

文章编号: 1671-9646 (2024) 11a-0041-06

本草清咽润喉糖的配方优化及抗氧化研究

刘影^{1,2}, *庞富³, 陈佳鸿¹, 陈炯葵¹, 蔡烁仪¹

(1. 茂名职业技术学院 化学工程系, 广东 茂名 525000; 2. 岭南现代农业科学技术广东省实验室茂名分中心, 广东 茂名 525032;
3. 茂名市橘多宝科技有限公司, 广东 茂名 525000)

摘要: 以化橘红、杏仁、桔梗、薏苡仁、甘草、冰糖和麦芽糖为原料制备一款清咽润喉糖。以抑菌效果为指标, 通过响应面法确定 5 种本草的最佳配比; 以感官评分为评价指标, 通过混料设计试验建立回归模型对清咽润喉糖配方进行优化。结果表明, 当化橘红用量 25 g, 薏苡仁用量 40 g, 杏仁用量 5 g, 桔梗用量 7 g, 甘草用量 5 g 配合使用时抑菌效果最佳。清咽润喉糖的最优配方为本草提取液添加量 22.7%, 麦芽糖添加量 19.9%, 冰糖添加量 57.4%; 其总黄酮含量为 (0.657 ± 0.010) mg/g, 对 DPPH 自由基和 ABTS⁺ 自由基均具有较好的清除作用; 干燥失重率为 (3.72 ± 0.08) g/100 g, 还原糖含量为 (18.75 ± 0.07) g/100 g。润喉糖富含黄酮类活性成分, 具有较好的抗氧化活性, 符合硬质糖果标准要求。

关键词: 清咽润喉糖; 配方; 混料设计; 化橘红; 抗氧化

中图分类号: R284 文献标志码: A doi: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2024.21.008

Optimization of Formula and Antioxidant Research on Throat-clearing Candy

LIU Ying^{1,2}, *PANG Fu³, CHEN Jiahong¹, CHEN Jiongui¹, CAI Shuoyi¹

(1. Department of Chemical Engineering, Maoming Polytechnic, Maoming, Guangdong 525000, China; 2. Lingnan Modern Agricultural Science and Technology Guangdong Provincial Laboratory Maoming Branch Center, Maoming, Guangdong 525032, China; 3. Maoming Juduobao Technology Co., Ltd., Maoming, Guangdong 525000, China)

Abstract: Intended to used exocarpium citri grandis, apricot kernel, platycodon grandiflorum, job's tears, liquorice, rock sugar and maltose as raw materials to prepare throat-clearing candy. The best proportion of five herbs was obtained by antimicrobial and response surface test. Using sensory scores as evaluation indicators, obtained the optimal formula through mixed design experiments. The results showed that the best antibacterial effect was achieved when exocarpium citri grandis 25 g, semen coicis 40 g, almond 5 g, platycodon grandiflorum 7 g, liquorice 5 g were used together. The optimal formula was herbal extract 22.7%, maltose 19.9%, rock sugar 57.4%. The total flavonoid content was (0.657 ± 0.010) mg/g, it had a good scavenging effect on DPPH and ABTS⁺ radicals. The reducing sugar content was (18.75 ± 0.07) g/100 g. The drying loss rate was (3.72 ± 0.08) g/100 g. The throat-clearing candy was rich in flavonoid active ingredients and had good antioxidant activity. It met the requirements of relevant national standards.

Key words: throat-clearing candy; formula; mixture design; exocarpium citri grandis; antioxidant

随着消费者饮食习惯的变化, 功能性糖果的消费市场增长明显。功能性糖果主要包括维生素糖果、无糖口香糖、薄荷糖和含有中草药成分的润喉糖等。化橘红是茂名化州独有的瑰宝, 是茂名市“五棵树一条鱼一桌菜”产业的重要组成部分, 自古被称为南方人参, 是广东省立法保护的岭南八大道地药材之首, 具有理气宽中、燥湿化痰的功效, 主要用于咳嗽痰多、食积伤酒、呕恶痞闷等的治疗^[1]。现代医

