玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的制备工艺

杨晶晶，阚欢，刘云
（西南林业大学 生命科学学院，昆明 650224）

摘要：目的 通过正交试验确定玫瑰花、玫瑰茄多酚提取的最优方案；通过响应曲面优化试验确定制备玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的最佳工艺条件。**方法** 以产自云南的玫瑰花和玫瑰茄为原材料，研究浸提温度、浸提时间、料液比对玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率的影响；以玫瑰花、玫瑰茄的浸提液为原汁，以综合感官评分为考察指标，在单因素试验的基础上采用响应面法对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的配方进行优化。**结果** 在浸提温度为 90 ℃、浸提时间为 50 min、料液比（g/mL）为 1∶70 条件下，玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率最高为（1.87±0.01）%；在添加浸提液的质量分数为 40.50%、白砂糖的质量分数为 14.10%、柠檬酸的质量分数为 0.20%、蜂蜜的质量分数为 2.10%的条件下，玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的综合感官评分最高达到 93.26±0.04。**结论** 响应面法分析可以很好地对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料制备工艺条件进行优化，制备的玫瑰花、玫瑰茄复合饮料呈红色、质地均匀、清澈透亮、酸甜适宜。

关键词：玫瑰花；玫瑰茄；多酚；复合饮料；响应面分析
中图分类号：TS275 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2020)05-0039-10
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.05.006

Preparation Technology of Rose and Roselle Compound Beverage

YANG Jing-jing, *KAN Huan*, *LIU Yun*
(School of Life Science, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

ABSTRACT: The work aims to determine the optimal extraction of rose and roselle polyphenols by the orthogonal experiment, and the optimal technologicalconditions of preparing rose and rosellecompound beverage through response surface methodology (RSM). Rose and roselle growing in Yunnan were used as rawmaterials to study the effects of extraction temperature, extraction time and material-liquid ratio on the extraction of polyphenols. Based on the single factor experiments, rose and roselle extracts were used as the undiluted liquid and sensory quality was used as the evaluation index to optimize the formula of rose and roselle compound beverage by the response surface method. The optimal extraction conditions were determined as follows: extraction temperature was 90 ℃, extraction time was 50 min, material-liquid ratio was 1∶70 g/mL. Under these conditions, the extraction rate of polyphenols could reach (1.87±0.01)%. Sensory evaluationscore of rose and roselle compound beverage reached 93.26±0.04 at the extract mass fraction of 40.50%, sugar of 14.10%, citric acid of 0.20% and honey of 2.10%. RSM can effectivelyoptimize the preparation conditions of rose and roselle compound beverage and the red, clarified, good taste, floral and high quality rose and roselle compound beverage can beproduced.

KEY WORDS: rose; roselle; polyphenols; compound beverage; response surface methodology

收稿日期：2019-08-28
基金项目：云南省卓越工程师教育培训计划（514006110）
作者简介：杨晶晶（1995—），女，西南林业大学硕士生，主攻食品加工与安全。
通信作者：刘云（1982—），男，硕士，西南林业大学高级实验师，主要研究方向为农林食品加工。

玫瑰花（*Rosa rugosa*Thunb）是蔷薇科（Rosaceae）蔷薇属（*Rosa*）落叶灌木的花，色泽艳丽，芳香怡人，属于食药两用的花卉，具有很高的营养价值和保健功能[1—3]，在我国的南北各地都有栽培，主要用于食品加工和提炼玫瑰精油[4—6]。杨秦等[7]研究得出可食用玫瑰品种主要有墨红玫瑰、保加利亚玫瑰、山东平阴玫瑰、苦水玫瑰和云南滇红等品种。玫瑰花富含丰富的蛋白质、维生素、不饱和脂肪酸、花青素、多糖及黄酮等多种活性物质[8—11]，具有非常高的食用价值，可用于制作形式多样的食品，如玫瑰茶点、玫瑰花酱、玫瑰花茶等。玫瑰茄（*Hibiscus sabdariffa* Linn）又名洛神花，是锦葵科木槿属草本植物，新鲜玫瑰茄花萼颜色为亮红色，含有丰富的有机酸、花青素、多酚类等活性物质，具有降低血脂和预防心血管疾病等保健功效[12—14]。玫瑰茄花萼还含有丰富的色素、蛋白质、维生素等营养物质[15—17]。羟基柠檬酸（hydroxycitric acid，HCA）是存在于玫瑰茄中的一种具有天然减肥功能的特有有机酸[18]，夏季饮用玫瑰茄花茶不仅可以清热解暑，且有减肥作用。

基于玫瑰花和玫瑰茄营养丰富，且具有保健功能的特点，在食品领域有较好的开发利用前景。云南地区玫瑰花、玫瑰茄资源丰富，产品的加工利用品种较为单一，市场上大多为粗加工产品或直接干制品，资源没有得到充分开发利用。目前，国内外对玫瑰花和玫瑰茄的研究主要集中在玫瑰精油的提取和玫瑰茄色素的提取上，对玫瑰花和玫瑰茄的活性成分的研究较少。玫瑰茄口感较酸，直接食用被消费者接受程度较低。文中研究以云南产地的玫瑰花干花蕾和玫瑰茄干花萼为原材料，采用单因素和正交试验探索玫瑰花、玫瑰茄多酚的提取工艺，并以玫瑰花、玫瑰茄的浸提液为原汁，结合综合感官评定的方法，采用单因素和响应面法[19]进行优化试验，探索研究玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的制备工艺。初步研究了多酚的提取工艺，并对玫瑰花、玫瑰茄混合浸提液进行调配，研制出一种既有营养价值，又具有独特风味和口感的复合饮料，有利于促进玫瑰花和玫瑰茄资源的开发和利用。

1 实验

1.1 材料

主要材料：玫瑰花干花蕾，购自云南省安宁市；玫瑰茄干花萼，购自云南省楚雄市。将玫瑰花粉末和玫瑰茄粉末按照质量比 1∶1 的比例混合搅拌均匀，制得粉末备用。

主要试剂：Folin-Ciocalteu 试剂，上海源叶生物科技有限公司；无水碳酸钠，天津市风船化学试剂科技有限公司；没食子酸标准品，中国药品生物制品检验所；蜂蜜、柠檬酸、白砂糖、乙基麦芽酚、黄原胶、羧甲基纤维素，市售，均为食品级；纯净水，由生命科学学院食品实验室的纯净水机器自制。

