_2$	4.74	1.00	4.74	28.60	0.001 1	**
残差	1.16	7.00	0.17			
失拟项	0.78	3.00	0.26	2.73	0.178 3	
纯误差	0.38	4.00	0.10			
总和	30.21	16.00				
相关系数 $R^2 = 0.961 6$		调整复相关系数 $R^2_{Adj} = 0.912 3$				

由表5可知,当模型  $F = 14.49$  时,  $p < 0.001$ ,说明模型是极显著的。当失拟项  $F = 2.73$  时,  $p = 0.178 3 > 0.05$ ,说明模型失拟项不显著。决定系数  $R^2 = 0.961 6$ ,校正系数  $R^2_{Adj} = 0.912 3$ ,表明稳定系数的实测值与预测值之间具有较好的拟合度,由此可以说明所得的回归方程能够很好的对稳定系数进行分析和预测。

该模型中的一次项  $C$  与二次项  $AC$ 、 $A^2$ 、 $B^2$ 、 $C^2$  表现为极显著,二次项  $BC$  表现为显著,表明试验中果胶、海藻酸钠都对复合饮料离心沉淀率具有较大影响,且这种影响也并非简单的线性关系。表明试验中果胶对复合饮料离心沉淀率具有较大影响。由3个因素  $F$  值大小可推断影响复合饮料稳定性各因素主次顺序为:  $C > B > A$ ,即果胶对复合饮料的稳定性影响最大,黄原胶次之,海藻酸钠最小。方差分析显示,交互项  $AC$  对响应值影响极显著,  $BC$  对响应值影响显著,  $AB$  影响不显著,表明试验因素  $A$  与  $C$ 、 $B$  与  $C$  间存在交互效应,而因素  $A$  与  $B$  间无交互效应,即海藻酸钠与果胶、黄原胶与果胶对复合饮料离心沉淀率存在协同效应,但海藻酸钠与黄原胶间无协同效应。由交互项  $F$  值大小还可推断,海藻酸钠与果胶( $AC$ )

的稳定系数协同效应大于黄原胶与果胶( $BC$ )的协同效应。

## 2.2.2 响应面分析与优化

为了考察各个交互项对复合饮料稳定系数、沉淀率的影响,利用 Design-Expert 8.06 软件对回归方程进行运算,作出交互项的三维响应面图及等高线图如图6、图7所示,能比较直观的解释各个变量和变量之间对响应值的影响。通过 Design-Expert 8.06 对建立的回归方程进行参数优化分析,可得出稳定系数最高,离心沉淀率最低时3种稳定剂的最佳添加量,即海藻酸钠%为0.04%、黄原胶为0.04%、果胶0.03%。在此条件下复合饮料稳定系数的预测值为98.269%,离心沉淀率的预测值为1.012 4%。

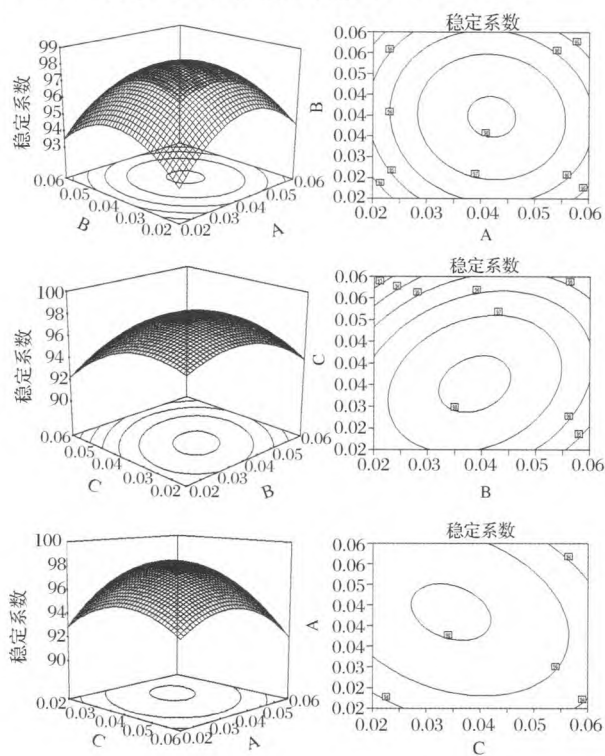


图6 各因素交互作用对稳定系数的响应面和等高线图

Fig. 6 Response surface and contour map of each factor to the stability coefficient