学认为, 化橘红具有祛痰、抗急性肺损伤、抗炎、抗肺纤维化、镇咳、抗氧化等功效^[2]。杏仁能够止咳平喘; 桔梗具有利咽、祛痰的作用; 薏苡仁利水渗湿, 能够排脓、解毒散结; 甘草补脾益气、祛痰止咳^[1]。麦芽糖补脾益气, 冰糖具有养阴生津、润肺止咳的作用。因此, 以化橘红、杏仁、桔梗、薏苡仁、甘草、冰糖和麦芽糖为原料, 采用混料设计法进行配方优化, 研制出一款既可口又兼具清咽润喉功能

收稿日期: 2023-12-25

基金项目: 岭南现代农业科学与技术广东省实验室茂名分中心基金资助课题项目 (2022ZD006); 茂名市科技计划项目 (2020540); 茂名职业技术学院科研项目 (茂职院[2022]104号)。

作者简介: 刘影 (1980—), 女, 硕士, 副教授, 研究方向为食品开发与植物活性成分。

*通讯作者: 庞富 (1981—), 男, 本科, 研究方向为质量控制与品质管理。

的化橘红硬质糖果,丰富化橘红产品种类,推动化橘红的大众化消费。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂仪器

化橘红、薏苡仁、杏仁、桔梗、甘草,购于茂名市药店;冰糖、麦芽糖,购于沃尔玛超市;1,1-二苯基-2,2'-三硝基苯肼(DPPH)、2,2'-联氮-双-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐(ABTS)、L-抗坏血酸(维C)、芦丁标准品,均为分析纯,上海麦克林生化科技股份有限公司提供;乙醇、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、硫酸铜、亚铁氰化钾、亚甲基蓝、酒石酸钾钠、葡萄糖、氯化钠等,均为分析纯,天津市大茂化学试剂厂提供;琼脂粉、蛋白胨、牛肉膏,均为生化试剂,广东环凯微生物科技有限公司提供;金黄色葡萄球菌,广东省微生物菌种保藏中心提供。

1.2 仪器与设备

TU-1900型紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司产品;ME-104型电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司产品;FW-100型高速万能粉碎机、DK-98-A型电热恒温水浴锅,天津市泰斯特仪器有限公司产品;DHG-9240A型恒温干燥箱、DZF-6051型真空干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司产品;XFH-75CA型立式压力蒸汽灭菌器,浙江新丰医疗器械有限公司产品;SW-CJ-ID型超净工作台,苏州净化设备有限公司产品;SPX-1508SH型恒温培养箱,上海新苗医疗器械制造有限公司产品。

1.3 试验方法

1.3.1 清咽润喉糖制作amp;工艺流程

将冰糖、麦芽糖放入化糖锅内,加入适量水,缓慢加热至冰糖完全溶解,过120目筛,继续熬煮至120~130℃时加入本草提取液,继续熬煮升温至150~160℃时停止加热,浇模、冷却、包装。

1.3.2 本草提取液的制备

将化橘红、杏仁、薏苡仁、甘草和桔梗按适当比例混合,按每1g本草加15mL水计算,用总水量的70%浸泡本草混合物20min,大火煮开后小火煮20min,过120目筛得滤液1。用剩余30%的水进行第2次熬煮,方法同上,得滤液2,合并滤液1和2,以无菌水定容至总加水量的50%。熬煮时采用同一容器和同一热源。

1.3.3 本草最佳组合的确定

在查找文献资料的基础上,参考Box-behnken中心组合试验原理以化橘红用量(A)、薏苡仁用量(B)、杏仁用量(C)、桔梗用量(D)和甘草用量(E)作为5个自变量,以+1表示自变量高水平、0

表示自变量的中水平、-1表示自变量的低水平,以抑菌效果(Y)作为响应值,设计响应面amp;试验方案。

响应面amp;分析因素与amp;水平设计见表1。

表1 响应面amp;分析因素与amp;水平设计 /g

水平	A 化橘红用量	B 薏苡仁用量	C 杏仁用量	D 桔梗用量	E 甘草用量
-1	5	10	5	5	5
0	15	25	10	15	10
1	25	40	15	25	15

1.3.4 抑菌活性试验

(1) 菌悬液的制备。用接种环从平板培养基上挑取单个金黄色葡萄球菌菌落置于生理盐水中,配制成含菌数约为 1×10^8 CFU/mL的菌悬液,备用。

(2) 抑菌效果的测定。采用纸片扩散法^[3]测定抑菌效果。平板中加入1.3.2制备的菌悬液100μL,均匀涂布。取按不同比例混合的本草提取物10μL分别滴于6mm无菌滤纸片上,充分吸收后,贴入含菌平板中,每个平板放4片滤纸片,每个平板重复3次。于37℃培养箱中培养24h。以4.8mg/mL的青霉素作为对照。