1.2 仪器与设备

主要仪器和设备：FJS-4 磁力搅拌水浴锅，富威实验仪器有限公司；AX224ZH 电子天平，奥豪斯仪器（常州）有限公司；小型实验室粉碎机，北京兴时利和科技发展有限公司；101-2AB 型电热恒温鼓风干燥箱，天津市泰斯特仪器有限公司；UV-2600 紫外分光光度计，日本岛津公司；RO-DITM 实验室净水机，Spring 研究科学仪器有限公司；PAL-1 手持糖度计，广州市爱宕（ATAGO）科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

工艺流程：玫瑰花干花蕾、玫瑰茄干花萼→挑选→粉碎→过筛→混料→浸提→过滤→浸提液→调配→装瓶→杀菌→冷却→检验→成品。

1.3.2 玫瑰花、玫瑰茄多酚的浸提

1.3.2.1 没食子酸标准曲线的绘制

采用 Folin-Ciocalteu 比色法[13, 20]测定，取没食子酸标准品 0.0105 g，加水溶解配制成质量浓度为 100 μg/mL 的没食子酸标准溶液。分别移取 50，100，150，200，250，300，350，400 μL 置于 25 mL 容量瓶中，加入 1 mL 质量分数为 10%的 Folin-Ciocalteu 试剂，静置 5 min 后加入质量分数为 7.5%的碳酸钠溶液 2.5 mL，加水至 25 mL，加盖摇匀，避光放置 1 h，在 765 nm 波长下测定吸光值。以没食子酸浓度为横坐标（x）、吸光度值为纵坐标（y），绘制标准曲线：y=0.0376x+0.0008（R^2=0.9997）。

1.3.2.2 浸提条件单因素试验

称取 2 g 玫瑰花、玫瑰茄混合粉末，选择浸提温度、浸提时间、料液比为影响因素。固定磁力搅拌水浴锅转速为 200 r/min。以质量分数计，固定乙基麦芽酚的添加量为 0.4%，黄原胶的添加量为 0.1%，羧甲基纤维素钠的添加量为 0.1%，恒定不变，研究浸提温度对多酚提取率的影响：浸提温度分别为 40，50，60，70，80，90 ℃，料液比（g/mL）为 1∶60，浸提时间为 50 min；研究浸提时间对多酚提取率的影响：浸提温度为 90 ℃，浸提时间分别为 20，30，40，50，60，70 min，料液比为（g/mL）1∶60；研究料液比对多酚提取率的影响：在上述单因素最佳试验基础上，选择料液比（g/mL）分别为 1∶30，1∶40，1∶50，1∶60，1∶70，1∶80。浸提完成后，冷却至室温，在 4000 r/min 下离心 10 min。移取浸上清液 1 mL，按照 1.3.2.1 节测定吸光值。根据式（1）计算样品中多酚的含量：

$$\text{多酚提取率}=\frac{C\times V\times N}{m\times 1000}\times 100\%$$

式中：C 为样液中多酚的质量浓度（mg/mL）；V 为样液的体积（mL）；m 为玫瑰花、玫瑰茄粉末的质量（g）；N 为稀释倍数。

1.3.2.3　正交试验

在单因素试验的基础上，采用四因素三水平 L_9（3^4）正交试验对玫瑰花、玫瑰茄多酚提取进行优化试验，见表 1。

表 1　正交试验因素水平

Tab.1 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素		
	浸提温度 A/℃	浸提时间 B/min	料液比 C/(g·mL^{-1})
1	70	40	1∶50
2	80	50	1∶60
3	90	60	1∶70

1.3.3　玫瑰花、玫瑰茄复合饮料优化试验

1.3.3.1　单因素试验

在 1.3.2 节基础上，将玫瑰花、玫瑰茄最佳条件下得到的浸提液为原汁，以纯水为基质。根据感官评分表进行综合评分，研究浸提液添加量对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料综合感官评分的影响：以质量分数计，浸提液的添加量分别为 36%，38%，40%，42%，44%，46%，白砂糖的添加量为 9%，柠檬酸的添加量为 0.10%，蜂蜜的添加量为 1.50%；研究白砂糖添加量对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料综合感官评分的影响：选择最佳浸提液的添加量 40%，白砂糖的添加量分别为 12%，13%，14%，15%，16%，17%，柠檬酸的添加量为 0.10%，蜂蜜的添加量为 1.50%；研究柠檬酸添加量对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料综合感官评分的影响：浸提液的添加量为 40%，白砂糖的添加量为 14%，柠檬酸的添加量分别为 0.14%，0.16%，0.18%，0.20%，0.22%，0.24%，蜂蜜的添加量为 1.50%；研究蜂蜜添加量对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料综合感官评分的影响：在以上单因素的基础上，选择蜂蜜的添加量分别为 1.0%，1.5%，2.0%，2.50%，3.0%，3.5%。

1.3.3.2　响应面优化试验

响应面实验因素水平见表 2。

1.3.3　感官评定

根据香气、组织状态、色泽和滋味等 4 个评定指标对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料进行系统评分，以 25 分为界定数值将每个因素分为 4 个等级，总分为 100 分，见表 3。

1.3.4　玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的理化及微生物指标测定

1）总酸的测定。参照 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》[21]。

2）还原糖的测定。参照 GB/T 5009.7—2016《食品中还原糖的测定》[22]。

3）可溶性固形物的测定。可溶性固形物的测定采用手持糖度计。

4）微生物指标的测定。大肠菌群和菌落总数分别参照 GB/T 4789.3—2016《食品微生物学检测大肠菌群计数》[23]和 GB/T 4789.2—2016《食品微生物学检测菌落总数测定》[24]。

