

响应面法优化玛咖苦荞复合茶饮料加工工艺

卢 扬^{1*}, 李 俊¹, 刘军林², 刘 辉¹, 唐健波¹

(1. 贵州省农业科学院生物技术研究所, 贵阳 550006; 2. 贵州省威宁县农业农村局, 威宁 553100)

摘 要: **目的** 响应面法优化玛咖苦荞复合茶饮料加工工艺。**方法** 以感官评分为评价指标, 通过响应面优化实验, 对玛咖苦荞复合茶饮料加工过程中玛咖粉、苦荞茶及稳定剂添加量进行优化。**结果** 最优产品配方为: 玛咖粉添加量 2.1%, 苦荞茶添加量 1.6%, 果葡糖浆添加量 5.7%, 3 个因素的作用大小依次为: 果葡糖浆>玛咖粉>苦荞茶。最优稳定剂配方为: 羧甲基纤维素钠(sodium carboxymethyl cellulose, CMC-Na)添加量 0.07%, 果胶添加量 0.06%, 海藻酸钠添加量 0.03%。3 个因素的作用大小依次为: CMC-Na>果胶>海藻酸钠。最终产品感官评分平均值达 95.4±0.6, 透光率为 90.5%±0.6%。**结论** 本研究为玛咖和苦荞产品的开发提供了数据支撑。**关键词:** 响应面法; 玛咖; 苦荞; 茶饮料; 加工工艺

Optimization of processing technology of maca Tartary buckwheat compound tea beverage by response surface methodology

LU Yang^{1*}, LI Jun¹, LIU Jun-Lin², LIU Hui¹, TANG Jian-Bo¹

(1. *Biological Technology Institute of Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China*; 2. *Bureau of Agriculture and Rural Areas of Weining County, Weining 553100, China*)

ABSTRACT: **Objective** To optimize the processing technology of maca Tartary buckwheat compound tea beverage by response surface methodology. **Methods** Taking sensory score as evaluation index, the amount of maca powder, Tartary buckwheat tea and stabilizer in the processing of maca Tartary buckwheat compound tea beverage was optimized by response surface methodology. **Results** The optimal product formula were 2.1% maca powder, 1.6% Tartary buckwheat tea, 5.7% fructose syrup. The effect of the 3 factors were as follows in turn: fructose syrup>maca powder>Tartary buckwheat tea. The optimal stabilizer formula were 0.07% sodium carboxymethyl cellulose (CMC-Na), 0.06% xanthan gum, and 0.03% sodium alginate. The effects of the 3 factors were as follows: CMC-Na>pectin>sodium alginate. The average sensory score of the final product was 95.4±0.6, and the light transmittance was 90.5%±0.6%. **Conclusion** This study provides data support for the development of maca and Tartary buckwheat products.

KEY WORDS: response surface method; maca; Tartary buckwheat; tea beverage; processing technology

基金项目: 贵州省农科院院专项项目(黔农科院院专项[2014]011 号)

Fund: Supported by Guizhou Academy of Agricultural Sciences Project ([2014] 011)

*通讯作者: 卢扬, 副研究员, 主要研究方向为作物育种、栽培及加工利用。E-mail: 499528997@qq.com

*Corresponding author: LU Yang, Associate Professor, Biological Technology Institute of Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Jinzhu Town, Huaxi District, Guiyang 550006, China. E-mail: 499528997@qq.com.

1 引 言

玛咖(*Lepidium meyenii* Walp.), 别名南美人参、秘鲁人参, 属于十字花科植物, 原产于海拔 3500~4500 m 的南美安第斯山区, 根茎形似小圆萝卜, 可食用, 主要有黑玛咖、紫玛咖和黄玛咖 3 种色型^[1]。研究表明, 玛咖根茎含有生物碱、玛咖多糖、玛咖烯、玛咖酰胺、芥子油苷、 β -谷甾醇、菜子甾醇等多种生物活性成分^[2-4], 具有抗疲劳、改善性功能、抗氧化、抑制前列腺增生、缓解更年期综合症、增强免疫力等多种功效^[5-7]。近年来, 玛咖作为提神产品的特殊功效引起了国内外学者的广泛关注。

