

响应面优化红豆薏米复合保健 饮料工艺及其稳定性研究

蒋边,李恒,孙鹏,张伍金

(岭南师范学院生命科学与技术学院,广东 湛江 524048)

摘要:以红豆、薏米为主要原料,研究红豆汁、薏米汁和白砂糖添加量对红豆薏米复合饮料的感官评价得分的影响,在此基础上进行响应面优化试验,研究红豆薏米复合饮料最优的配方;以悬浮稳定性为主要评价指标,研究复合饮料的稳定剂配方。结果表明,红豆薏米复合饮料最优的配方为:薏米汁用量40%,红豆汁用量28.0%,白砂糖用量5.6%;添加黄原胶0.1%、瓜尔豆胶0.1%、羧甲基纤维素钠0.05%作为稳定剂,复合饮料具有最优的稳定效果和感官评分,所得产品色泽纯正、香醇清淡、营养丰富,并具有一定保健功能。

关键词:红豆;薏米;保健饮料;响应面;稳定性

中图分类号:TS 218 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2016)02-0024-05

Study on optimization of technology of the compound health-care beverage with red bean and adlay by response surface methodology and its stability

JIANG Bian, LI Heng, SUN Peng, ZHANG Wu-jin

(School of Life Science and Technology, Lingnan Normal University, Zhanjiang Guangdong 524048)

Abstract: With red beans and adlay as the main raw material, the effect of the content of red bean juice, adlay juice and sugar on the sensory evaluation score of compound beverage was studied. The optimal formulation of compound beverage was researched by response surface methodology on the basis of the study. With suspension stability as the main evaluation index, the optimum stabilizer of compound beverage and its dosage were studied. The results showed that the best compound beverage recipe was adlay juice 40%, red bean juice 28.0%, sugar 5.6%. Adding 0.1% xanthan gum, guar gum 0.1%, sodium carboxymethyl cellulose 0.05% as stabilizer, the compound beverage had the optimal stability and sensory score. The product possessed pure color, light mellow, rich nutrition, and had certain health care function.

Key words: red bean; adlay; health-care beverage; response surface; stability

红豆原产于我国,其栽培和利用技术在我国已有2000多年的历史,我国是红豆主要生产和出口国^[1]。红豆的营养相当丰富,富含蛋白质、碳水化合物、膳食纤维、多种维生素和微量元素以及多种人体必需的氨基酸等^[2]。红豆的药用价值也很高,比如健脾止泻、利水消肿、解毒排脓、清热去湿、补脾补血、生津益气、预防肝硬化和结石、缓解皮肤瘙痒等^[3-4]。此外,红豆还含有黄酮、多酚等多种生物活

性成分,具有抗癌、延缓衰老等保健作用^[5-6]。薏米是禾本科植物薏苡的种仁,富含蛋白质、碳水化合物、多种矿物质和维生素等,氨基酸组成较平衡,营养价值很高,被誉为“世界禾本科植物之王”^[7]。薏米具有消食、利尿、化脓、镇痛、消肿等独特的药用价值^[8]和抗肿瘤、抗氧化等生物活性^[9-11]。

临床实践证明,薏米红豆粥具有显著的健脾渗湿、利水消肿、解毒排脓的功效。将薏米和红豆一起熬成粥供人们食用,红豆和薏米的有效成分会更加充分地被人吸收^[12-13]。本实验以红豆和薏米为原料,研制营养丰富、风味独特,具有一定保健功能的新型复合饮料,以期更加有效的利用红豆薏米的

收稿日期:2015-10-23

基金项目:广东省科技计划项目(2013B010404047);广东省自然科学基金项目(2014A030307023);湛江市科技攻关计划项目(2014A01012)

作者简介:蒋边,1989年出生,女,硕士研究生,助理实验师。

通讯作者:李恒,1980年出生,女,硕士研究生,讲师。

营养、药用价值和生物活性,为农产品的开发利用创造新的途径。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

薏米、红豆、白砂糖:市购; α -淀粉酶:北京奥博星生物技术有限公司;黄原胶、瓜尔豆胶、卡拉胶、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、海藻酸钠、 β -环状糊精等,均符合有关食品卫生和食品添加剂标准。