1.4　数据处理

所有试验均进行 3 次重复试验，结果采用平均值±标准差表示。采用 OriginPro 2017 对实验数据进行处理和绘图。

表 2　响应面试验因素水平

Tab.2 Factors and levels for response surface methodology analysis

水平	因素（以质量分数计）			
	浸提液添加量 A/%	白砂糖添加量 B/%	柠檬酸添加量 C/%	蜂蜜添加量 D/%
–1	38	13	0.18	1.50
0	40	14	0.20	2.00
1	42	15	0.22	2.50

表 3　感官评定标准

Tab.3 Standards of sensory evaluation

分值	色泽	滋味	气味	组织形态
20~25	玫瑰红色，清澈透亮	酸甜适宜，口感较好	花香味浓郁	均匀一致，无沉淀
15~20	浅红色	口感略感粗糙	花香味较淡	有小颗粒存在、不均匀
10~15	颜色较淡、微红色	口感较粗糙，有苦涩味	香气较淡、有蒸煮味	较混浊，有轻微沉淀
0~10	呈现其他颜色	苦涩味凸出，过酸或过甜	无香气或有其他异味	有悬浮物、明显沉淀

2 结果与分析

2.1 玫瑰花、玫瑰茄多酚浸提优化试验

2.1.1 单因素试验

2.1.1.1 浸提温度对玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率的影响

由图 1 可知，玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率随着浸提温度的增加呈现先增加后减小的趋势。当浸提温度从 40 ℃增加到 80 ℃时，玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率随温度的增加而增加，并在 80 ℃时，多酚提取率达到最大值，为(1.67±0.06)%；当温度继续增加至 90 ℃时，多酚提取率随温度的升高而降低，可能是因为温度的增高导致多酚物质的氧化。在浸提过程中，浸提的温度不宜过高，温度过高会破坏浸提液的活性成分，且会产生不良气味。

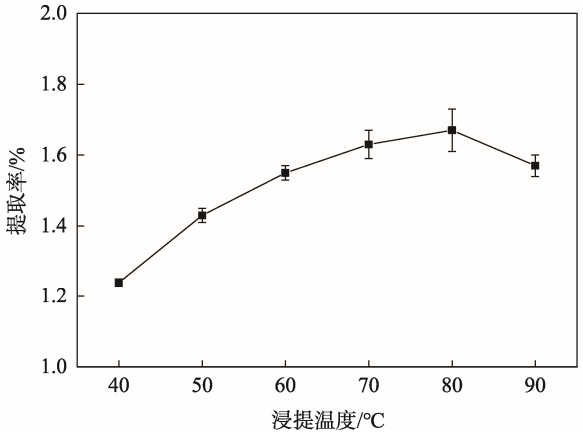


图 1 浸提温度对多酚提取率的影响

Fig.1 Effects of extraction temperature on extraction rate of polyphenols

2.1.1.2 浸提时间对玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率的影响

由图 2 可知，浸提时间对玫瑰花、玫瑰茄多酚的提取率有双重影响。对原料进行粉碎，可以在一定程度上加快浸提速率，从而缩短浸提时间。浸提时间从 20 min 延长至 50 min 时，玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率随着时间的增加而增加，(1.50±0.04)%增加至(1.76±0.05)%，可能是因为随着时间的增加，酚类物质在溶剂中逐渐扩散；玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率在浸提时间为 50 min 时达到最高；浸提时间在 50～80 min 时，多酚提取率随时间的延长而降低。由于多酚物质不稳定，在光、热等外界条件的影响下极易发生氧化，因此随着时间的延长加速了多酚的氧化速率，并且在这段时间多酚的扩散速率大于其氧化速率，造成了多酚提取率的降低。

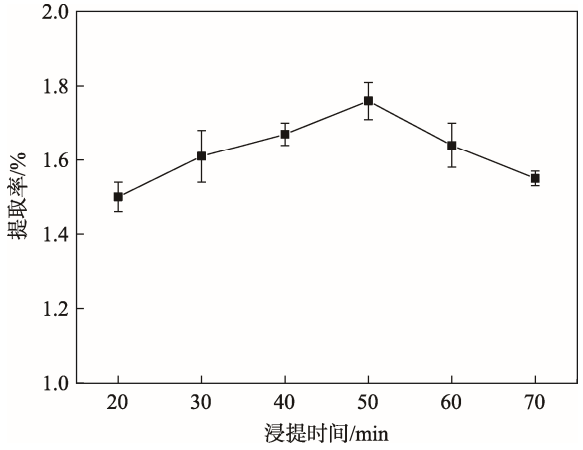


图 2 浸提时间对多酚提取率的影响

Fig.2 Effects of extraction time on extraction rate of polyphenols

2.1.1.3 料液比对玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率的影响

由图 3 可知，玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率随料液比的增大而增大，达到一定值后趋于平稳的趋势。当料液比（g/mL）从 1∶30 增加到 1∶60 时，玫瑰花、玫瑰茄混合物多酚提取率随料液比的增大而增大；当料液比（g/mL）从 1∶60 到 1∶80 时，多酚提取率增加的幅度变小，多酚提取率数值基本上相等。玫瑰花、玫瑰茄含有的一定量的多酚，料液比的增加有利于玫瑰花、玫瑰茄粉末与溶剂充分接触，增加多酚物质的溶出率，但当料液比达到一定值时，多酚的提取率达到临界值，此时再增加料液比，多酚的提取率也不会有变化，可能是因为玫瑰花、玫瑰茄中色素、多糖等水溶性物质的溶出，从而抑制了多酚类物质的溶出[25]。

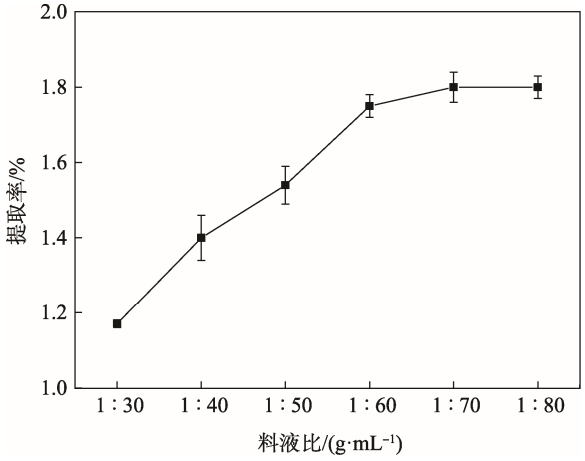


图 3 料液比对多酚提取率的影响

Fig.3 Effects of material-liquid ratio on extraction rate of polyphenols

2.1.2 正交试验

由表 4 可知，浸提温度、浸提时间、料液比对玫瑰花、玫瑰茄多酚提取率影响的主次顺序为：料液比（*C*）>浸提温度（*A*）>浸提时间（*B*）。直接观察得到的最佳工艺条件为 $A_3B_2C_3$，即浸提温度为 90 ℃、浸提时间为 50 min、料液比（g/mL）为 1∶70。