1.3.5 混料设计

研究采用最优混料设计中的极端顶点设计对清咽润喉糖的配方进行优化,本草提取液添加量(F)、麦芽糖添加量(G)和冰糖添加量(H)3个混料因子占比总和为100%。建立各组分占比与感官评分之间的回归方程,并分析选取最优配方。根据前期试验研究,初步确定各因素取值范围。

各因素混料设计取值范围见表2。

表2 各因素混料设计取值范围 /%

混料因子	取值下限	取值上限
本草提取液	10	50
麦芽糖	10	50
冰糖	30	70

1.3.6 感官评价

根据GB/T 16291.1—2012《感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第1部分:优选评价员》^[4],组建感官评价小组。评价小组成员经硬质糖果感官专业训练后对研究糖果进行感官评分,每次取10名成员感官评分的平均值作为得分。从色泽(15分)、组织(30分)、硬度(20分)和滋味(35分)4个方面进行评分,总分100分,最小评分单位为0.5分。

感官评分标准见表3。

1.3.7 抗氧化活性测定

(1) 清除DPPH自由基能力的测定。参照Gorinstein S等人^[5]的方法略加修改。准确称取10.0g糖果,加少量水溶解后用无水乙醇定容至50mL,分别取适量糖溶液至刻度试管中,加无水乙醇至2mL,加入2mL DPPH乙醇溶液(浓度0.2mmol/mL),混匀,室温避光反应30min,测定其波长517nm处的

表3 感官评分标准

项目	评分标准	感官评分/分
色泽 (满分15分)	光亮,色泽均匀一致,具有品种应有的色泽	11~15
	微有光泽,色泽较均匀,具有品种应有的色泽	6~10
	具有品种应有的色泽	0~5
组织 (满分30分)	不黏牙,不粘纸;组织结构均匀,均无1 mm以上的气孔	21~30
	略黏牙,略粘纸;组织结构较均匀,偶见1 mm以上的气孔	11~20
	明显黏牙,明显粘纸;组织结构不均匀,可见1 mm以上的气孔	0~10
硬度 (满分20分)	糖体坚硬而脆	14~20
	糖体坚硬略脆	7~13
	糖体欠坚硬,不脆	0~6
滋味 (满分35分)	略带苦味,甜而不腻	23~35
	苦味明显,甜度适中	11~22
	苦味过重,甜度略弱	0~10

吸光度。控制样本用无水乙醇代替糖果溶液,以无水乙醇为参比溶液。DPPH 自由基清除率按照公式(1)计算:

$$\text{DPPH 自由基清除率} = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: A_1 ——控制样本的吸光度;
 A_2 ——测试样本的吸光度。

(2) 清除 ABTS^+ 自由基能力的测定。参照郭寒等人^[6]的方法配制 ABTS 工作液,使其波长 734 nm 处的吸光度为 (0.70 ± 0.02) 。准确称取糖果 0.50 g,加少量水溶解后用无水乙醇定容至 50 mL,分别取适量糖溶液至刻度试管中,加无水乙醇至 2 mL,加入 ABTS 工作液 4 mL,混匀,室温反应 10 min,测定其于波长 734 nm 下的吸光度。控制样本用无水乙醇代替糖果溶液,以无水乙醇为参比溶液。 ABTS^+ 自由基清除率按照公式(2)计算:

$$\text{ABTS}^+ \text{ 自由基清除率} = \frac{A_3 - A_4}{A_3} \times 100\% \quad (2)$$

式中: A_3 ——控制样本的吸光度;
 A_4 ——测试样本的吸光度。

1.3.8 理化指标及总黄酮的测定

(1) 理化指标。SB/T 10018—2017《糖果 硬质糖果》^[7]标准中规定白砂糖、淀粉糖浆型硬质糖果的理化指标包括干燥失重和还原糖含量。干燥失重按标准附录 A 规定的方法测定,还原糖按 GB 5009.7—2016 规定的第一法测定^[8]。

