

蜂蜜复合浓缩原浆的研制及其止咳化痰效果

周新益¹, 邓华¹, 文佳玉¹, 景林¹, 马晓菊^{1*}, 饶朝龙^{1,2*}

(1. 成都中医药大学公共卫生学院, 四川成都 611137)

(2. 成都中医药大学公共卫生学院药食同源中药效用与安全研究中心, 四川成都 611137)

摘要: 为提高蜂蜜等药食同源资源的开发利用, 以蜂蜜、桑叶、玉竹、陈皮、桑椹、百合等为原料, 研制一款具有止咳、化痰功效的蜂蜜复合浓缩原浆。以感官评价为指标, 采用正交试验和响应面法对产品配方及工艺进行优化。通过小鼠氨水引咳实验、酚红排泌实验对产品止咳、化痰功能进行评价。结果表明, 蜂蜜复合浓缩原浆最佳配方为: 蜂蜜添加量 7.0 g、浓缩原浆添加量 7.0 g、浓缩调味果汁添加量 3.5 g。最佳加工工艺为: 抽滤次数 3 次, 浓缩时间 60 min, 浓缩温度 60 ℃。产品能显著延长小鼠咳嗽潜伏期, 减少 2 min 内小鼠咳嗽次数, 提高小鼠酚红排泌能力, 高、中、低剂量组咳嗽抑制率分别为 36.18%、26.63%、26.38%。该研究制得的蜂蜜复合浓缩原浆风味独特, 清甜宜口, 具有良好的止咳化痰活性。

关键词: 蜂蜜; 正交设计; 响应面法; 止咳化痰; 复合浓缩原浆

文章编号: 1673-9078(2025)09-22-29

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.9.0970

Development of Honey-concentrated Pulp Composite and Its Cough and Phlegm Relieving Effect

ZHOU Xinyi¹, DENG Hua¹, WEN Jiayu¹, JING Lin¹, MA Xiaoju^{1*}, RAO Chaolong^{1,2*}

(1.School of Public Health, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China)

(2.R&D Center for Efficiency, Safety and Application in Chinese Materia Medica with Medical and Edible Values, School of Public Health, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China)

Abstract: To enhance the development and utilization of honey, other medicine, and food homologous resources, this research developed a honey-concentrated pulp composite with antitussive and expectorant effects using honey, mulberry leaves, *Polygonatum odoratum*, dried tangerine peel, mulberry fruits, and lily bulbs. The formula and preparation process were optimized based on sensory evaluation results with the help of orthogonal design and response surface methodology. The antitussive and expectorant activities of the product were evaluated using ammonia-induced cough and phenol red excretion tests in mice. The results showed that the optimal formulation of the honey-concentrated pulp composite was as follows: 7.0 g of honey, 7.0 g of concentrated pulp, and 3.5 g of concentrated flavored juice, and the optimal process was as follows: three

引文格式:

周新益,邓华,文佳玉,等.蜂蜜复合浓缩原浆的研制及其止咳化痰效果[J].现代食品科技,2025,41(9):22-29.

ZHOU Xinyi, DENG Hua, WEN Jiayu, et al. Development of honey-concentrated pulp composite and its cough and phlegm relieving effect [J]. Modern Food Science and Technology, 2025, 41(9): 22-29.

收稿日期: 2024-07-08; 修回日期: 2024-09-20; 接受日期: 2024-09-25

基金项目: 中央引导地方科技发展专项资金项目(2020ZYD058); 四川省科技厅应用基础研究项目(2018JY0255); 成都中医药大学“杏林学者”学科人才科研提升计划项目(XCZX2022013)

作者简介: 周新益(2001-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品毒理学, E-mail: 821703324@qq.com

通讯作者: 马晓菊(1980-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 食品营养学, E-mail: 8032809@qq.com; 共同通讯作者: 饶朝龙(1970-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品毒理学, E-mail: raocl@cdutcm.edu.cn

filtration cycles, concentration time of 60 min, and concentration temperature of 60 °C. The product significantly prolonged the cough latency of mice, reduced the number of coughs in mice within 2 min, and improved the phenol red excretion ability of mice. The cough inhibition rates of high, medium, and low dose groups were 36.18%, 26.63%, and 26.38%, respectively. The honey-concentrated pulp composite developed had a unique flavor, a pleasant sweet taste, and good antitussive and expectorant activities.