FB323 电子分析天平:上海舜宇恒平科学仪器有限公司;TD6 低速离心机:长沙湘智离心机仪器有限公司;九阳料理机:九阳股份有限公司;UV-3000PC 型紫外可见分光光度计:上海美普达仪器有限公司;手提式高速中药粉碎机:青州市三宝中药机械厂;HWS28 型电热恒温水浴锅:上海一恒科学仪器有限公司;电热鼓风干燥器:上海一恒科学仪器有限公司;实验型 1003 高压均质机:上海东华高压均质机厂;高压灭菌锅:上海申安医疗器械厂。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

红豆→清洗、除杂→浸泡→煮制→打浆→过滤→红豆汁^[14]

薏米→清洗、除杂→浸泡→沥干→烘焙→粉碎→过筛→调浆→酶解→过滤→薏米汁^[15]

调配→精滤→均质→脱气→杀菌→冷却→成品

1.2.2 复合饮料配方试验

1.2.2.1 单因素试验 红豆汁、薏米汁分别以料水比为 1:8 g/mL、1:15 g/mL,按照 1.2.1 制备。依次以薏米汁添加量 10%、25%、40%、55%、70%,红豆汁添加量 5%、15%、25%、35%、45%、55% 和白砂糖添加量 2%、4%、6%、8%、10% 为单因素,采用渐变式优化法,红豆汁添加量和白砂糖添加量初始配方分别设定为 40% 和 60%,体积用水补充至 100% 之后进行感官评价,根据感官评价得分确定单因素最佳水平。

1.2.2.2 响应面试验设计 根据单因素试验结果及 Box-Behnken 试验设计确定相应面试验的因素水平,见表 1, -1、0、1 分别代表各因素的低、中、高 3 个水平。

表 1 Box-Behnken 中心组合设计的因素和水平

因素	名称	水平		
		-1	0	1
A	薏米汁添加量/%	25	40	55
B	红豆汁添加量/%	15	25	35
C	白砂糖添加量/%	4	6	8

1.2.3 复合饮料稳定性试验

1.2.3.1 稳定剂的筛选 选取复合饮料中常用的黄原胶、瓜尔豆胶、卡拉胶、羧甲基纤维素钠、海藻酸钠、 β -环状糊精作为筛选稳定剂,以添加量为 0.1% 的比例加入到最优配方的复合饮料中,混合均匀,进行悬浮稳定性测定和感官评价,并且在常温下静置 24 h,考察分层絮状物的生成量^[16]。

1.2.3.2 复合稳定剂添加量的确定 选取效果相对最优的稳定剂,经单因素预实验和参考相关文献^[17-18],分别以添加量为 0.05%、0.1% 和 0.15% 进行正交试验,测定其悬浮稳定性和进行感官评价。

1.2.4 测定指标及方法

1.2.4.1 感官评价评分标准 请 10 名经过感官评价培训的品尝者打分,以感官评价得分判断配方优劣,感官评价标准见表 2。

表 2 红豆薏米复合饮料感官评分标准

项目	评分标准
色泽(20分)	红褐色,颜色自然纯正,澄清透明。(15~20分)
	颜色发暗,不够透明。(9~14分)
	颜色暗淡,透明度差。(0~8分)
气味(30分)	有清香的薏米和红豆香气,两者气味协调浓郁。(20~30分)
	薏米红豆气味不协调,单独一种薏米或红豆气味突出。(10~20分)
	香味淡,无明显的薏米或红豆香气。(0~10分)
口感(30分)	口感佳,风味好,甜度适中,清香爽口,薏米红豆味道融合好。(20~30分)
	口感风味一般,甜度不太适中。(10~20分)
	口感风味差,过甜或欠甜,味道平庸。(0~10分)
组织状态(20分)	组织状态均一,无杂质,无沉淀。(15~20分)
	组织状态较均一,无杂质,稍有沉淀。(9~14分)
	组织状态不均一,有明显杂质或大量沉淀。(0~8分)