(2) 总黄酮的测定。总黄酮标准曲线的绘制参照文献^[9]中的方法略作改动。准确称取芦丁标准品 20 mg,加适量体积分数 30% 的乙醇稍加热溶解,冷却后用体积分数为 30% 的乙醇定容至 50 mL,此时芦丁标准液的质量浓度为 0.4 mg/mL。分别准确移取芦丁标准液 0, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00 mL 于 25 mL 比色管中,分别加质量分数为 5% 的 NaNO_2 溶液 2 mL,混匀静置 6 min,加入质量分数为 10% 的

$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液 2 mL,混匀静置 6 min,加入质量分数为 4% 的 NaOH 溶液 4 mL,用体积分数为 30% 的乙醇定溶至 25 mL,静置 15 min 后,于波长 510 nm 处测定样品吸光度,以芦丁质量为横坐标 X ,吸光度 A 为纵坐标 Y ,绘制标准曲线,得回归方程为 $Y=0.356 9X+0.006 9$, $R^2=0.999 2$ 。

准确称取 4~5 g 糖果,以体积分数为 30% 的乙醇溶解并定容至 50 mL 即为样品待测溶液,准确移取该溶液 5 mL 于 25 mL 比色管中,按照绘制标准曲线的方法测定吸光度并计算总黄酮的含量。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 进行数据处理,采用 SPSS 22.0 进行试验数据统计分析,采用 Design Expert 13 分析不同本草比例抑菌效果情况,采用 JMP 17 进行混料设计试验。

2 结果与分析

2.1 抑菌活性试验

2.1.1 回归方程的建立与分析

植物中的酚类、多糖类、挥发油、生物碱、萜烯类、酯类、醌类及有机酸等均有不同程度的抑菌作用^[10-11]。化橘红、杏仁、薏苡仁、桔梗和甘草中含有丰富的苷类、多糖类、脂肪酸及酯类、挥发油等活性成分^[12-14],复配使用有更强的抑菌作用^[15-16]。利用响应面法考查本草用量及其相互作用对抑菌效果的影响,以抑菌圈直径 Y 为响应值进行回归分析。

抑菌试验结果见表 4,回归方程模型方差分析见表 5。

表4 抑菌试验结果

试验号	A	B	C	D	E	抑菌直径/mm
1	15	25	5	15	5	17.3± 0.31
2	15	25	10	15	10	14.7± 0.21
3	15	25	10	15	10	14.9± 0.25
4	5	25	10	25	10	14.5± 0.45
5	15	25	15	15	5	14.8± 0.31
6	5	25	5	15	10	15.2± 0.35
7	5	40	10	15	10	15.0± 0.40
8	25	25	10	25	10	16.5± 0.38
9	15	25	15	15	15	13.9± 0.36
10	25	25	10	15	5	16.5± 0.25
11	15	10	5	15	10	14.2± 0.30
12	15	10	10	15	15	13.0± 0.26
13	15	25	10	5	5	15.4± 0.15
14	15	25	5	5	10	15.3± 0.10
15	15	40	10	15	15	15.1± 0.15
16	25	25	5	15	10	16.4± 0.36
17	15	10	10	25	10	14.3± 0.42
18	25	40	10	15	10	17.5± 0.46
19	5	10	10	15	10	12.8± 0.40
20	5	25	15	15	10	13.3± 0.47
21	15	25	10	15	10	14.8± 0.35
22	15	40	10	15	5	17.0± 0.30
23	15	40	15	15	10	15.4± 0.38
24	15	25	10	25	5	16.2± 0.21
25	15	25	10	25	15	14.7± 0.62
26	25	25	10	5	10	15.1± 0.35

(续表 4)

试验号	A	B	C	D	E	抑菌直径/mm
27	15	40	5	15	10	17.2± 0.26
28	15	10	10	5	5	14.5± 0.20
29	15	10	15	15	10	12.5± 0.38
30	25	10	10	15	10	14.5± 0.17
31	15	25	15	25	10	16.0± 0.32
32	15	40	10	25	10	17.2± 0.42
33	25	25	15	15	10	15.9± 0.25
34	5	25	10	5	10	12.8± 0.15
35	5	25	10	15	15	12.6± 0.26
36	5	25	10	15	5	14.9± 0.23
37	15	25	15	5	10	12.6± 0.38
38	15	10	10	5	10	12.4± 0.26
39	15	25	10	5	15	12.7± 0.47
40	15	40	10	5	10	15.9± 0.10
41	15	25	5	25	10	16.2± 0.23
42	15	25	5	15	15	14.9± 0.25
43	25	25	10	15	15	15.4± 0.29