Key words: honey; orthogonal design; response surface methodology; antitussive and expectorant; composite concentrated pulp

蜂蜜是指蜜蜂采集蜜源植物的花蜜或蜜露, 将其与自身分泌物结合, 经充分酿造而成的天然甜味物质^[1]。蜂蜜以蔗糖、果糖和葡萄糖为主, 富含氨基酸、黄酮类、维生素、多酚类成分^[2,3], 具有解毒、抗炎、抗肿瘤、通便利肠等多种药理作用^[4-6]。2020年版《中华人民共和国药典》把蜂蜜作为一味中药单列于一部中, 其功能记载为: “补中, 润燥, 止痛, 解毒, 外用生肌敛疮”^[7]。近年来, 受各类因素影响, 呼吸系统疾病发病率不断攀升^[8]。咳嗽是呼吸道感染后常见的临床症状, 蜂蜜的高渗透性及其所含有的过氧化氢被认为是缓解咳嗽的重要因素^[9]。此外, 蜂蜜可促进唾液分泌, 达到化痰和润滑呼吸道的作用^[10]。

目前, 聚焦于调节呼吸系统的功能产品尚缺乏。作为国家卫健委公布的药食同源资源, 蜂蜜是集食用、药用和生态价值为一体的特色中医药资源, 然而其特色尚未深入开发, 产品仍以原蜜形式为主, 衍生产品少, 附加值低^[11]。故本试验基于古方《民间方》中所记载的《蜂蜜莱菔饮》, 辅以桑叶、玉竹、陈皮、桑椹、百合、莱菔子等具有止咳、化痰功效的药食同源资源^[12-18], 以浓缩原浆形式研制一款风味、口感俱佳的新型蜂蜜饮品。同时, 对产品止咳、化痰功效进行验证, 以期提高蜂蜜功能性饮品的应用价值, 同时为蜂蜜资源的开发利用提供理论依据及研究思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

蜂蜜, 四川省汶川县绵虬镇红旗村提供(属百花蜜, 于2023年5月采收); 桑叶、玉竹、陈皮、桑椹、百合、大枣、乌梅、莱菔子, 妙春堂大药房提供; 京都念慈菴蜜炼川贝枇杷膏, 京都念慈菴总厂有限公司; 浓缩调味果汁, 可罗食品有限公司; 氢氧化钠(CAS号: 1310-73-2), 天津市大陆化学试剂厂; 酚红(CAS号: 143-74-8), 福州飞净生物科技有限

公司; 氨水(CAS号: 1336-21-6), 天津市科密欧化学试剂有限公司; 生理盐水(CAS号: 7647-14-5), 四川科伦药业股份有限公司。

1.2 仪器与设备

DZKW-S-4型电热恒温水浴锅, 北京市永光明医疗仪器有限公司; SP525型破壁机, 浙江苏泊尔股份有限公司; RE52-99型旋转蒸发仪, 上海亚荣生化仪器厂; CYT5MFV型多功能酶标仪, 美国Bio Tek仪器有限公司; 5810R型台式高速冷冻离心机, Eppendorf中国有限公司; HH-B11-BS-II型电热恒温培养箱, 上海跃进医疗器械有限公司; QUINTIX313-1CN型电子天平, 德国赛多利斯公司。

1.3 实验动物

SPF(无特定病原体)级KM小鼠, 体质量(20±2)g, 6周龄, 雌雄各半, 由北京华阜康生物科技股份有限公司提供, 实验动物许可证号SCXK(京)2019-0008, 经成都中医药大学动物伦理学委员会批准(项目伦理第2024-58号批准)。饲养条件: 室温(20±2)℃, 相对湿度50%~60%, 明暗12h交替的环境中, 适应性喂养一周后进行实验。

1.4 实验方法

1.4.1 蜂蜜复合浓缩原浆配方及加工工艺研究

1.4.1.1 生产工艺流程

原料预处理→抽滤→浓缩→调配→灭菌→冷却→成品

1.4.1.2 操作要点

原料预处理: (1) 桑叶浸提液制备: 干桑叶清水浸泡30 min, 按料液比1:40(m/V), 80℃浸提30 min, 过滤取滤液; 按料液比1:20加入纯净水, 重复上述步骤, 将2次提取液合并。(2) 玉竹、陈皮、桑椹、百合原浆制备: 原料分别清水浸泡30 min, 在80℃热水中预烫10 min, 按料液比1:20加入纯净水, 采用破壁机打碎至匀浆备用。(3) 秋梨汁制备: 取新鲜秋梨, 洗净切块, 放入破壁机中打碎至