1.2.4.2 复合饮料悬浮稳定性测定 在 10 mL 离心管中,精确加入配制好的果蔬饮料 10 mL,在 4 000 r/min 下离心 10 min,弃去上部溶液,准确称取沉淀重量,悬浮稳定性值越大说明溶液越稳定^[19]。

$$\text{悬浮稳定性}/\% = \left(1 - \frac{\text{沉淀重量}/\text{g}}{10 \text{ mL 饮料重量}/\text{g}}\right) \times 100$$

2 结果与分析

2.1 复合饮料配方试验结果

2.1.1 单因素试验

2.1.1.1 薏米汁添加量对复合饮料的影响 高温焙烤后的薏米香气纯正,经 α -淀粉酶酶解得到的薏米汁,呈乳黄色,味道微甘,气味清香,口感清淡。对复合饮料的颜色、味道、气味和口感等有较大影

响。不同薏米汁添加量对复合饮料的感官评价得分的影响如图1所示。

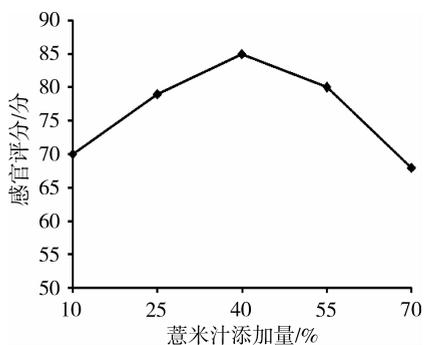


图1 薏米汁添加量对复合饮料感官评价得分的影响

由图1可知,薏米汁添加量低于40%时,复合饮料的感官评价得分随着薏米汁添加量的增加而呈现上升趋势,主要因为薏米汁添加量低,红豆汁的味道和气味突出,薏米汁、红豆汁两者无法较好融合。薏米汁添加量为40%时,复合饮料的感官评价得分最高,此时,复合饮料颜色、味道、气味、组织状态和口感等达到最优状态。薏米汁添加量高于40%时,复合饮料的感官评价得分随着薏米汁添加量的增加而呈下降趋势,主要因为薏米汁添加量过高,薏米汁的味道和气味突出,而且薏米汁的乳白色使得红豆汁的红褐色暗淡,不够清亮透明。因此,最佳的薏米汁添加量为40%。

2.1.1.2 红豆添加量对复合饮料的影响 红豆汁有浓郁的红豆芳香,呈红褐色,对复合饮料的颜色、味道、气味和口感等有较大影响。不同红豆汁添加量对复合饮料的感官评价得分的影响如图2所示。

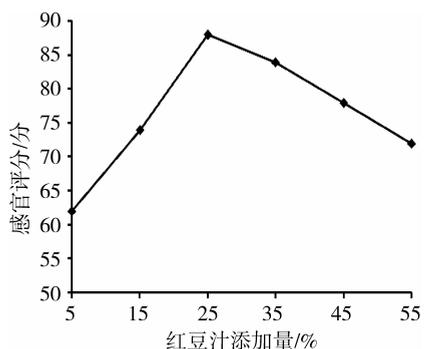


图2 红豆汁添加量对复合饮料感官评价得分的影响

由图2可知,红豆汁添加量低于25%时,复合饮料的感官评价得分随着红豆汁添加量的增加而呈现上升趋势,主要原因是红豆汁添加量低,薏米汁在复合饮料中的比例偏高,薏米汁的味道和气味突出,乳白色的薏米汁使得复合饮料颜色发暗,不够清亮透明。红豆汁添加量为25%时,复合饮料的感官评价得分最高,此时,复合饮料颜色、味道、气味、组织

状态和口感等最佳。红豆汁添加量高于25%时,复合饮料的感官评价得分随着红豆汁添加量的增加而呈下降趋势,主要原因是红豆汁添加量过高,其在复合饮料中的比例偏高,红豆汁的味道和气味突出。因此,最佳的红豆汁添加量为25%。

2.1.1.3 白砂糖添加量对复合饮料的影响 自然的红豆薏米汁微微甘甜,口感清淡,添加白砂糖可以调节复合饮料的甜度及口感,不同白砂糖添加量对复合饮料的感官评价得分的影响如图3所示。