## 2.2.3 验证试验

通过响应面软件,根据所建立的数学模型进行参数的最优化分析,可得出复配稳定剂的最佳添加量为:海藻酸钠0.04%、黄原胶0.04%、果胶0.03%,在此条件下复合饮料稳定系数可达到98.269%,沉淀率可达到1.012 4%。为检验该法可靠性,采用上述优化条件进行验证试验,经过3组平行试验,最终测得的样品平均稳定系数为98.877%,平均沉淀



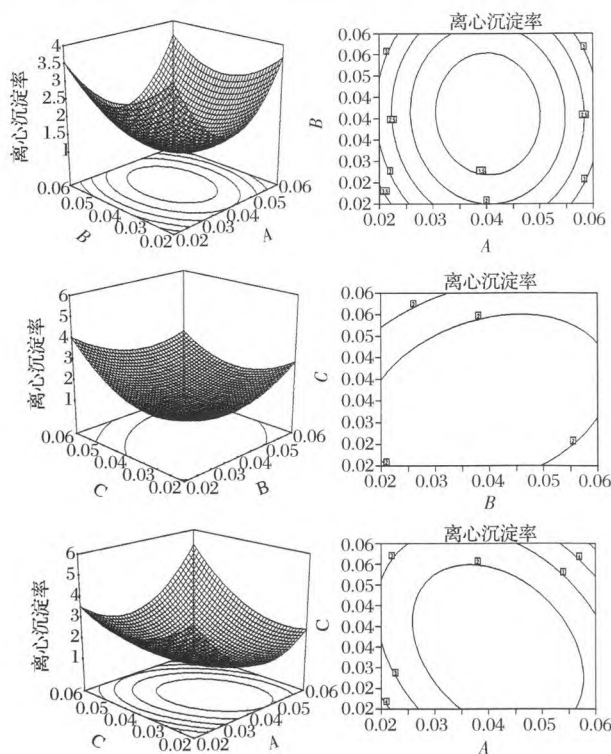


图7 各因素交互作用对离心沉淀率的响应面和等高线图

Fig. 7 Response surface and contour map of the interaction of each factor to the rate of centrifugal precipitation

率为1.0641%,可见该模型准确可靠,利用该模型在实践中进行预测是可行的。

### 3 结论

本试验通过单因素试验对黄原胶、卡拉胶、果胶、CMC-Na、海藻酸钠、五种稳定剂进行分析,根据添加量、稳定系数、沉淀率之间的变化关系确定各种稳定剂的临界控制点;筛选出海藻酸钠、黄原胶、果胶3种稳定剂,采用3因素3水平Box-Behnken响应面试验经响应面试验,回归优化及验证试验确定复配稳定剂配方为得到复合稳定剂添加量为海藻酸钠0.04%、黄原胶0.04%、果胶为0.03%,经20 MPa 10 min均质后,测得样品稳定系数为98.877%,平均沉淀率为1.0641%,且样品状态稳定。