匀浆备用。

浓缩原浆制备：将上述浸提液、原浆、秋梨汁等比例混合，加入大枣、乌梅、莱菔子各 5 g 继续熬煮 10 min，将原浆经 120 目滤网进行粗过滤，而后通过真空抽滤瓶进行除杂，将抽滤后的原浆置于旋转蒸发仪的蒸馏烧瓶中，真空度为 0.09 MPa，在 60 ℃ 下蒸馏 1 h，冷凝后的收集液即为浓缩原浆。

调配：在浓缩原浆中加入一定比例蜂蜜、浓缩调味果汁进行调味。

灭菌：采用 70 ℃ 水浴中灭菌 20 min，冷却后即得蜂蜜复合浓缩原浆成品。

1.4.1.3 蜂蜜复合浓缩原浆配方单因素实验

固定配方：蜂蜜添加量 7.0 g，浓缩原浆添加量 7.0 g，浓缩调味果汁添加量 3.0 g；固定加工工艺条件：抽滤次数 3 次，浓缩时间 60 min，浓缩温度 60 ℃。以感官评价为指标，探究不同蜂蜜添加量（5.0、6.0、7.0、8.0、9.0 g），浓缩原浆添加量（5.0、6.0、7.0、8.0、9.0 mL），浓缩调味果汁添加量（2.0、2.5、3.0、3.5、4.0 mL）对蜂蜜复合浓缩原浆感官评分的影响。

1.4.1.4 蜂蜜复合浓缩原浆配方正交试验

在单因素试验基础上，以蜂蜜复合浓缩原浆感官评分为指标，通过 $L_9(3^3)$ 正交表对产品配方进行优化。正交试验因素与水平见表 1。

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiments			
水平	因素		
	A 蜂蜜添加量/g	B 浓缩原浆添加量/mL	C 浓缩调味果汁添加量/mL
1	6.0	6.0	2.5
2	7.0	7.0	3.0
3	8.0	8.0	3.5

1.4.1.5 蜂蜜复合浓缩原浆加工工艺单因素实验

在正交试验的基础上，固定加工工艺条件：抽滤次数 3 次，浓缩时间 60 min，浓缩温度 60 ℃。以感官评价为指标，探究不同抽滤次数（1、2、3、4、5 次），浓缩时间（40、50、60、70、80 min），浓缩温度（40、50、60、70、80 ℃）对蜂蜜复合浓缩原浆感官评分的影响。

1.4.1.6 蜂蜜复合浓缩原浆制作工艺响应面试验

在单因素试验的基础上，以蜂蜜复合浓缩原浆感官评分为响应值，使用 Box-Behnken 设计方法，进行三因素三水平试验。响应面试验因素水平见表 2。

Table 2 Level of response surface test design factors			
水平	因素		
	A 抽滤次数/次	B 浓缩时间/min	C 浓缩温度/℃
-1	2	50	50
0	3	60	60
1	4	70	70

1.4.1.7 蜂蜜复合浓缩原浆感官评价标准

将样品进行编号，选择食品领域具有一定食品专业知识人员 10 位，根据表 3 对蜂蜜复合浓缩原浆进行评分，并对结果取平均值。

1.4.2 蜂蜜复合浓缩原浆药效学研究

1.4.2.1 止咳功效考察

将小鼠饲养在 (20 ± 2) ℃，相对湿度 50%~60%，明暗 12 h 交替的环境中，适应性喂养一周后进行实验。选取 50 只小鼠随机分为 5 组，每组 10 只，雌、雄各半。设立模型组（生理盐水）；阳性对照组（4.50 g/kg 京都念慈菴蜜炼川贝枇杷膏）；蜂蜜复合浓缩原浆高（9.00 g/kg）、中（4.50 g/kg）、低（2.25 g/kg）剂量组，剂量按照人与小鼠体表面积折算。每组小鼠固定每天中午 12:00 灌胃，按 10 mL/kg 的体积灌胃 1 次，连续 5 d。末次灌胃后 1 h，将小鼠依次放入玻璃钟罩内，于钟罩内放 1 个棉球，棉球注入 25% 氨水 0.5 mL，观察并记录小鼠咳嗽潜伏期以及 2 min 内咳嗽次数。咳嗽表现为：张大嘴或有咳嗽声，均伴有腹肌收缩^[19]。根据公式计算咳嗽抑制率：

$$F = \frac{C - D}{C} \times 100\%$$

(1)