苦荞(*Fagopyrum tataricum* L.), 是一种重要的小宗杂粮作物和药食同源植物, 不仅含有淀粉、蛋白质、脂肪、矿物质、膳食纤维、维生素、不饱和脂肪酸等基础营养成分, 同时富含芦丁(即维生素 P)、槲皮素等黄酮类物质^[8,9], 苦荞籽粒中黄酮含量可达 1.5%~3%^[10]。研究证实黄酮类化合物具有防治心脑血管疾病、糖尿病、抗菌消炎、抗乙肝表面抗原、抗氧化和增强人体免疫力等作用^[11,12], 具有很高的食用价值和药用价值。

现阶段玛咖产品主要为玛咖片、玛咖粉、玛咖含片、玛咖酒、玛咖功能饮料等^[13,14], 苦荞产品主要有苦荞茶、苦荞酥、苦荞饼干、苦荞面条等^[15], 产品同质化严重。近年来, 随着人们生活水平的提高, 兼具营养和保健功能的功能型复合茶饮料越来越受到消费者的青睐。本研究以干玛咖片及苦荞茶为原料, 采用单因素及响应面优化实验设计, 研制玛咖苦荞复合茶饮料配方, 为消费者提供一种新的功能型饮料。

2 材料与方法

2.1 材料与设备

玛咖干片: 采自贵州省农业科学院生物技术研究所威宁县种植基地; 苦荞茶(威宁东方神谷食品有限公司)。

果葡糖浆、羧甲基纤维素钠(sodium carboxymethyl cellulose, CMC-Na)、果胶、海藻酸钠(食品级, 河南锦义生

物科技有限公司); 所用水为蒸馏水(美国密理博公司)。

JYL-Y92 高速破壁调理机(九阳股份有限公司); BRS-200 均质机(安徽博进化工机械有限公司); BSA124S 型分析天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司]; UV-6000 型紫外可见分光光度计(上海元析仪器有限公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 玛咖苦荞复合茶饮料加工工艺流程

玛咖苦荞复合茶饮料加工工艺的具体流程见图 1。

2.2.2 玛咖苦荞复合茶饮料配方优化

(1)配方的单因素实验

按照 2.2.1 中的步骤操作, 分别设计 3 组实验: ①固定苦荞茶添加量为 1%, 果葡糖浆添加量为 2%, 分别设定玛咖粉添加量 0.5%、1%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%; ②固定玛咖粉添加量为 1%, 果葡糖浆添加量为 2%, 分别设定苦荞茶添加量 0.5%、1%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%; ③固定苦荞茶添加量为 1%, 玛咖粉添加量为 1%, 分别设定果葡糖浆添加量 0、2%、4%、6%、8%、10%。考察不同因素对玛咖苦荞复合茶饮料的影响, 以产品的感官评分为评价指标。所有实验重复 3 次取平均值。

(2)配方的响应面优化实验

在单因素实验的基础上, 对玛咖苦荞复合茶饮料感官品质有影响的 3 个因素玛咖粉、苦荞茶和果葡糖浆添加量进行响应面优化实验, 筛选出最优的产品配方。所有实验重复 3 次取平均值。

2.2.3 玛咖苦荞复合茶饮料稳定性实验

(1)稳定剂添加量的单因素实验^[16]

以 2.2.2(2)获得的最优产品配方为加工原料, 按照 2.2.1 中的步骤操作, 分别设定 CMC-Na 添加量为 0、0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.1%、0.12%, 果胶添加量为 0、0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.1%、0.12%, 海藻酸钠添加量为 0、0.01%、0.02%、0.03%、0.04%、0.05%、0.06%, 考察不同稳定剂对玛咖苦荞复合茶饮料品质的影响, 以透光率为评价指标评价稳定剂的效果。所有实验重复 3 次取平均值。

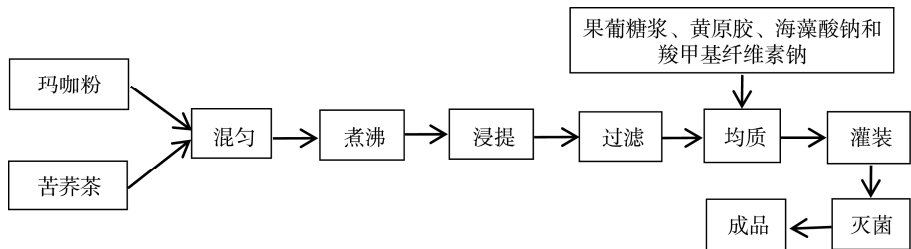


图 1 玛咖苦荞复合茶饮料加工工艺流程
Fig.1 Process of maca and Tartary buckwheat compound tea beverage