为验证试验的准确性，在浸提温度为 90 ℃、浸提时间为 50 min、料液比（g/mL）为 1∶70 条件下进行

表 4　正交试验组合及结果

Tab.4 Combination and results of orthogonal experiment

水平	因素			提取率/%
	浸提温度 A/℃	浸提时间 B/min	料液比 C/(g·mL^{-1})	
1	1	1	1	1.45±0.01
2	1	2	2	1.59±0.03
3	1	3	3	1.62±0.01
4	2	1	2	1.65±0.02
5	2	2	3	1.71±0.02
6	2	3	1	1.55±0.01
7	3	1	3	1.83±0.03
8	3	2	1	1.67±0.01
9	3	3	2	1.63±0.01
k_1	1.55	1.64	1.56	
k_2	1.64	1.66	1.62	
k_3	1.71	1.60	1.72	
K_1	4.66	4.93	4.67	
K_2	4.91	4.97	4.87	
K_3	5.13	4.80	5.16	
极差 R	0.47	0.17	0.49	

验证试验，得到多酚提取率为(1.87±0.01)%。说明正交试验得到的玫瑰花、玫瑰茄浸提液制备最佳工艺条件准确可靠。

2.2　玫瑰花、玫瑰茄复合饮料优化试验

2.2.1　单因素试验

2.2.1.1　浸提液添加量对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料配方的影响

由图 4 可知，复合饮料的综合感官评分随着浸提液添加量的增加呈现先增大后减小的趋势。当浸提液的质量分数为 40%时，感官评分达到最大值。浸提液的添加量过少，复合饮料的香味不够浓郁，玫瑰花和玫瑰茄特有滋味不够突出。当浸提液的质量分数在 40%～46%之间时，感官评分随着浸提液添加量的增加而降低，浸提液添加量过多时，嗅觉感官上饮料中的花香味过重，味觉上苦涩味突出，饮料口感较差。

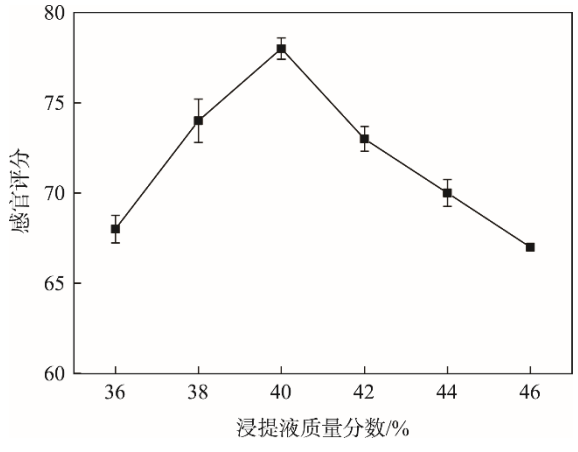


图 4　浸提液添加量对感官评分的影响

Fig.4 Effects of the adding dose of extract liquid on sensory score

2.2.1.2　白砂糖添加量对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料配方的影响

由图 5 可知，白砂糖的质量分数为 12%～14%时，感官评分随着白砂糖添加量的增加而增加；白砂糖的质量分数 14%时，感官评分达到最高；白砂糖添加量较少时，饮料的甜味较淡，酸味较重。白砂糖的质量分数在 14%～17%范围内时，感官评分随着白砂糖添加量的增加而降低，当白砂糖添加量较大时，饮料中的甜味过重，会有甜腻感，甜味覆盖了玫瑰花和玫瑰茄本身的滋味，口感下降。

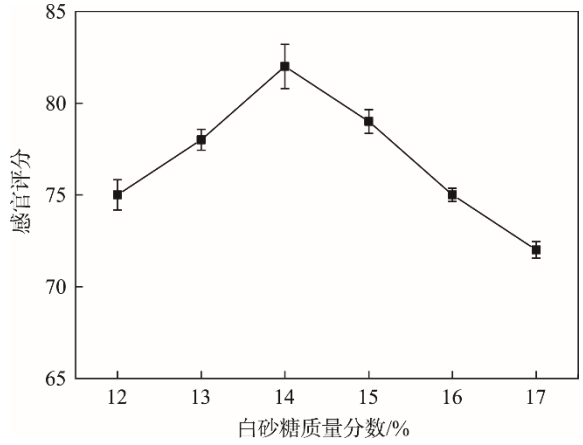


图 5　白砂糖添加量对感官评分的影响

Fig.5 Effects of the adding dose of sugar on sensory score

2.2.1.3　柠檬酸添加量对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料配方的影响

由图 6 可知，柠檬酸质量分数为 0.14%～0.20%时，感官评分随着柠檬酸添加量的增加而增加；柠檬酸的质量分数为 0.20%时感官评分达到最大值；柠檬酸的质量分数超过 0.20%时，感官评分随着柠檬酸添加量的增加而降低。柠檬酸可以中和饮料里的一部分糖，在质量分数为 0.20%时形成良好的糖酸比，口感较好；柠檬酸添加量过大时，饮料酸味过重，形成较差的口感。

2.2.1.4　蜂蜜添加量对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料配方的影响

由图 7 可知，感官评分随着蜂蜜的添加量的增加呈现先上升后降低的趋势。蜂蜜的质量分数为 1%～2%时，感官评分随着蜂蜜质量分数的增加而增大；在蜂蜜质量分数为 2.00%时感官评分达到最高，蜂蜜添加量在质量分数超过 2%时，感官评分随着蜂蜜添加量的增加而降低。蜂蜜添加量过多，则饮料中的甜味过重，显得甜腻，且成本增加。