式中：

F ——咳嗽抑制率，%；

C ——模型组咳嗽次数，次；

D ——蜂蜜复合浓缩原浆组咳嗽次数，次。

1.4.2.2 化痰功效考察

在引咳实验基础上，继续将小鼠适应性喂养 2 d，随后按原有组别继续灌胃 7 d。最后一次灌胃前各组小鼠禁食不禁水 12 h，于末次灌胃后 30 min 腹腔注射 5% 酚红生理盐水 10 mL/kg。注射酚红 1 h 后，采用颈椎脱臼法处死小鼠，剪开颈前皮肤，剥离气管周围组织，剪下从甲状软骨到气管分支处的一段气管^[20]，平均取 1 cm，放入盛有 2 mL 的 1 mol/L 氢氧化钠溶液中，待酚红溶解完全，在离心机上离心（3 000 r/min；5 min）。采用酶标仪在波长 558 nm 下测定其吸光度，根据酚红标准曲线计算小鼠酚红排泄浓度。

表 3 蜂蜜复合浓缩原浆感官评价标准表

Table 3 Sensory evaluation standard of honey complex concentrated pulp

项目	描述	评分/分
色泽 (20)	色泽鲜艳适中, 清亮均匀	14~20
	色泽较柔和, 较为暗淡	7~13
	色泽不柔和, 整体暗淡	1~6
气味 (20)	香味清新淡雅, 充分体现特有香味, 无不良气味	14~20
	香味整体较协调, 特有香味较明显, 无不良气味或略有异味	7~13
	香味整体不协调, 有异味等令人不愉快的气味	1~6
口感 (40)	酸甜适中, 无苦涩味, 柔和可口	28~40
	酸甜较协调, 苦涩味较重, 单一物质风味过重, 欠柔和	15~27
	酸甜不协调, 苦涩味重, 无特别味道	1~14
组织状态 (20)	清亮柔和, 无沉淀	14~20
	较清亮, 有少量沉淀, 但不明显	7~13
	浑浊且沉淀较多	1~6

1.4.3 数据处理

每组实验重复三次, 试验结果以平均值 ± 标准差表示。Oringin 2021 软件用于作图, Design Expert 10 软件进行响应面试验设计及分析, SPSS 26.0 软件进行统计学分析, 包括单因素方差分析、显著性检验 ($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 蜂蜜复合浓缩原浆配方单因素实验结果

2.1.1 蜂蜜添加量对产品感官品质的影响

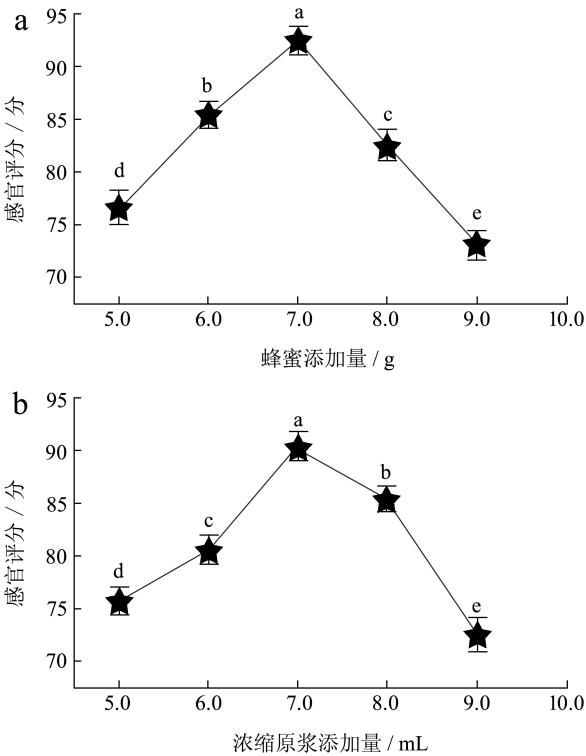
由图 1a 可知, 随着蜂蜜添加量的增加, 感官评分呈先上升后下降趋势。当蜂蜜添加量小于 7.0 g 时, 蜂蜜甜香味不浓郁, 口感寡淡。当蜂蜜添加量大于 7.0 g 时, 口感过于甜腻, 浓缩原浆及果汁的风味被蜂蜜掩盖, 整体风味不协调。故选择蜂蜜添加量 6.0、7.0、8.0 g 为正交试验的三个水平。