(2)稳定剂添加量的响应面优化实验

在单因素实验的基础上,对玛咖苦荞复合茶饮料感官品质有影响的3个因素 CMC-Na 添加量、果胶添加量和海藻酸钠添加量进行响应面优化实验,筛选出最优的稳定剂配比。所有实验重复 3 次取平均值。

2.2.4 透光率测定

采用紫外可见分光光度计,在 680 nm 下进行测定^[17]。

2.2.5 感官评定标准

邀请 10 位经过培训的感官检验员,对玛咖苦荞复合茶饮料外观、色泽、风味和口感进行感官评分,评价标准参照表 1^[18],实验重复 3 次,取平均值。

2.3 数据处理

采用 Origin(Version 8.6)进行作图,采用 Design Expert(Version 8.0.5)进行响应面设计,采用 SPSS(Version 17.0)单因素 ANOVA 进行统计分析, $P<0.05$ 代表样品有显著性差异。

3 结果与分析

3.1 玛咖苦荞复合茶饮料配方的确定

3.1.1 单因素实验结果

由图 2a 可知,随着玛咖粉添加量的增加,感官评分

逐渐升高,在玛咖粉添加量为 2.0%时达到最大值,之后感官评分显著降低,因此选择较优的玛咖粉添加量为 2.0%。由图 2b 可知,感官评分随苦荞茶添加量增加显著升高,在添加量为 1.5%时感官评分达到最大值,之后感官评分呈现下降趋势,因此选择苦荞茶的较优添加量为 1.5%。由图 2c 可知,果葡糖浆添加量增加,感官评分先迅速升高后缓慢降低,在添加量为 4%时感官评分达到最大值,果葡糖浆过多或过少都会导致产品感官评分降低,因此选择果葡糖浆较优的添加量为 4%。

3.1.2 响应面优化实验结果

(1)Box-Behnken 设计与结果

根据单因素实验结果,以 Box-Behnken 中心组合设计原则,选取玛咖粉添加量(X_1)、苦荞茶添加量(X_2)、果葡糖浆添加量(X_3)为自变量,以感官评分为响应值,设计三因素三水平响应面实验,实验方案及实验结果如表 2 所示。

(2)回归方程与显著性分析

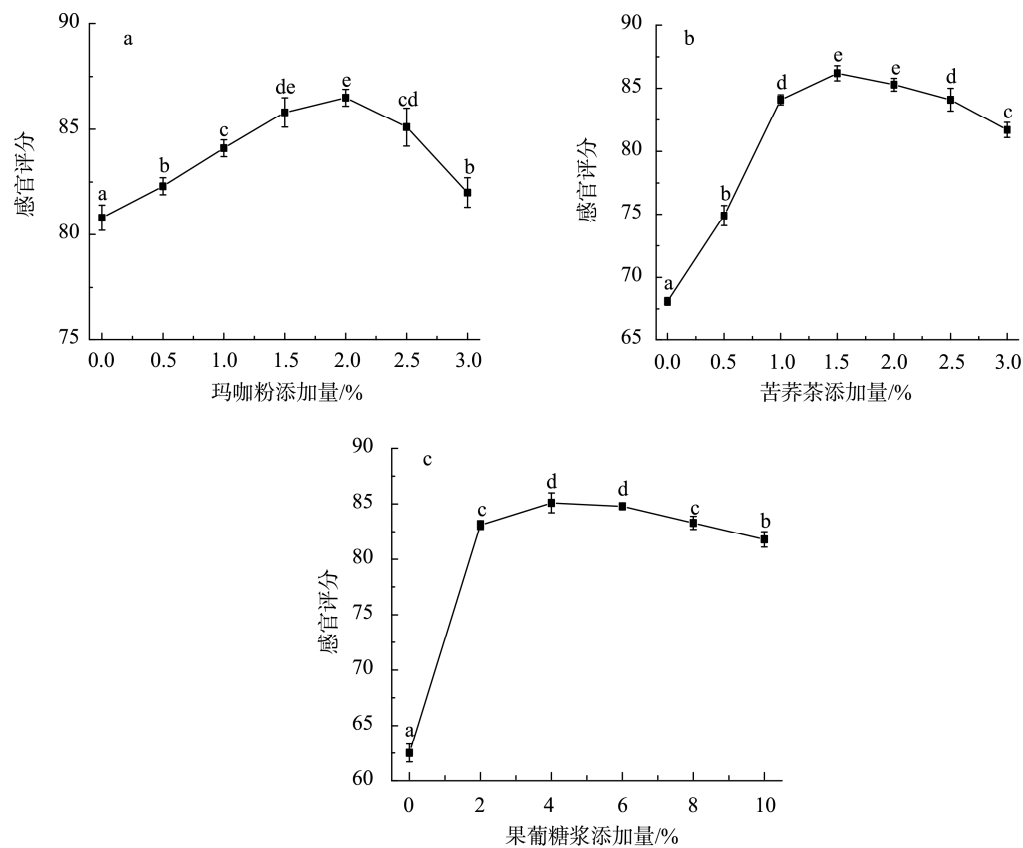
将表 2 的实验数据,利用 Design-Expert 8.0 软件进行二次多项式逐步回归拟合,得回归模型方程为:

$$Y=93.16+1.12X_1+0.79X_2+2.04X_3+0.18X_1X_2-0.63X_1X_3+0.50X_2X_3-1.73X_1^2-1.85X_2^2-1.16X_3^2。$$

模型的可靠性可以从方差分析及相关系数来考察,结果见表 3。

表 1 玛咖苦荞复合茶饮料感官评价指标
Table 1 Sensory evaluation index of maca and Tartary buckwheat compound tea beverage

项目	评分标准	评分/分
外观(20 分)	清澈透明、无杂质、无固体颗粒沉淀	16 ~ 20
	清澈均匀、有微量杂质或沉淀	10 ~ 15
	不透明、不均匀、有大量杂质或颗粒沉淀物	≤ 9
色泽(20 分)	颜色均一、明亮透光	16 ~ 20
	颜色均一、稍透明	10 ~ 15
	颜色不均一、不透明	≤ 9
风味(30 分)	风味清新、有香气、无异味	24 ~ 30
	风味舒适、略有香气、无明显异味	15 ~ 23
	风味不好、有明显异味	≤ 14
口感(30 分)	口感醇正、质地均匀、酸甜适中、滋味宜人	24 ~ 30
	质地较好、酸甜可接受、滋味较好	15 ~ 23
	适口性差、偏酸或偏甜、滋味差	≤ 14



注: a 代表玛咖粉量;b 代表苦荞茶添加量;c 代表果葡糖浆添加量。

图 2 不同配方对玛咖苦荞复合茶饮料感官评分的影响(n=3)

Fig.2 Effects of different formulations on sensory scores of maca and Tartary buckwheat compound tea beverage (n=3)

表 2 Box-Benhknen 实验方案及实验结果
Table 2 Scheme and results of Box-Benhknen test

实验号	X ₁ 玛咖粉添加量/%	X ₂ 苦荞茶添加量/%	X ₃ 果葡糖浆添加量/%	感官评分
1	1.5	1.5	6.0	92.2
2	2.0	1.5	4.0	93.5
3	1.5	1.5	2.0	86.2
4	1.5	1.0	4.0	88.3
5	2.0	1.5	4.0	94.3
6	2.0	2.0	6.0	93.2
7	2.0	1.0	2.0	87.2
8	2.0	1.0	6.0	90.5
9	2.5	1.5	6.0	93.1
10	2.5	1.5	2.0	89.6
11	2.5	2.0	4.0	91.2
12	2.0	1.5	4.0	92.8
13	2.5	1.0	4.0	90.3
14	2.0	1.5	4.0	93.3
15	1.5	2.0	4.0	88.5
16	2.0	2.0	2.0	89.7
17	2.0	1.5	4.0	91.9

表 3 回归模型方差分析
Table 3 Variance analysis of regression model

来源	平方和	自由度	均方	<i>F</i> 值	<i>P</i> <i>r</i> > <i>F</i>	显著性
模型	86.35	9	9.59	10.86	0.0024	**
<i>X</i> ₁	10.13	1	10.13	11.46	0.0117	*
<i>X</i> ₂	4.96	1	4.96	5.62	0.0496	*
<i>X</i> ₃	33.21	1	33.21	37.59	0.0005	**
<i>X</i> ₁ <i>X</i> ₂	0.12	1	0.12	0.14	0.7206	
<i>X</i> ₁ <i>X</i> ₃	1.56	1	1.56	1.77	0.2253	
<i>X</i> ₂ <i>X</i> ₃	0.01	1	0.01	0.011	0.9183	
<i>X</i> ₁ ²	12.60	1	12.60	14.26	0.0069	**
<i>X</i> ₂ ²	14.49	1	14.49	16.40	0.0049	**
<i>X</i> ₃ ²	5.62	1	5.62	6.36	0.0397	*
残差	6.18	7	0.88			
失拟项	3.03	3	1.01	1.28	0.3942	不显著
误差项	3.15	4	0.79			
总和	92.54	16				