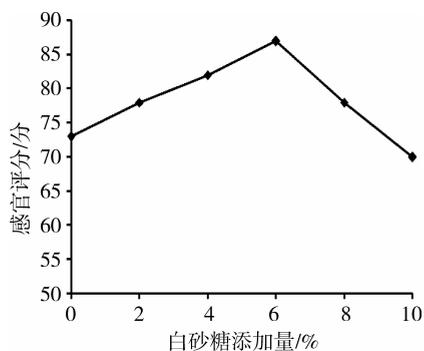


图3 白砂糖添加量对复合饮料感官评价得分的影响

由图3可知,白砂糖添加量为6%时,复合饮料的感官评价得分最高。白砂糖高于或者低于6%的添加量,复合饮料过甜或甜度不够,因而其感官评价得分呈现下降趋势。因此,确定最佳的薏米汁添加量为6%。

2.1.2 红豆薏米复合饮料配方响应面优化试验

2.1.2.1 响应面优化方差分析 根据 Box - Behnken 中心组合设计了17组试验(含5组中心点重复)。试验设计及结果见表3。

表3 红豆薏米复合饮料最佳配方工艺响应面试验设计与结果

序列	A 薏米汁用量/%	B 红豆汁用量/%	C 白砂糖用量/%	Y 感官评价分值
1	-1	-1	0	75
2	1	-1	0	73
3	-1	1	0	84
4	1	1	0	81
5	-1	0	-1	82
6	1	0	-1	78
7	-1	0	1	79
8	1	0	1	74
9	0	-1	-1	79
10	0	1	-1	83
11	0	-1	1	70
12	0	1	1	80
13	0	0	0	86
14	0	0	0	86
15	0	0	0	87
16	0	0	0	87
17	0	0	0	85

采用 Design - Expert. 8.0 软件对表 3 的数据进行二次多项式回归拟合,得到感官评价得分的二次回归方程分别为: $Y = 86.2 - 1.75A + 3.88B - 2.38C - 0.25AB - 0.25AC + 1.5BC - 3.85A^2 - 4.1B^2 - 4.1C^2$ 。复合饮料的感官评价得分回归方程的回归分析与方差分析结果分别如表 4。由表 4 可知,感官评价得分的 F 值为 36.71 大于 $F_{0.01}(9,4)$,说明该模型回归显著可靠。其 $R^2 = 0.9793$, $R^2_{Adj} = 0.9526$,说明建立的模型和试验拟合良好,可用于预测红豆薏米复合饮料的最佳组合的实际情况。依 F 检验知,因素 A、B、C、 A^2 、 B^2 和 C^2 的 P 值均小于 0.01,说明薏米汁添加量、红豆汁添加量和白砂糖添加量对复合饮料的感官评价得分的影响极显著;BC 的 P 值小于 0.05,说明红豆汁白砂糖添加量对复合饮料感官评价得分的影响不是简单的线性关系,两者存在交互作用,如图 4 所示。而薏米汁添加量和红豆汁添加量、薏米汁添加量和白砂糖添加量的交互作用不显著。

表 4 感官评价得分方差分析结果

方差来源	平方和	自由度	方差	F 值	P > F	显著性
模型	373.31	9	47.47	36.71	<0.0001	**
A	55.12	1	24.50	18.95	0.0033	**
B	50.00	1	120.13	92.91	<0.0001	**
C	21.12	1	45.13	34.90	0.0006	**
AB	6.25	1	0.25	0.19	0.6734	
AC	1.00	1	0.25	0.19	0.6734	
BC	2.25	1	9.00	6.96	0.0335	*
A^2	85.26	1	62.41	48.27	0.0002	**
B^2	76.05	1	70.78	54.75	0.0001	**
C^2	51.58	1	70.78	54.75	0.0001	**
残差	7.75	7	1.29			
失拟误差	3.75	3	2.08	1.25	0.1597	
纯误差	4.00	4	0.07			
总和	381.06	16				