2.1.2 浓缩原浆添加量对产品感官品质的影响

由图 1b 可知, 随着浓缩原浆添加量的增加, 感官评分先上升后下降。当浓缩原浆添加量小于 7.0 mL 时, 饮品整体呈淡橘色, 浓缩原浆风味不明显。当浓缩原浆添加量大于 7.0 mL 时, 饮品整体呈大红色, 过于暗淡, 浓缩原浆风味过重, 整体风味不协调。故选择浓缩原浆添加量 6.0、7.0、8.0 mL 为正交试验的三个水平。

2.1.3 浓缩调味果汁添加量对产品感官品质的影响

由图 1c 可知, 随着浓缩调味果汁添加量的增加, 感官评分先上升后下降。当浓缩调味果汁添加量小于 3.0 mL 时, 饮品口感单薄, 果香味不明显。当浓缩调味果汁添加量大于 3.0 mL 时, 果味厚重腻口。故选择浓缩调味果汁添加量 2.5、3.0、3.5 mL 为正交试验的三个水平。



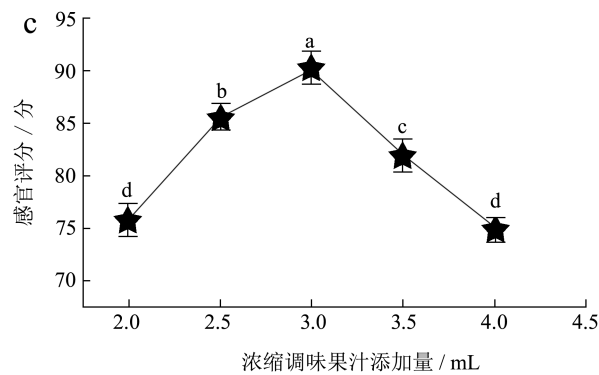


图 1 三种原料添加量对蜂蜜复合浓缩原浆感官评分的影响
Fig.1 Effects of the application amount of three raw materials on honey complex concentrated pulp

注：图中不同字母表示不同添加量之间差异显著， $P<0.05$ 。

2.2 蜂蜜复合浓缩原浆配方正交试验结果

在单因素试验基础上，对蜂蜜添加量、浓缩原浆添加量、浓缩调味果汁添加量进行正交试验，结果见表 4。

表 4 正交试验结果 Table 4 Results of orthogonal experiments				
试验编号	A 蜂蜜添加量/g	B 浓缩原浆添加量/mL	C 浓缩调味果汁添加量/mL	感官评分
1	1	1	1	77.10
2	1	2	2	89.30
3	1	3	3	83.80
4	2	1	2	86.15
5	2	2	3	91.25
6	2	3	1	85.10
7	3	1	3	79.95
8	3	2	1	85.90
9	3	3	2	86.90
k1	83.40	81.07	82.70	
k2	87.50	88.82	87.45	
k3	84.25	85.27	85.00	
R	4.10	7.75	4.75	

表 5 方差分析结果 Table 5 Analysis of variance						
因素	偏差平方和	自由度	均方值	F 值	P 值	显著性
A	28.059 5	2	14.047	73.934	0.013	*
B	90.305	2	45.153	237.645	0.004	**
C	33.855	2	16.928	89.092	0.011	*
误差	0.380	2	0.190			

注：“*”表示影响显著（ $P<0.05$ ）、“**”表示影响极显著（ $P<0.01$ ）。

由表 4 与表 5 可知，蜂蜜添加量、浓缩原浆添加量、浓缩调味果汁添加量对蜂蜜复合浓缩原浆感官评分的影响由大到小排列依次为： $B>C>A$ ，即浓缩原浆对蜂蜜复合浓缩原浆综合影响最大，这可能与原浆中桑叶、陈皮的清苦味有关。根据表 4 的 k 值大小得到蜂蜜复合浓缩原浆的最佳配方为 $A_2B_2C_2$ ，由于该组合未在正交试验设计的组合中，故将其与正交试验得分最高的组合 $A_2B_2C_3$ 进行比较，做验证试验。试验结果见表 6。

经验证， $A_2B_2C_2$ 组合感官评分为 90.95 分，低于正交试验得分最高组合 $A_2B_2C_3$ ，这是因为 $A_2B_2C_3$ 组合中浓缩调味果汁添加量更高，果香味更好地融合浓缩原浆中桑叶、陈皮的清苦味，同时强化了蜂蜜的甜香味，整体酸甜适中。由此得出蜂蜜复合浓缩原浆的最佳配方为 $A_2B_2C_3$ 。