*r*²=0.9332

注: *为显著(*P*<0.05),**为极显著(*P*<0.01)。

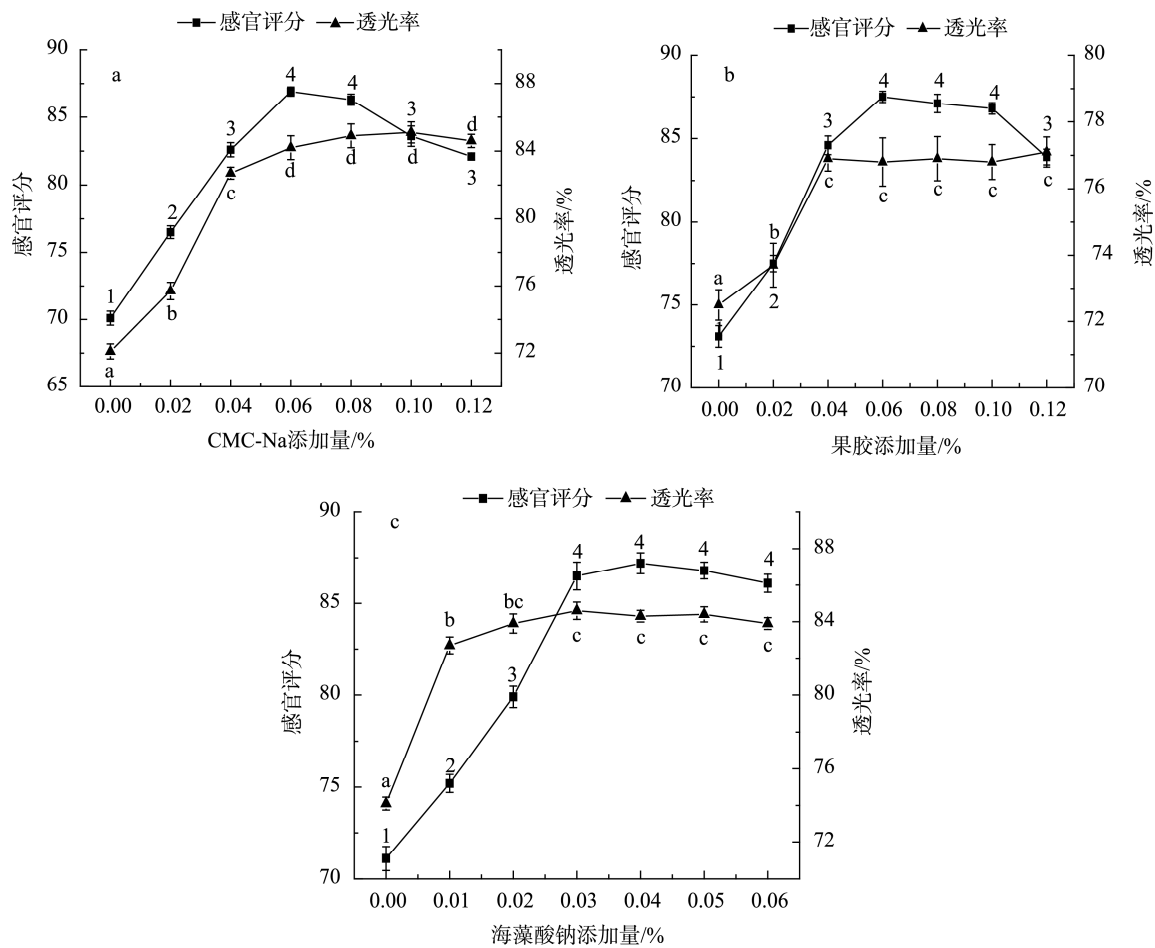
由表 3 可知, 模型 *F* 值为 10.86, 所得玛咖苦荞复合茶饮料配方的回归方程极显著 (*P*<0.01); 失拟项 *F* 值为 1.28(*P*>0.05), 该模型可以对稳定剂配方进行准确的预测和分析。*r*²=0.9332, 说明感官评分的变化有 93.32%来源于玛咖粉添加量、苦荞茶添加量和果葡糖浆添加量。方差分析结果表明: 一次项和二次项都有显著性因素, 其中 *X*₁、*X*₂、*X*₃、*X*₁²、*X*₂²、*X*₃² 显著。可以利用回归方程确定最佳复合饮料配方, 3 个变量对感官评分的贡献大小: 果葡糖浆添加量>玛咖粉添加量>苦荞茶添加量。