由表 5 可知,模型的 $p < 0.000 1$, 极显著; 失拟项 $p = 0.103 2 > 0.05$, 不显著; 方程决定系数 $R^2 = 0.973 6$, 调整决定系数 $R^2_{adj} = 0.958 9$, 说明所得模型回归性显著, 试验误差较小, 数据拟合程度良好。5 种本草的 p 值均 $< 0.000 1$, 说明其均具有较强的抑菌作用。CD 的 p 值小于 0.01, AC, AE, CE 和 DE 的 p 值均小于 0.05, 说明其对 Y 值均有较重要的影响, 本草

表 5 回归方程模型方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
A	17.430	1	17.430	204.11	<0.000 1
B	30.530	1	30.530	357.46	<0.000 1
C	9.460	1	9.460	110.73	<0.000 1
D	11.220	1	11.220	131.42	<0.000 1
E	12.780	1	12.780	149.66	<0.000 1
AB	0.160	1	0.160	1.87	0.182 3
AC	0.490	1	0.490	5.74	0.023 8
AD	0.020	1	0.020	0.26	0.611 9
AE	0.360	1	0.360	4.22	0.049 9
BC	0.002	1	0.002	0.03	0.865 4
BD	0.090	1	0.090	1.05	0.313 7
BE	0.040	1	0.040	0.47	0.499 6
CD	1.560	1	1.560	18.30	0.000 2
CE	0.560	1	0.560	6.59	0.016 1
DE	0.360	1	0.360	4.22	0.049 9
模型	85.060	15	5.670	66.40	<0.000 1
残差	2.310	27	0.085		
失拟项	2.290	25	0.091	9.14	0.103 2
纯误差	0.020	2	0.010		
总和	87.370	42			

注: $p > 0.05$ 为差异不显著, $p < 0.05$ 为差异显著, $p < 0.01$ 为差异极显著。

用量对抑菌效果具有一定的交互作用。

本草用量对抑菌效果的交互作用见图 1。

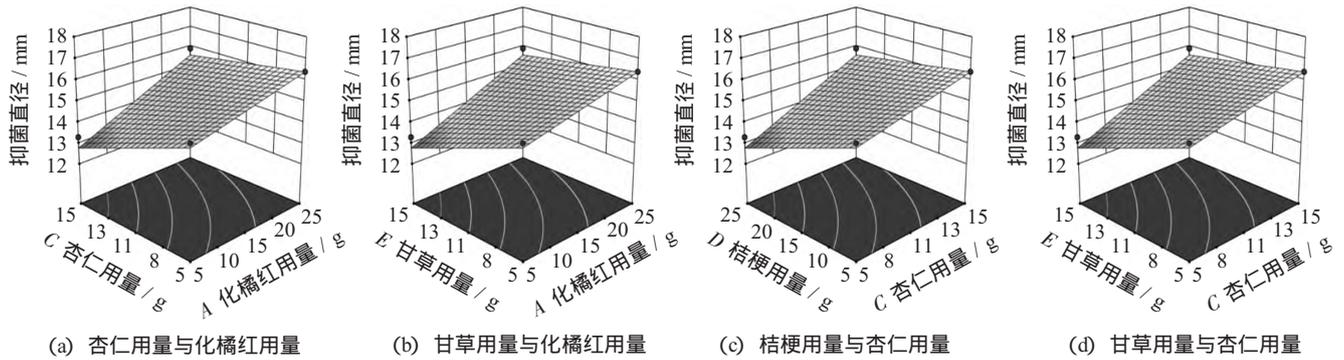


图 1 本草用量对抑菌效果的交互作用

2.1.2 最佳本草用量抑菌效果预测和验证

经响应面优化的本草最佳用量为化橘红 25 g, 薏苡仁 40 g, 杏仁 5 g, 桔梗 7 g, 甘草 5 g, 此时抑菌直径的理论预测值为 19.30 mm。在此条件下进行 3 次重复验证试验, 得到抑菌直径为 (19.10± 0.21) mm, 与理论预测值较接近, 说明本草按此比例添加能得到较好的抑菌效果。