表 6 验证试验结果 Table 6 Verification test				
组合	A 蜂蜜添加量/g	B 浓缩原浆添加量/mL	C 浓缩调味果汁添加量/mL	感官评分
$A_2B_2C_2$	7.0	7.0	3.0	90.95
$A_2B_2C_3$	7.0	7.0	3.5	92.00

2.3 蜂蜜复合浓缩原浆加工工艺单因素试验结果

2.3.1 抽滤次数对产品感官品质的影响

由图 2a 可知，随着抽滤次数增加，感官评分呈先升高后降低的趋势。当抽滤次数小于 3 次时，原浆底部存在沉渣堆积，分层现象明显。当抽滤次数大于 3 次时，原浆色泽变淡，可能是由于抽滤次数过多导致原浆中呈色物质过滤掉。综上，选择抽滤次数 2、3、4 次为响应面试验的三个水平。

2.3.2 浓缩时间对产品感官品质的影响

由图 2b 可知，随着浓缩时间增加，感官评分先升高后降低。当浓缩时间小于 60 min 时，浓缩原浆风味较为寡淡，可能是由于浓缩时间过短，原料中的主要呈香物质未充分富集。当浓缩时间超过 60 min 时，浓缩原浆风味过于厚重，掩盖了蜂蜜及浓缩果汁的风味，整体风味不协调。故选择浓缩时间 50、60、70 min 为响应面试验的三个水平。

2.3.3 浓缩温度的确定

由图 2c 可知，随着浓缩温度增加，感官评分先升高后降低。当浓缩温度小于 60 ℃ 时，浓缩原浆风味寡淡，达到较为丰富饱满的口感需要更长的浓

缩时间。当浓缩温度超过 60 ℃时，浓缩原浆风味过于厚重，且略有酸味，可能与乌梅呈酸成分的充分释放有关。故选择浓缩时间 50、60、70 ℃为响应面试验的三个水平。

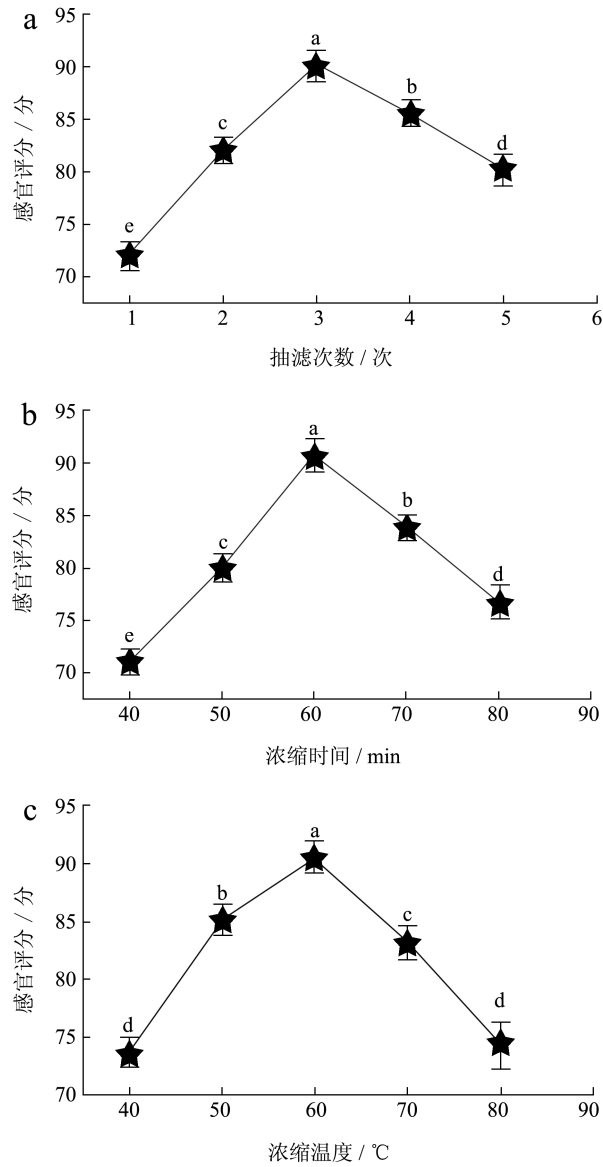


图 2 加工工艺条件对蜂蜜复合浓缩原浆感官评分的影响
Fig.2 Effect of processing conditions on sensory score of honey complex concentrated pulp
注：图中不同字母表示不同添加量之间差异显著， $P<0.05$ 。