根据回归模拟方程, 得到茶饮料最优配方为: 玛咖粉添加量 2.09%, 苦荞茶添加量 1.62%, 果葡糖浆添加量 5.67%, 感官评分预测值为 94.2。为了便于实际操作, 将最优配方修正为: 玛咖粉添加量 2.1%, 苦荞茶添加量 1.6%, 果葡糖浆添加量 5.7%, 在该条件下进行实验验证, 得到感官评分的平均值达 94.7±0.3, 因此该模型可以很好地反映最佳的复合饮料配方。

3.2 稳定剂添加量的确定

3.2.1 单因素实验结果

由图 3a 可知, 随着 CMC-Na 添加量增加, 感官评分呈现先升高后降低的趋势, 在添加量为 0.06%时达到最大值。透光率随着 CMC-Na 添加量增加迅速升高, 当添加量达到 0.06%后透光率随添加量增加基本维持不变, 因此选择 CMC-Na 较优添加量为 0.06%。由图 3b 可知, 感官评分随着果胶添加量的增加先显著升高后缓慢降低, 在果胶添加量为 0.06%时达到最大值, 而透光率在果胶添加量为 0.04%时达到最大值, 之后随着果胶添加量增加基本维持不变。因此选择果胶较优添加量为 0.06%。由图 3c 可知, 随着海藻酸钠添加量增加, 感官评分和透光率均呈现先显著升高后趋于稳定的趋势, 海藻酸钠添加量为 0.03%时感官评分达到最大值, 添加量为 0.02%时透光率达到最大值。因此选择海藻酸钠较优的添加量为 0.03%。



注: a 代表 CMC-Na 添加量; b 代表果胶添加量; c 代表海藻酸钠添加量。
图 3 不同稳定剂添加量对玛咖苦荞复合茶饮料感官评分和透光率的影响($n=3$)
Fig.3 Effects of different dosage of stabilizer on sensory score and light transmittance of maca and Tartary buckwheat compound tea beverage ($n=3$)

3.2.2 稳定剂配方的响应面优化实验结果

(1)Box-Behnken 设计与结果

根据单因素实验结果,以 Box-Behnken 中心组合设计原则,选取 CMC-Na 添加量(X_1)、果胶添加量(X_2)、海藻酸钠添加量(X_3)为自变量,以感官评分为响应值,设计三因素三水平响应面实验,实验方案及实验结果如表 4 所示。

表 4 Box-Behnken 实验方案及实验结果				
Table 4 Scheme and results of Box-Behnken test				
实验号	X_1	X_2	X_3	感官评分
1	0.08	0.06	0.04	92.6
2	0.06	0.06	0.03	94.1
3	0.04	0.08	0.03	89.3
4	0.04	0.04	0.03	89.2
5	0.06	0.08	0.04	90.9
6	0.08	0.08	0.03	94.2

续表 4				
实验号	X_1	X_2	X_3	感官评分
7	0.08	0.04	0.03	92.5
8	0.06	0.06	0.03	94.4
9	0.06	0.06	0.03	93.8
10	0.06	0.04	0.02	89.8
11	0.08	0.06	0.02	90.5
12	0.06	0.06	0.03	94.3
13	0.06	0.04	0.04	91.2
14	0.04	0.06	0.02	87.3
15	0.06	0.08	0.02	91.6
16	0.06	0.06	0.03	93.5
17	0.04	0.06	0.04	87.1