### 参考文献

- [1] 吕庆峰. 近现代中国葡萄酒产业发展研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [2] 李银平, 薛雪萍, 袁春龙, 等. 葡萄籽成分与营养评价[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(12): 108-113.
- [3] 陈铭中, 吴晖, 钟旭美. 青梅、大蒜保健饮料研制与评价[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(5): 172-174.
- [4] 王晓辉. 植物蛋白饮料稳定性及稳定性预测模型的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2009.
- [5] MISHRA S, MANN B, JOSHI V K. Functional improvement of whey protein concentrate on interaction with pectin. Food Hydrocolloids, 2001, 15(1): 9-15.
- [6] 饶国华, 陈锦屏, 赵谋明. 酸性红枣松仁复合蛋白饮料稳定性研究——pH、电解质和均质条件对稳定性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2004, 40(9): 54-58.
- [8] PINENT M, BLAY M, BLAD M C, et al. Grape seed-derived procyanidins have an antihyperglycemic effect in streptozotocin-induced diabetic rats and insulinomimetic activity in insulin-sensitive cell lines[J]. Endocrinology, 2004, 145(11): 4985-4990.
- [9] 梁红敏, 高德艳, 张晶莹, 等. 葡萄籽多酚功能特性及应用开发现状[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2014, (5): 55-59.
- [10] 王伏超, 任育萱, 张磊. 葡萄籽的成分开发利用与研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2015, (7): 151-155.
- [11] YAMAKOSHI J, SAITO M, KATAOKA S, et al. Safety evaluation of proanthocyanidin-rich extract from grape seeds[J]. Food and Chemical Toxicology, 2002, 40(5): 599-607.
- [12] KIJIMA I, PHUNG S, HUR G, et al. Grape seed extract is an aromatase inhibitor and a suppressor of aromatase expression[J]. Cancer Research, 2006, 66(11): 5960-5967.
- [13] 李凤英, 崔蕊静, 李春华, 等. 葡萄皮、葡萄籽多酚饮料的研制[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(12): 107-109.
- [14] 张涛, 缪铭, 江波. 不同品种鹰嘴豆淀粉糊与凝胶特性研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(9): 6-10.
- [15] JOHNSON T L. Inhibition of cell proliferation and MAP kinase and Akt pathways in oral squamous cell carcinoma by genistein and biochanin A[J]. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2008, 29(2): 16.
- [16] BOYE J I, AKSAY S, ROUFIK S, et al. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques[J]. Food Research International, 2010, 43(2): 537-546.
- [17] 郭明月. 植物蛋白饮料稳定性及其测定方法综述[J]. 饮料工业, 2014(12): 34-37.
- [18] 马梦君. 绿茶饮料沉淀模型建立及机理探讨[D]. 重庆: 西南大学, 2015.
- [19] 王琳, 赵强忠, 赵谋明. 黄原胶魔芋胶复配胶对花生乳稳定性影响的研究[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(5): 181-184.

- [20] 周盛华,黄龙.张洪斌.黄原胶结构、性能及其应用的研究[J].食品科技,2008,391(7):156-160.
- [21] 梁国珍,陈文谱.卡拉胶特性及其在乳制品加工中的应用[J].怀化学院学报,2008,27(2):53-55.
- [22] 范素琴,于功明,王成忠,等.海藻酸钠对植物蛋白饮料稳定性影响研究[J].粮食与油脂,2009(2):46-48.

## Optimization of the stabilizer of compound beverage of grape seed and chick pea by response surface methodology

SONG Jing-jing<sup>1</sup>, TIAN Ge<sup>2</sup>, WU Hao-tian<sup>2</sup>, LIU Rong-gang<sup>3</sup>, LI Jun-bo<sup>1</sup>,  
MA Lu-lu<sup>1</sup>, HUANG Ruo-lan<sup>1</sup>, TONG Ting<sup>1</sup>, WU Yun<sup>2\*</sup>

1(Collage of Science and Technology Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

2(Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

3(Sunyard Wine CO., LTD. Xinjiang, Hami 839000, China)

**ABSTRACT** The effect of different stabilizers on the stability of compound beverage to select the best compound stabilizer. The beverage was made by grape seed and chick pea. Five different stabilizer including xanthan gum, carrageenan, pectin, sodium carboxymethyl cellulose (CMC-Na), sodium alginate were chosen to perform the single factor test. The stability coefficient, sedimentation rate were the indexes, three better stabilizers were selected and compound stabilizer was optimized by response surface method. The results showed that the best formula was sodium alginate 0.04%, xanthan gum 0.04%, pectin 0.04%. The stability coefficient was 98.877%, the average precipitation rate was 1.064%. The conclusion is that the compound stabilizers can improve the stability of the beverage.

**Key words** compound beverage of grape seed chickpeas; the response surface optimization design method; stabilizing agent; stability factor; precipitation rate