2.4 蜂蜜复合浓缩原浆加工工艺响应面试验结果

以抽滤次数、浓缩时间、浓缩温度 3 个因素为响应变量，感官评分作为响应值，依据 Box-Beckhen Design 原理，在单因素试验基础上进行三因素三水平响应面试验，试验方案及分析结果见表 7。

表 7 响应面试验方案及分析结果				
Table 7 Response surface test plan and results				
试验编号	A 抽滤次数/次	B 浓缩时间/min	C 浓缩温度/℃	感官评分
1	-1	-1	0	74.05
2	1	-1	0	75.00
3	-1	1	0	79.70
4	1	1	0	84.90
5	-1	0	-1	74.90
6	1	0	-1	80.80
7	-1	0	1	80.40
8	1	0	1	78.45
9	0	-1	-1	75.15
10	0	1	-1	86.05
11	0	-1	1	81.70
12	0	1	1	82.90
13	0	0	0	89.90
14	0	0	0	91.30
15	0	0	0	90.50
16	0	0	0	91.30
17	0	0	0	90.40

表 8 模型的显著性检验及方差分析						
Table 8 Significance test and analysis of variance of the model						
方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	621.19	9	69.02	134.63	<0.000 1	**
A	12.75	1	12.75	24.87	0.001 6	**
B	95.57	1	95.57	186.41	<0.000 1	**
C	5.36	1	5.36	10.46	0.014 4	*
AB	4.52	1	4.52	8.81	0.020 9	*
AC	15.41	1	15.41	30.05	0.000 9	**
BC	23.52	1	23.52	45.88	0.000 3	**
A ²	239.38	1	239.38	466.93	<0.000 1	**
B ²	94.10	1	94.10	183.56	<0.000 1	**
C ²	85.36	1	85.36	166.50	<0.000 1	**
残差	3.59	7	0.51			
失拟项	2.10	3	0.70	1.88	0.273 6	
纯误差	1.49	4	0.37			
总相关	624.78	16				

注：“*”表示影响显著 ($P<0.05$)、“**”表示影响极显著 ($P<0.01$)。

利用 Design-Expert 10.0.3 软件对表中数据进行分析，得到响应值 Y 与因素 A、B、C 的二次回

归方程为： $Y=90.68+1.26A+3.46B+0.82C+1.06AB-1.96AC-2.42BC-7.54A^2-4.73B^2-4.50C^2$ ，对该模型中各项进行方差分析及显著性检验，结果见表 8。