(2)回归方程与显著性分析

将表 4 的实验数据,利用 Design-Expert 8.0 软件进行二次多项式逐步回归拟合,得回归模型方程为:

$$Y=94.02+2.11X_1+0.41X_2+0.33X_3+0.40X_1X_2+0.57X_1X_3-0.52X_2X_3-2.11X_1^2-0.61X_2^2-2.53X_3^2$$

模型的可靠性可以从方差分析及相关系数来考察,结果见表 5。

由表 5 可知,模型 F 值为 93.35,所得稳定剂配方的回归方程极显著($P<0.01$);失拟项 F 值为 0.54($P>0.05$),该模型可以对稳定剂配方进行准确的预测和分析。 $r^2=0.9917$,说明感官评分的变化有 99.17%来源于 CMC-Na 添加量、果胶添加量和海藻酸钠添加量。方差分析结果表明:一次项和二次项都有显著性因素,其中 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_1X_2 、 X_1X_3 、 X_2X_3 、 X_1^2 、 X_2^2 、 X_3^2 均显著。可以利用回归方程确定最佳稳定剂配方,3 个变量对感官评分的贡献大小: CMC-Na 添加量>果胶添加量>海藻酸钠添加量。

根据回归模拟方程,得到稳定剂最优配方为: CMC-Na 添加量 0.07%,果胶添加量 0.06%,海藻酸钠添加量 0.03%,感官评分预测值为 94.6,在该条件下进行实验验证,得到感

官评分的平均值达 95.4 ± 0.6 ,测定透光率为 $90.5\%\pm0.6\%$,因此该模型可以很好地反映最佳的稳定剂配方。

4 结 论

本研究通过比较产品配方(玛咖粉、苦荞茶、果葡糖浆)和稳定剂添加(CMC-Na、果胶、海藻酸钠)对玛咖苦荞复合茶饮料品质的影响,并通过响应面优化实验对玛咖粉、苦荞茶及稳定剂添加量进行优化,得出最优产品配方为:玛咖粉添加量 2.1%,苦荞茶添加量 1.6%,果葡糖浆添加量 5.7%,在该条件下得到产品感官评分为 94.7 ± 0.3 ,3 个因素的作用大小依次为:果葡糖浆>玛咖粉>苦荞茶。最优稳定剂配方为: CMC-Na 添加量 0.07%,果胶添加量 0.06%,海藻酸钠添加量 0.03%,在该条件下产品感官评分为 95.4 ± 0.6 ,透光率为 $90.5\%\pm0.6\%$,3 个因素的作用大小依次为: CMC-Na>果胶>海藻酸钠。开发出的玛咖苦荞复合茶饮料风味独特,口感较好,且富含玛咖和苦荞的功能性成分,为下一步玛咖和苦荞产品的开发提供参考。

表 5 回归模型方差分析
Table 5 Variance analysis of regression model

来源	平方和	自由度	均方	F 值	$Pr>F$	显著性
模型	92.47	9	10.27	93.35	<0.0001	**
X_1	35.70	1	35.70	324.35	<0.0001	**
X_2	1.36	1	1.36	12.37	0.0098	**
X_3	0.84	1	0.84	7.68	0.0277	*
X_1X_2	0.64	1	0.64	5.81	0.0467	*
X_1X_3	1.32	1	1.32	12.01	0.0105	*
X_2X_3	1.10	1	1.10	10.02	0.0158	*
X_1^2	18.75	1	18.75	170.30	<0.0001	**
X_2^2	1.57	1	1.57	14.23	0.0070	**
X_3^2	27.06	1	27.06	245.82	<0.0001	**
残差	0.77	7	0.11			
失拟项	0.22	3	0.074	0.54	0.6793	不显著
误差项	0.55	4	0.14			
总和	93.24	16				

$r^2=0.9917$

注: *为显著($P<0.05$),**为极显著($P<0.01$)。

参考文献

[1] 冯丽莎,樊丹敏. 玛咖普洱茶复合饮料的研制[J]. 保鲜与加工, 2017, (1): 70-74.
Feng LS, Fan DM. Development of maca Pu'er tea compound beverage [J].

Store Proc, 2017, (1): 70-74.
[2] Emilio Y, Pedreschi R, Chirinos R, et al. Glucosinolate content and myrosinase activity evolution in three maca (*Lepidium meyenii* Walp.) ecotypes during preharvest, harvest and postharvest drying [J]. Food Chem, 2011, 127(4): 1576-1583.