2.2 清咽润喉糖的配方优化

2.2.1 配方模型的建立与显著性分析

通过最优混料设计极端顶点设计得到 12 组配方设计, 按照配方设计分别制得清咽润喉糖后进行感官评价。

清咽润喉糖最优混料设计感官评分见表 6, 模型方程方差分析见表 7。

运用 JMP 软件中的拟合模型功能建立感官评分 (Y) 与本草提取液添加量 (F)、麦芽糖添加量 (G)

表 6 清咽润喉糖最优混料设计感官评分

试验号	F 本草提取液添加量/%	G 麦芽糖添加量/%	H 冰糖添加量/%	感官评分/分
1	15.0	15.0	70.0	90.5
2	50.0	10.0	40.0	85.5
3	35.0	10.0	55.0	90.0
4	20.0	50.0	30.0	89.0
5	10.0	35.0	55.0	89.5
6	50.0	15.0	35.0	85.5
7	35.0	35.0	30.0	89.0
8	10.0	50.0	40.0	88.5
9	20.0	10.0	70.0	90.5
10	50.0	20.0	30.0	85.0
11	15.0	50.0	35.0	89.5
12	10.0	20.0	70.0	90.0

和冰糖添加量 (H) 之间的回归方程模型为:

$$Y = 129.43F + 160.26G + 168.43H + 79.34FG + 79.48FH + 21.88GH - 83.33.$$

表7 模型方程方差分析

方差来源	平方和	自由度	F值	p值	显著性
模型	44.838 370	5	137.68	<0.000 1	**
(F- 0.1)/0.5	2 256.710 000	1	34 647.77	<0.000 1	**
(F- 0.1)/0.5	2 652.020 000	1	40 717.14	<0.000 1	**
(H- 0.3)/0.5	2 768.820 000	1	42 510.28	<0.000 1	**
FG	5.590 000	1	85.80	<0.000 1	**
FH	5.610 000	1	86.11	<0.000 1	**
GH	0.420 000	1	6.53	0.043 2	*
失拟项	0.370 000	6	3.09	0.409 8	-
纯误差	0.020 000	1			
误差	0.390 000	7			

注：“*”表示 $p<0.05$ ，差异显著；“**”表示 $p<0.01$ ，差异极显著；“-”表示 $p>0.05$ ，差异不显著。

由表7可知，模型的 $p<0.000 1$ ，极显著。失拟项 $p=0.409 8>0.05$ ，不显著，说明所得回归方程回归性显著。模型的决定系数 $R^2=0.991 4$ ，调整决定系数 $R^2_{adj}=0.984 3$ ，说明该模型能够解释98.43%的响应值(Y)变化情况，模型对数据的拟合程度较好。均方

根误差(RMSE)是一种常用的衡量模型预测值与实际观测值之间差异的指标，模型的 $RMSE=0.255 2$ ，说明预测值与实际值之间具有较好的相关性，试验误差小。因此，该模型可用于预测清咽润喉糖的感官评分。

2.2.2 预测刻画器最大化意愿分析

通过JMP软件的最大化意愿分析功能得到最高理论感官评分的最优配方方案为本草提取液添加量22.7%，麦芽糖添加量19.9%，冰糖添加量57.4%，此时感官评分为91.0分。通过预测刻画器最大化意愿图可发现，麦芽糖与感官评分基本上表现为负相关，冰糖与感官评分基本上呈现正相关的关系，本草提取液与感官评分先是表现为正相关，当添加量增加到22.7%时感官评分达到峰值，随着添加量的继续增加二者的关系转化为负相关。