2.2.2　响应面法优化玫瑰花、玫瑰茄复合饮料试验

2.2.2.1　响应面试验设计及结果

在单因素试验的基础上，根据响应面法中心旋转组合试验设计原理[26]对工艺进行优化，考虑到各个因素之间的交互作用，以质量分数计，选取浸提液添加量（*A*）、白砂糖添加量（*B*）、柠檬酸添加量（*C*）、蜂蜜添加量（*D*）为响应面变量，以玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的综合感官评分作为响应面值的考察指标，设计响应面优化试验，通过对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的工艺配方进行优化，确定最佳工艺配方。根据表 2 选取的因素水平，采用 Design-Expert8.0.6 设计试验方案，进行试验，见表 5。

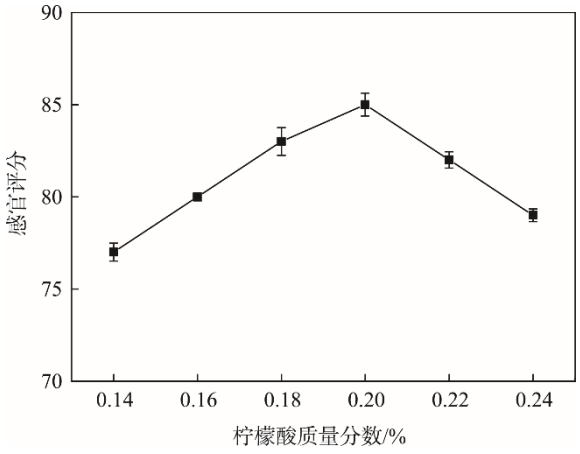


图 6　柠檬酸添加量对感官评分的影响

Fig.6 Effects of the adding dose of citric acid on sensory score

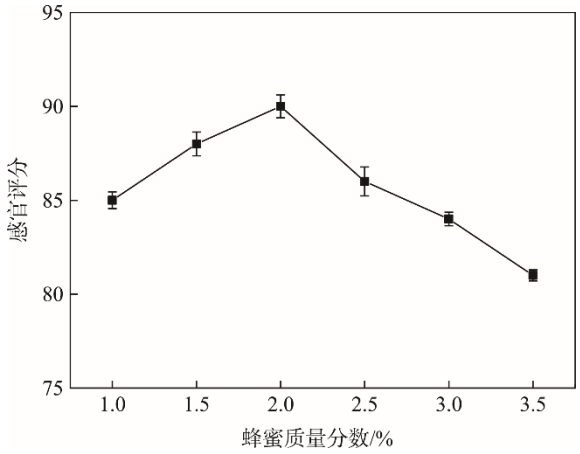


图 7　蜂蜜添加量对感官评分的影响

Fig.7 Effects of the adding dose of honey on sensory score

表 5　响应面分析试验方案和结果

Tab.5 Experiment design and results byresponse surface methodology

序号	浸提液质量分数 *A*/%	白砂糖质量分数 *B*/%	柠檬酸质量分数 *C*/%	蜂蜜质量分数 *D*/%	感官评分 *Y*
1	38	15	0.22	1.50	81.50±0.44
2	38	13	0.22	2.50	80.75±0.32
3	40	14	0.20	2.00	89.00±0.34
4	42	13	0.22	2.50	85.15±0.53
5	36	14	0.20	2.00	80.35±0.47
6	38	15	0.18	1.50	80.15±0.66
7	40	14	0.20	1.00	84.67±0.62
8	40	14	0.20	2.00	91.33±0.26
9	44	14	0.20	2.00	84.25±0.85
10	38	15	0.22	2.50	82.80±0.74
11	40	14	0.20	2.00	91.00±0.25
12	38	13	0.22	1.50	81.32±0.33
13	42	13	0.22	1.50	84.26±0.42
14	40	14	0.20	2.00	92.36±0.27
15	42	13	0.18	2.50	83.33±0.46
16	42	15	0.18	1.50	81.57±0.29
17	40	14	0.20	2.00	90.30±0.37
18	40	14	0.24	2.00	83.50±0.34
19	42	15	0.22	2.50	83.65±0.22
20	40	12	0.20	2.00	83.60±0.28
21	40	16	0.20	2.00	83.20±0.31
22	42	15	0.18	2.50	84.50±0.41
23	38	15	0.18	2.50	83.45±0.50
24	40	14	0.20	3.00	85.87±0.38
25	38	13	0.18	1.50	80.15±0.53
26	40	14	0.20	2.00	90.20±0.16
27	40	14	0.16	2.00	79.43±0.45
28	42	13	0.18	1.50	79.32±0.40
29	42	15	0.22	1.50	84.67±0.34
30	38	13	0.18	2.50	81.20±0.23

2.2.2.2　模拟回归模型的建立及显著性检验

对数据进行二次多元回归拟合，得到玫瑰花、玫瑰茄复合饮料感官评分的预测值（Y）与自变量浸提液添加量（A）、白砂糖添加量（B）、柠檬酸添加量（C）、蜂蜜添加量（D）的二次多项回归方程分别为：

$$Y=90.70+0.96A+0.25B+0.77C+0.60D-0.13AB+0.47AC+0.11AD-0.28BC+0.071BD-0.67CD-2.22A^2-1.95B^2-2.43C^2-1.48D^2$$

由表 6 方差分析结果可以看出，试验模型是显著的（$P<0.0001$），失拟项不显著，说明该方程的拟合度较好，可以反应综合感官评分和因素之间的关系，试验预测数据具有良好的可靠性，可以用该模型对玫瑰花、玫瑰茄复合饮料配方进行预测和分析。概率值 $P<0.05$ 即为显著项，由此可以看出 A，C，D，CD，A^2，B^2，C^2，D^2 为显著项；交互作用 CD 显著，其余都不显著；F 数值越大，影响的效果越显著，4 个因素对综合感官评分的影响强弱顺序为：A（浸提液添加量）>C（柠檬酸添加量）>D（蜂蜜添加量）>B（白砂糖添加量）。