注: * $P < 0.05$, 差异显著; ** $P < 0.01$, 差异极显著

2.1.2.2 响应面优化复合饮料配方的确定 根据软件的响应面法分析得到复合饮料的最优条件为:薏米汁用量 40.22%, 红豆汁用量 28.40%, 白砂糖用量 5.56%, 感官评分为 87.2。为了实际应用的方便性,将复合饮料的最优配方确定为:薏米汁用量 40%, 红豆汁用量 28%, 白砂糖用量 5.6%。

2.2 复合饮料的稳定性试验

2.2.1 稳定剂的筛选

由表 5 可知,在常温放置 24 h 之后,添加黄原

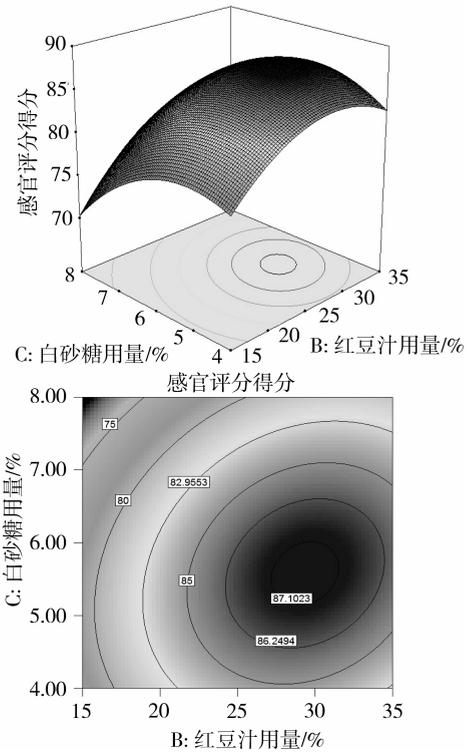


图 4 薏米汁用量和红豆汁用量之间的交互作用及等高线

胶的复合饮料几乎无沉淀产生,添加羧甲基纤维素钠、瓜尔豆胶出现少量沉淀和轻微分层,而添加卡拉胶、 β -环状糊精、海藻酸钠和明胶的复合饮料较多沉淀和分层。在复合饮料体系中,悬浮稳定性可以从宏观方面体现整个体系稳定性^[20]。添加不同种类的稳定剂,复合饮料悬浮稳定性均存在不同程度的差异。添加黄原胶的复合饮料的悬浮稳定性系数达到最高值,添加羧甲基纤维素钠、瓜尔豆胶、卡拉胶、 β -环状糊精、海藻酸钠和明胶的复合饮料悬浮稳定性依次下降。另外,添加 0.1% 不同种类的单一稳定剂对复合饮料的感官评价得分影响不大,均具有较好的感官评价效果。

表 5 不同种类单一稳定剂对复合饮料品质的影响

添加剂种类	稳定效果	悬浮稳定性系数/%	感官评价得分
黄原胶	几乎无沉淀产生,基本不分层	97.6	86
瓜尔豆胶	少量沉淀,稍轻微分层	95.0	87
卡拉胶	稍多沉淀,较多分层	94.2	86
羧甲基纤维素钠	少量沉淀,轻微分层	96.8	87
海藻酸钠	稍多沉淀,较多分层	93.1	85
β -环状糊精	稍多沉淀,较多分层	93.4	86
果胶	大量沉淀,明显分层	91.8	85

2.2.2 稳定剂添加量的确定

根据以上稳定剂筛选结果,选取黄原胶、瓜尔豆

胶和羧甲基纤维素钠进行复合稳定剂配方的正交试验。

表6 复合稳定剂正交试验结果

序列	因素			悬浮稳定性/%
	A 黄原胶/%	B 瓜尔豆胶/%	C 羧甲基纤维素钠/%	
1	1(0.05)	1(0.05)	1(0.05)	96.5
2	1	2(0.1)	2(0.1)	95.2
3	1	3(0.15)	3(0.15)	96
4	2(0.1)	1	2	95.4
5	2	2	3	98.6
6	2	3	1	98.5
7	3(0.15)	1	3	95.8
8	3	2	1	95.5
9	3	3	2	94.5
K ₁	95.900	95.900	96.833	
K ₂	97.500	96.433	96.500	
K ₃	95.267	96.333	95.633	
R	2.233	0.533	1.2	