预测刻画器最大化意愿结果见图2。

2.2.3 最优配方验证分析

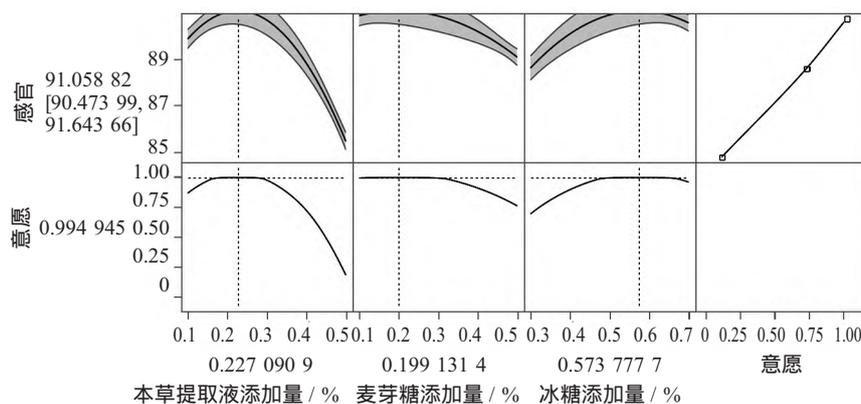


图2 预测刻画器最大化意愿结果

在2.2最优配方试验条件下进行3组平行试验，得到清咽润喉糖的感官评分为 (90.50 ± 0.25) 分，经统计分析，预测感官评分与实际感官评分不存在显著性差异($p=0.107>0.05$ ， t 统计量=2.799，自由度 $df=2$)，说明该试验方法和回归模型是可信和有效的。

2.3 抗氧化作用研究

化橘红、桔梗、杏仁、甘草的代表性有效成分分别为柚皮苷、桔梗皂苷、苦杏仁苷和甘草苷^[1]，均属于黄酮类化合物的范畴，因此将总黄酮作为清咽润喉糖的功能性成分。经测定，清咽润喉糖中总黄酮含量为 (0.657 ± 0.010) mg/g，与同类产品含量相当^[17]。黄酮类化合物具有抗病毒、消炎、降血脂、降血糖、抑菌和抗癌等生物活性^[18]，尤其在清除自由基方面发挥着重要的作用^[19]。

糖溶液清除DPPH自由基作用见图3，糖溶液清除 $ABTS^+$ 自由基作用见图4。

由图3和图4可知，随着质量浓度的增加，糖液对DPPH自由基和 $ABTS^+$ 自由基的清除能力随之增

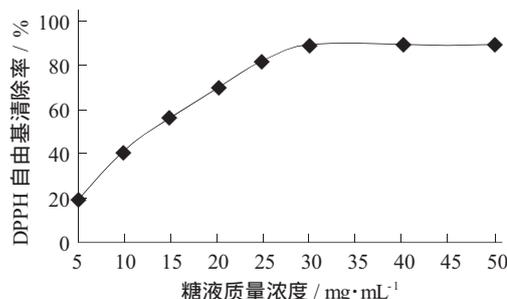
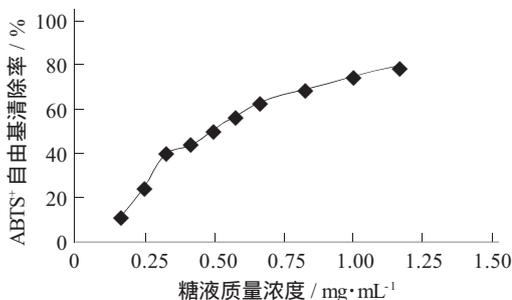


图3 糖溶液清除DPPH自由基作用

图4 糖溶液清除 $ABTS^+$ 自由基作用

加，这与糖液中总黄酮含量的变化相一致，说明本

草清咽润喉糖中具有抗氧化作用的主要成分是黄酮类化合物^[20]。图3显示当糖液质量浓度达到30 mg/mL时，对DPPH自由基的清除率达到最大，为90%，糖液对DPPH自由基的半数清除率IC₅₀为12.850 mg/mL。图4显示当糖液质量浓度大于等于1.00 mg/mL时，对ABTS⁺自由基的清除率趋于平缓，清除率接近75%，糖液对ABTS⁺自由基的半数清除率IC₅₀为0.498 mg/mL。

2.4 理化指标测定

经测定还原糖含量为(18.75±0.07) g/100 g，干燥失重率为(3.72±0.08) g/100 g，符合SB/T 10018—2017《糖果 硬质糖果》标准中规定的还原糖含量在12.0~29.0 g/100 g，干燥失重率≤4.0 g/100 g的要求。

3 结论

化橘红、薏苡仁、杏仁、桔梗和甘草按25 g，40 g，5 g，7 g和5 g配比使用时，得到的本草提取液抑菌效果最理想。清咽润喉糖的最佳配方为本草提取液添加量22.7%，麦芽糖添加量19.9%和冰糖添加量57.4%。在此条件下得到的糖果硬度、脆度适中，甜而不腻，富含黄酮类活性成分，具有较好的抗氧化活性，符合相关产品标准的要求，贴合市场及大众的需求。后续将依据T/CNFIA 001—2017《食品保质期通用指南》中食品保质期稳定性试验考查产品感官、理化及微生物状况随时间变化的程度，进一步确定产品保质期，以期达到市售标准。

参考文献：

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 (一部) [M]. 北京：中国医药科技出版社，2020：109，126，312，436，601.