2.2.2.3　响应面分析

从图 8 可以看出，各个试验影响因素构成的都是呈开口向下，中心部分向上凸起的响应曲面图，曲面中存在最高点，且在试验设计的范围以内[27]。从图 8 中可以看出，浸提液添加量、白砂糖添加量、柠檬酸添加量、蜂蜜添加量各影响因素之间的交互作用，响应曲面的陡峭程度表示各个因素的影响程度，曲面越陡峭影响越大，反之亦然。等高线图表示各个因素之间的交互作用，形成椭圆形则表示交互作用强，圆形则表示交互作用弱[28—29]。

试验得出玫瑰花、玫瑰茄复合饮料最佳的配方条件：以质量分数计，浸提液添加量为 40.47%，白砂糖添加量为 14.05%，柠檬酸添加量为 0.20%，蜂蜜添加量为 2.09%。在此条件下，综合感官评分预测值为 93.45。根据试验可操作性，将配方微调：浸提液添加量为 40.50%，白砂糖添加量为 14.10%，柠檬酸添加量为 0.20%，蜂蜜添加量为 2.10%，进一步进行验证试验。试验得出，综合感官评分为 93.26±0.04，与预测值（93.45）相比，相对误差为 0.20%。由此可见，响应面法优化得到的玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的最佳工艺条件准确可靠。

2.3　玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的质量评价

2.3.1　感官质量评价

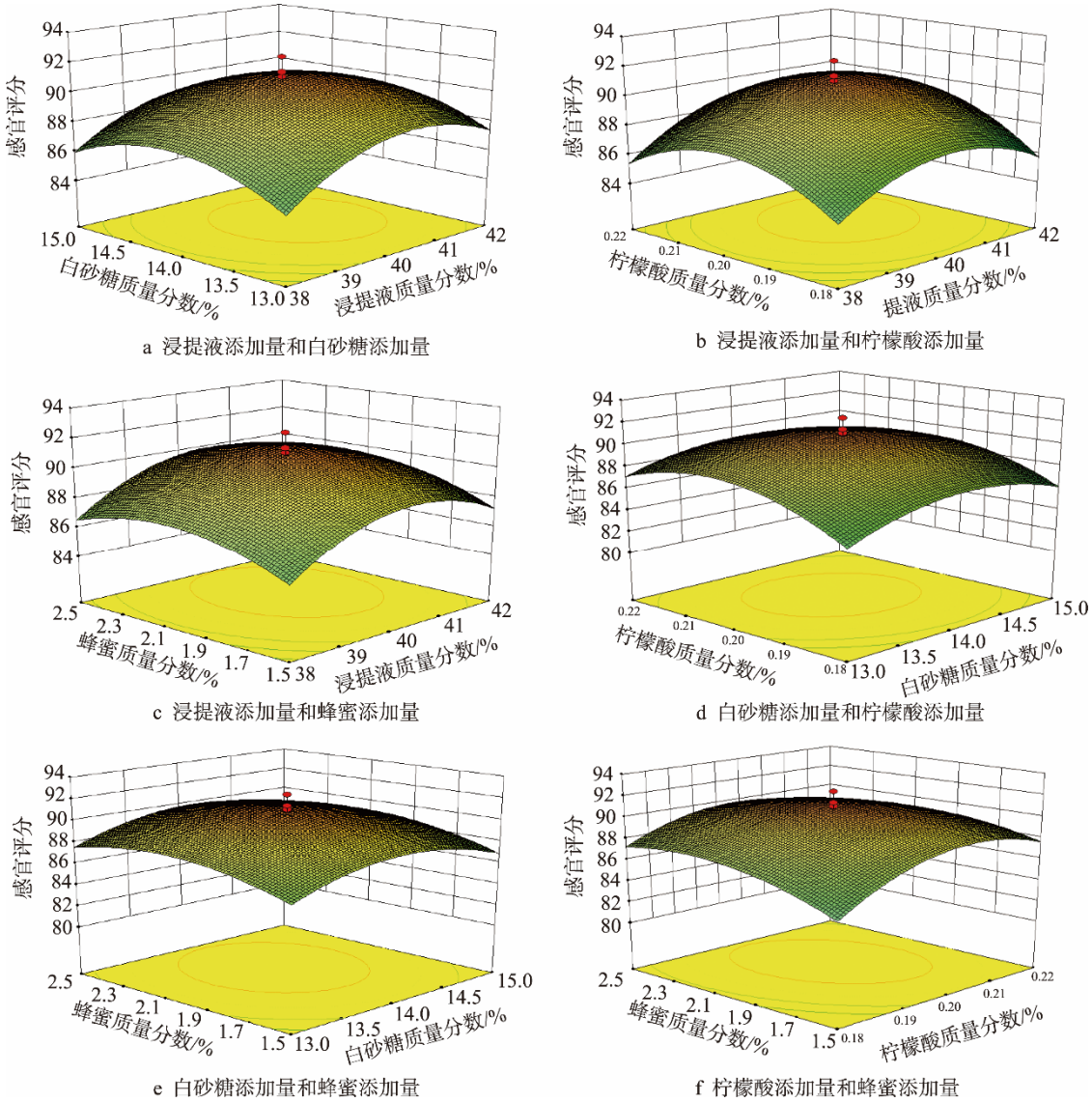
色泽：玫瑰红色，均匀一致，透亮；滋味和气味：滋味、气味纯正，无异味，具有玫瑰花和玫瑰茄花萼的独特香气，口感清凉醇香。组织状态：无悬浮物和杂质，无沉淀，清晰透明。复合饮料色泽为红色，清澈透亮，酸甜适宜，口感风味独特。