- [3] 徐琳, 钟亮, 余伯阳. 玛卡的化学成分研究[J]. 海峡药学, 2019, 31(8): 79–83.
Xu L, Zhong L, Yu BY. Study on chemical constituents of maca (*Lepidium meyenii* Walp.) [J]. Strait Pharm J, 2019, 31(8): 79–83.
- [4] Tang W, Jin L, Xie L, *et al.* Structural characterization and antifatigue effect *in vivo* of Maca (*Lepidium meyenii* Walp.) polysaccharide [J]. J Food Sci, 2017, 82(1–3): 759–766.
- [5] 杨柳, 王智能, 应雄美, 等. 玛卡多糖的提取及功效研究进展[J]. 轻工科技, 2018, 34(10): 24–28.
Yang L, Wang ZN, Ying XM, *et al.* Research progress on extraction and efficacy of Maca polysaccharide [J]. Light Ind Sci Technol, 2018, 34(10): 24–28.
- [6] Li Y, Xu F, Zheng M, *et al.* Maca polysaccharides: A review of compositions, isolation, therapeutics and prospects [J]. Int J Biol Macromol, 2018, 111: 894–902.
- [7] 马怀义, 章志龙, 马雄, 等. 甘南高原栽培黑玛卡根叶提取物抗氧化能力和主要活性物质含量分析[J]. 畜牧兽医杂志, 2019, 38(2): 1–3.
Ma HY, Zhang ZL, Ma X, *et al.* Analysis on the antioxidant capacity and the content of bioactive substances of root and leaf extract from black-type Maca cultivated in the Gannan plateau [J]. J Anim Sci Vet Med, 2019, 38(2): 1–3.
- [8] 赵钢, 陕方. 中国苦荞[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
Zhao G, Shan F. Chinese Tartary buckwheat [M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [9] Zhou YH, Ma YL, Li LR, *et al.* Purification, characterization, and functional properties of a novel glycoprotein from Tartary buckwheat (*Fagopyrum tartaricum*) seed [J]. Food Chem, 2020, 309: 125671.
- [10] 李俊, 花鹏, 刘辉, 等. 贵州不同品种苦荞品质及其对荞麦面条加工的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(19): 55–60.
Li J, Hua P, Liu H, *et al.* Effect of different varieties of Tartary buckwheat with varied traits from guizhou on buckwheat noodles production [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(19): 55–60.
- [11] Lyu CJ, Hu S, Huang J, *et al.* Contribution of the activated catalase to oxidative stress resistance and gamma-aminobutyric acid production in *Lactobacillus brevis* [J]. Int J Food Microbiol, 2016, 238: 302–310.
- [12] Chen HY, Ling JG, Wu FH, *et al.* Effect of hypobaric storage on flesh lignification, active oxygen metabolism and related enzyme activities in bamboo shoots [J]. LWT-Food Sci Technol, 2013, 51(1): 190–195.
- [13] 樊丹敏. 玛咖保健饮料的研制[J]. 饮料工业, 2016, 19(3): 26–29.
Fan DM. Development of Maca health beverage [J]. Bever Ind, 2016, 19(3): 26–29.
- [14] 和建平, 杨正松, 李燕, 等. 云南玛咖产业现状及发展对策研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(27): 93–98.
He JP, Yang ZS, Li Y, *et al.* Situation and development strategy of maca industry in Yunnan [J]. Chin Agr Sci Bull, 2016, 32(27): 93–98.
- [15] 陈慧, 李建婷, 秦丹. 苦荞的保健功效及开发利用研究进展[J]. 农产品加工, 2016, (8): 63–66.
Chen H, Li JT, Qin D. Advances in processing healthcare effect and exploration of Tartary buckwheat [J]. Farm Prod Proc, 2016, (8): 63–66.
- [16] 李俊, 刘辉, 刘永翔, 等. 植物乳杆菌发酵苦荞芽苗茶饮料加工工艺研究[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(6): 73–81.
Li J, Liu H, Liu YX, *et al.* Study on process of tea beverage of Tartary buckwheat seedlings fermented by *Lactobacillus plantarum* [J]. J Food Sci Technol, 2018, 36(6): 73–81.
- [17] Hosu A, Cimpoi C. Thin-layer chromatography applied in quality assessment of beverages derived from fruits [J]. J Liq Chromatogr Relat Technol, 2017, 40(5–6): 239–246.
- [18] 刘佳奇, 熊涛, 李军波, 等. 乳酸菌发酵茶饮料的工艺优化及其发酵前后香气成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(8): 109–114.
Liu JQ, Xiong T, Li JB, *et al.* Process of fermented tea beverage with lactic acid bacteria and analysis of its aroma components before and after fermentation [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(8): 109–114.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



卢 扬, 副研究员, 主要研究方向为作物育种、栽培及加工利用。
E-mail: 499528997@qq.com