[2] 李沛波，谯攀，吴灏，等. 基于文献分析和分子对接法探讨化橘红防治新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 的前景 [J]. 中草药，2020，51 (9)：2 368-2 378.

[3] 张建云，赵艳云，赵云生，等. 北苍术药用和非药用部位挥发油成分分析及体外抗菌活性考查 [J]. 中国药房，2022，33 (21)：2 609-2 614.

[4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 16291.1—2012 感官分析 选拔、培训与管理 评价员一般导则第1部分：优选评价员 [S]. 北京：中国标准出版社，2012.

[5] Gorinstein S, Haruenkit R, Park Y S, et al. Bioactive compounds and antioxidant potential in fresh and dried Jaffa® sweeties, a new kind of citrus fruit [J]. Journal of the

Science of Food and Agriculture, 2004 (12)：1 459-1 463.

[6] 郭寒，葛娟，李鑫，等. 正交试验优化黑果悬钩子茎、叶总黄酮的提取纯化及其抗氧化活性 [J]. 食品科学，2015，36 (14)：10-16.

[7] 中华人民共和国商务部. SB/T 10018—2017 糖果 硬质糖果 [S]. 北京：中国标准出版社，2017.

[8] 时羽杰，肖徐，李晶晶，等. 核桃内种皮黄酮的提取工艺优化及抗氧化性研究 [J]. 食品工业科技，2021，42 (2)：192-198，209.

[9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.7—2016 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定 [S]. 北京：中国标准出版社，2016.

[10] 蒋庆佳，杨放，杨安迪，等. 中药抑菌活性成分及其作用机制研究进展 [J]. 中国抗生素杂志，2023，48 (8)：855-861.

[11] Mutlu-Ingok A, Devecioglu D, Dikmetas D N, et al. Antifungal, antimycotoxigenic, and antioxidant activities of essential oils: An updated review [J]. Molecules, 2020, 25 (2)：4 711-4 176.

[12] 陈佳，张权，杨蕊，等. 不同生长年限甘草主要成分含量测定及多元统计分析 [J]. 药物分析杂志，2020，40 (7)：1 185-1 196.

[13] 李晓凯，顾坤，梁慕文，等. 薏苡仁化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中草药，2020，51 (21)：5 645-5 657.

[14] 司雨柔，高韵，解玫莹，等. 不同产地桔梗的红外光谱整体成分鉴别研究 [J]. 化学试剂，2021，43 (2)：210-215.

[15] 贺富胤，石浩，李凤华，等. 石菖蒲抑菌物质的提取工艺及协同抑菌活性研究 [J]. 四川农业大学学报，2023，41 (4)：640-649，736.

[16] 王婷婷，李大鹏，徐晓燕，等. 黄连、连翘对几种常见食品污染菌的体外协同抑菌效果 [J]. 食品与发酵工业，2011，37 (5)：70-72.

[17] 陈汉炎. 草本新颖硬糖产品研发与实践 [J]. 上海轻工业，2022 (5)：25-28.

[18] 段志航，赵彩云，代博，等. 紫色姜总黄酮提取工艺优化及其抗氧化作用研究 [J]. 食品工业，2023，44 (10)：30-36.

[19] 赵静，秦艳，左巍，等. 植物来源的黄酮类化合物抗体的制备和应用研究进展 [J]. 食品与发酵工业，2021，47 (4)：284-292.

[20] 韩芳，李京凌，袁婧，等. 四大产区莼菜黄酮类物质组成分析及抗氧化、抑菌活性研究 [J]. 食品与发酵工业，2021，47 (1)：236-242. ◇



(上接第40页)

稳定性的影响 [J]. 食品与发酵工业，2020，46 (17)：212-219.

[20] Kim J, Marshall M R, Wei C. Antibacterial activity of some essential oil components against five foodborne pathog-

ens [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995, 43 (11)：2 839-2 845.

[21] Gill C O. Extending the storage life of raw chilled meats [J]. Meat Science, 1996 (43)：99-109. ◇