表 6　回归模型方差分析及显著性检查

Tab.6 Variance analysis for sensory scores of regression equation

来源	总和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	389.12	14.00	27.79	23.12	<0.0001	**
A	21.91	1.00	21.91	18.22	0.0007	**
B	1.51	1.00	1.51	1.25	0.2808	
C	14.37	1.00	14.37	11.95	0.0035	**
D	8.51	1.00	8.51	7.08	0.0178	*
AB	0.29	1.00	0.29	0.24	0.6311	
AC	3.60	1.00	3.60	2.99	0.1040	
AD	0.19	1.00	0.19	0.16	0.6988	
BC	1.28	1.00	1.28	1.07	0.3180	
BD	0.080	1.00	0.080	0.066	0.8002	
CD	8.04	1.00	8.04	8.03	0.0126	*
A^2	135.70	1.00	135.70	112.87	<0.0001	**
B^2	104.22	1.00	104.22	86.69	<0.0001	**
C^2	162.37	1.00	162.37	135.05	<0.0001	**
D^2	60.22	1.00	60.22	50.09	<0.0001	**
残差	18.03	15.00	1.20			
失拟项	11.49	10.00	1.15	0.88	0.5989	不显著
纯误差	6.54	5.00	1.31			
总误差	407.15	29.00				

注：*表示差异显著（$P<0.05$），**表示差异非常显著（$P<0.01$）



a 浸提液添加量和白砂糖添加量　b 浸提液添加量和柠檬酸添加量

c 浸提液添加量和蜂蜜添加量　d 白砂糖添加量和柠檬酸添加量

e 白砂糖添加量和蜂蜜添加量　f 柠檬酸添加量和蜂蜜添加量

图 8　各因素交互作用的响应面

Fig.8 Response surface plot for the interactive effects of the four factors

2.3.2　玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的理化及微生物指标测定

1）玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的总酸含量。经测定，玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的总酸含量为 2.56 g/kg。

2）还原糖的测定。经测定，玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的还原糖含量为 3.44 g/kg。

3）可溶性固形物的测定。经测定，玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的可溶性固形物质量分数为 11.4%。

4）微生物指标的测定。经测定，细菌总数≤100 CFU/mL；大肠菌群≤3 CFU/mL；致病菌未检出。

3　结语

玫瑰花、玫瑰茄最佳浸提工艺为浸提温度 90 ℃、浸提时间 50 min、料液比（g/mL）1∶70，在此条件下玫瑰花、玫瑰茄多酚的提取率最高，为(1.87±0.01)%，得到的玫瑰花、玫瑰茄混合浸提液品质最佳。通过响应面法优化得到玫瑰花、玫瑰茄复合饮料的最佳配方：浸提液的质量分数为 40.50%，白砂糖的质量分数为 14.10%，柠檬酸的质量分数为 0.20%，蜂蜜的质量分数为 2.10%。在此条件下，制备的复合饮料综合感官评分为 93.26±0.04，总酸含量为 2.56 g/kg，还原糖含量为 3.44 g/kg，可溶性固形物质量分数为 11.4%；完美地保留了玫瑰花和玫瑰茄的清香风味，色泽呈红色，清澈透亮，质地均匀，酸甜适宜，满足人们对天然、健康食品的追求，且有很高的营养价值，适宜各种不同年龄层次的人群饮用，具有广阔的市场发展前景。

参考文献：

[1] 张佳婵, 谢娅霏, 虞旦, 等. 玫瑰花及花渣中黄酮类物质的提取及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技. 2014, 35(22): 226—230.
ZHANG Jia-chan, XIE Ya-fei, YU Dan, et al. Technological Conditions and Antioxidant Activities of the Flavonoid Extracted from Rose and Rose Residue[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(22): 226—230.

[2] 杨虎, 张生堂, 高国强. 玫瑰黄酮的提取及其清除 DPPH 自由基活性研究[J]. 食品科学, 2012, 33(24): 152—155.
YANG Hu, ZHANG Sheng-tang, GAO Guo-qiang. Extraction and Radical Scavenging Activity of Flavonoids from Rose Flower Buds[J]. Food Science, 2012, 33(24): 152—155.

[3] 俞秀红. 玫瑰花的保健功能及其应用研究进展[J]. 福建农业科技, 2016, 47(4): 46—48.
YU Xiu-hong. Research Progress in Health-caring Function and Its Application of Rose[J]. Journal of Fujian Agricultural Science and Technology, 2016, 47(4): 46—48.

[4] 李斌, 宣景宏, 孟宪军. 玫瑰的价值及玫瑰花精油的开发前景[J]. 北方园艺, 2005(4): 58—59.
LI Bin, XUAN Jing-hong, MENG Xian-jun. The Value of Rose and the Development Prospect of Rose Essential Oil[J]. Northern Horticulture, 2005(4): 58—59.

[5] 王慧英, 王金亭. 玫瑰精油的研究与应用现状[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(10): 5—9.
WANG Hui-ying, WANG Jin-ting. Research and Application Status of Rose Ethereal Oil[J]. Cereals and Oils, 2015, 28(10): 5—9.

[6] OLECH M, NOWAK R, LOS R, et al. Biological Activityand Composition of Teas and Tinctures Prepared from Rosa Rugosa Thunb[J]. Central European Journal of Biology, 2012, 7(1): 172—182.

[7] 杨秦, 李杭橙, 肖洪, 等. 云南滇红玫瑰与墨红玫瑰香气成分比较与分析[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 153—157.
YANG Qin, LI Hang-cheng, XIAO Hong, et al. The Analysis and Comparison of Aroma Components between Dian Hong Roses and Mo Hong Roses[J]. Food Researchand Development, 2017,38(8): 153—157.

[8] CHO E J, YOKOZAWA T, KIM H Y, et al. Rosa Rugosa Attenuates Diabetic Oxidative Stress in Rats with Streptozotocin Induced Diabetes[J]. American Journal of Chinese Medicine, 2012, 32(4): 487—496.

[9] 郭焰, 豆一玲, 白羽嘉, 等. 不同提取条件对玫瑰花中总黄酮品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(3): 95—99.
GUO Yan, DOU Yi-ling, BAI Yu-jia, et al. Influence of Different Extracting Methods on Flavonoids in Roses[J]. Food Research and Development, 2016, 37(3): 95—99.

[10] 孟岳成, 石双妮, 陈杰. 玫瑰花最佳浸提工艺优化及其茶饮料的研制[J]. 食品科技, 2012(8): 92—96.
MENG Yue-cheng, SHI Shuang-ni, CHEN Jie. The Optimum Extraction Technology of Rosa Rugosa and Preparation of Tea Drink[J]. Food Science and Technology, 2012(8): 92—96.