由表6可知,在所采用的三种稳定剂中,影响复合饮料的稳定性的主次顺序为黄原胶 > 羧甲基纤维素钠 > 瓜尔豆胶,最优的配方组合为 A₂B₂C₁,即黄原胶 0.1%、瓜尔豆胶 0.1%、羧甲基纤维素钠 0.05%。

3 结论

采用响应面优化红豆薏米复合饮料配方,确定产品的最佳配方为:薏米汁用量 40%,红豆汁用量 28.0%,白砂糖用量 5.6%;添加黄原胶 0.1%、瓜尔豆胶 0.1%、羧甲基纤维素钠 0.05%作为稳定剂,复合饮料具有较好的稳定效果。该配方所得红豆薏米复合保健饮料呈自然纯正的淡红褐色,具有协调独特的红豆薏米香味,清淡可口且营养丰富,品质均匀稳定。

参考文献:

[1]梁英岳. 红豆蛋白的酶法水解工艺及其抗氧化肽的研究[D]. 广东广州:暨南大学, 2010.
 [2]中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表[M]. 北京:人民卫生出版社, 1992: 18-21.

[3]明. 李时珍. 本草纲目[M]. 北京:宗教文化出版社, 2001: 197.
 [4]余文慧. 食药兼优赤小豆[J]. 药膳食疗. 2004(8): 43.
 [5]Ma D Z, Wang H X, Ng T B. A peptide with potent antifungal and antiproliferative activities from Nepalese large red beans[J]. Peptide. 2009(30): 2089-2094.
 [6]康永锋, 李艳, 段吴平, 等. 赤豆总黄酮的微波辅助提取与抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(2): 224-227.
 [7]Wu T T, Charles A L, Huang T C. Determination of the contents of the main biochemical compounds of adlay (Coxi lachrymal - jobi)[J]. Food Chemistry, 2007, 104(4): 1509-1515.
 [8]赵晓红. 薏米的营养、医用价值及制作饮料的发展前景[J]. 山西食品工业, 2002(3): 35-36.
 [9]CHANG Huichiu, HUANG Yuchun, HUNG Wenchun, et al. Anti-proliferative and chemopreventive effects of adlay seed on lung cancer in vitro and in vitro[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(12): 3656-3660.
 [10]KUO C C, SHIH C C, KUO Y H, et al. Antagonism of free - radical - induced damage of adlay seed and its antiproliferative effect in human histolytic lymphoma U937 monocytic cells[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(3): 1564-1570.
 [11]王立峰, 何荣, 袁建, 等. 薏米中酚类提取物测定及抗氧化能力指数分析[J]. 食品科学, 2012, 33(1): 72-76.
 [12]蒲昭和. 红豆薏米粥治便秘[J]. 家庭医药, 2009(12): 22-23.
 [13]本刊编辑部. 健脾渗湿的佳品——薏米红豆粥[J]. 求医问药, 2008(8): 49.
 [14]秦令祥, 高愿军, 赵森, 等. 红豆饮料的研制[J]. 农产品加工学刊, 2012(6): 110-111.
 [15]旷慧, 姚丽敏, 易美君, 等. 酶解法制备薏米汁的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2013, 34(23): 275-278, 314.
 [16]易美君, 姚丽敏, 孙宏伟, 等. 红树莓薏米复合保健饮料的研制及稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(5): 248-252.
 [17]孙月娥, 刘彬倩, 王卫东. 黑米黑豆黑芝麻复合饮料的研制[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 312-317.
 [18]万国福, 张兰. 莲子杏仁蛋白饮料研制[J]. 食品科技, 2015, 40(2): 95-99.
 [19]陈巧云, 熊华, 李亮, 等. 果蔬饮料的稳定性研究[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 63-66.
 [20]吴金璠. 复合全豆植物蛋白饮料的稳定性及流变特性研究[D]. 广东广州:华南理工大学, 2010. ㊞