[11] 周小琦, 方敏, 宫智勇. 玫瑰花中总黄酮提取工艺及其抗氧化与抑菌作用的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(20): 102—105.
ZHOU Xiao-qi, FANG Min, GONG Zhi-yong. Extraction, Antioxidant Activity and Antibacterial Effect of Total Flavonoids from Rose Flowers[J]. Food Sccience, 2010, 31(20): 102—105.

[12] FARIAS V S, CHAVEZ A, GARCIA P A, et al. Antimicrobial Effect and in Vitro Release of Anthocyanins from Berries and Roselle Obtained via Microencapsulation by Spray Drying[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2018, 37(13): 2—8.

[13] 刘雨潇, 周骁昳, 刘峰, 等. 玫瑰茄提取物多酚含量与抗氧化作用研究[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(3): 75—78.
LIU Yu-xiao, ZHOU Xiao-die, LIU Feng, et al. Study on Phenolic Content and Antioxidant Activities of Hibiscus Sabdariffa[J]. Food Research and Development, 2003, 32(3): 75—78.

[14] 曾哲灵, 郝纯青, 吕伟, 等. 响应面法优化玫瑰茄红色素提取工艺[J]. 食品科学, 2010, 31(20): 47—51.
ZENG Zhe-ling, HAO Chun-qing, LYU Wei, et al. Optimizing the Extraction of Red Pigments from Dry Roselle Calyx by Response Surface Methodology[J]. Food Science, 2010, 31(20): 47—51.

[15] IFIE I, MARSHALL L J, HO P, et al. Hibiscus Sabdariffa (Roselle) Extracts and Wine: Phytochemical profile, Physicochemical Properties, and CarbohydraseInhibition[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(24): 4921—4931.

[16] CIDORTEGA S, GUERRERO J A. Roselle Calyces (Hibiscus Sabdariffa), an Alternative to the Food and Beverages Industries: a Review[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(11): 6859—6869.

[17] LIU L C, WANG C J, LEE C C, et al. Aqueous Extract of Hibiscus Sabdariffa L Decelerates Acetaminophen Induced Acute Liver Damage by Reducing Cell Death and Oxidative Stress in Mouse Experimental Models[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2010, 90(2): 329—337.

[18] 李玉珠, 龙谋, 汤艳燕, 等. 玫瑰茄浸提及其发酵酒工艺优化及发酵前后有机酸和酚酸的比较[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 66—75.
LI Yu-zhu, LONG Mou, TANG Yan-yan, et al. Optimization of Preparation of Water Extract from Roselle and Fermentation of Roselle Wine and Variations in Organic Acids and Phenolic Acids Concentrations[J]. FoodScience, 2018, 39(4): 66—75.

[19] 刘云, 蒲成伟, 司佳颖, 等. 响应面法优化云南金花茶饮料工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(4): 65—70.
LIU Yun, PU Cheng-wei, SI Jia-ying, et al. Process Optimization of Camellia Fascicularis H T Chang Beverage by Response Surface Methodology[J]. FoodResearchand Development, 2017, 38(4): 65—70.

[20] 张霞, 张訸, 但汉龙,等玫瑰花蒂多酚的超声辅助提取工艺优化及其抗氧化活性评价[J]. 甘肃农业大学学报, 2017, 52(3): 102—109.
ZHANG Xia, ZHANG He, DAN Han-long. Optimzation of Ultrasonic-assisted Extraction and Antioxidant Activity of Polyphenols from Rose Pedicles[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2017, 52(3): 102—109.

[21] GB/T 12456—2008, 食品中总酸的测定[S].
GB/T 12456—2008, Determination of Total Acid in Food[S].

[22] GB/T 5009.7—2016, 食品中还原糖的测定[S].
GB/T 5009.7—2016, Determination of Reducing Sugar in Food[S].

[23] GB/T 4789.2—2016, 食品微生物学检验菌落总数测定[S].
GB/T 4789.2—2016, Determination of Total Number of Colonies in Food[S].

[24] GB/T 4789.3—2016, 食品微生物学检验大肠菌群计数[S].
GB/T 4789.3—2016, Determination of the Number of Coliform Count in Food[S].

[25] 张明, 帅希祥, 杜丽清, 等. 澳洲坚果青皮多酚提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 195—199.
ZHANG Ming, SHUAI Xi-xiang, DU Li-qing, et al. Optimization of Extraction and Antioxidant Activity of Polyphenols from Macadamia Green Peel[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(2): 195—199.

[26] 宋思圆, 苏平, 王丽娟, 等. 响应面试验优化超声提取黄秋葵花果胶多糖工艺及其体外抗氧化活性[J]. 食品科学, 2017, 38(2): 283—289.
SONG Si-yuan, SU Ping, WANG Li-juan, et al. Optimization of Ultrasonic-assisted Extraction by Response Surface Methodology and Antioxidant Activities of Pectic Polysaccharide from Okra Flowers[J]. Food Science, 2017, 38(2): 283—289.

[27] 陈芹芹, 李景明, 胡雪芳, 等. 响应面法优化超临界 CO_2 流体萃取苹果籽油的工艺研究[J]. 食品科学, 2009, 30(14): 47—51.
CHEN Qin-qin, LI Jing-ming, HU Xue-fang, et al. Optimization of Supercritical CO_2 Fluid Extraction of Apple Seed Oil Using Response Surface Methodology[J]. Food Science, 2009, 30(14): 47—51.

[28] 洪璇, 陈仲巍, 王丽霞, 等. 玫瑰茄果冻的配方与加工工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(4): 76—82.
HONG Xuan, CHEN Zhong-wei, WANG Li-xia, et al. The Study on the Formula and Processing Technique of Roselle Jelly[J]. Food Research and Development, 2017, 38(4): 76—82.

[29] 邱小明. 响应面优化法提取坛紫菜多酚及抗氧化研究[J]. 闽南师范大学学报(自然科学版), 2019, 32(2): 81—89.
QIU Xiao-ming. Optimization of Extraction by Response Surface Analysis and AntioxidantEffects of Polyphenols from PyropiaHaitanensis[J]. Journal of Minnan Normal University (Natural Science Edition), 2019, 32(2): 81—89.