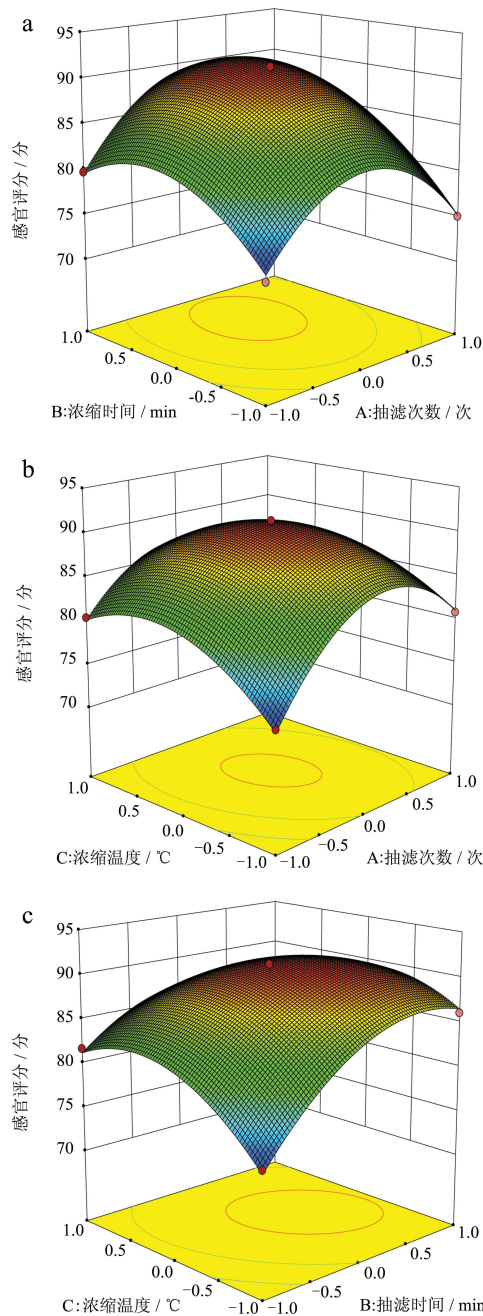


图 3 两两因素交互作用对蜂蜜复合浓缩原浆感官评分的影响的响应面图

Fig.3 Response surface diagram of the influence of interaction of two factors on sensory score of honey complex concentrated pulp

由表 8 可知，响应面感官分析模型 P 值 <0.0001 ，表明模型极显著。失拟项 $P=2.10>0.05$ ，为不显著关系， $R^2=0.9943$ ， $R^2_{Adj}=0.9869$ ，说明模型设计合理，拟合度较高，可用于蜂蜜复合浓缩原浆制作工

艺优化试验的预测和分析。软件分析结果显示， B 、 A^2 、 B^2 、 C^2 项极显著， AC 、 BC 项高度显著， A 、 C 、 AB 项显著。各因素对蜂蜜复合浓缩原浆感官评分的影响次序为： $B>A>C$ 。

响应曲面坡面越陡，表明两两因素交互作用对感官评分的影响越显著^[21]。由图 3 可知，模型中抽滤次数和浓缩时间沿坡面上升趋势与浓缩温度相比更急，表明抽滤次数和浓缩时间对蜂蜜复合浓缩原浆感官评分的影响更显著，结论与表 8 方差分析结果一致。响应面试验得出最优组合抽滤次数 3.117 次，浓缩时间 63.888 min，浓缩温度 59.612 °C，为便于试验操作，将条件调整为抽滤次数 3 次，浓缩时间 60 min，浓缩温度 60 °C，即 $A_2B_2C_2$ 。在该条件下进行 3 次重复试验，得到的平均感官评分为 89.730 分，与预测结果相近。

2.5 蜂蜜复合浓缩原浆药效学结果

2.5.1 止咳功效

相比模型组，阳性组、蜂蜜复合浓缩原浆高、中、低剂量组均能延长小鼠咳嗽潜伏期 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$)，减少小鼠咳嗽次数 ($P<0.01$)，咳嗽抑制率分别为 46.48%、36.18%、26.63%、26.38%。在咳嗽次数、咳嗽抑制率上，蜂蜜复合浓缩原浆高剂量组与阳性组无显著差异，表明高剂量蜂蜜复合浓缩原浆具有显著的止咳功效。

表 9 蜂蜜复合浓缩原浆对小鼠止咳作用的影响
Table 9 Effect of honey complex concentrated protoplasm on antitussive effect in mice ($\bar{x}\pm s$)

组别	数量	咳嗽潜伏期/s	咳嗽次数/(次/2 min)	咳嗽抑制率/%
模型组	10	15.50 ± 5.42	39.80 ± 8.50	
阳性组	10	37.74 ± 8.96**	21.30 ± 5.74**	46.48 ± 14.41
高剂量组	10	27.35 ± 8.09**	25.40 ± 5.40**	36.18 ± 13.57
中剂量组	10	27.31 ± 4.67**	29.20 ± 3.65**	26.63 ± 9.16 ^{##}
低剂量组	10	22.28 ± 6.71*	29.30 ± 5.48**	26.38 ± 13.77 ^{##}

注：“*”表示与模型组比较差异显著 ($P<0.05$)，“**”表示与模型组比较差异极显著 ($P<0.01$)；“^{##}”表示与阳性组比较差异极显著 ($P<0.01$)。

2.5.2 化痰功效

相比模型组，阳性组、蜂蜜复合浓缩原浆高、中剂量组均能促进小鼠酚红排泄 ($P<0.01$)，酚红排泄量呈剂量依赖性升高 ($P<0.05$)。在酚红排泄量上，蜂蜜复合浓缩原浆高、中剂量组与阳性组无

显著差异，表明高、中剂量蜂蜜复合浓缩原浆具有显著的化痰功效。

表 10 蜂蜜复合浓缩原浆对小鼠化痰作用的影响
Table 10 Effect of honey complex concentrated protoplasm on reducing phlegm in mice ($\bar{x}\pm s$)

组别	数量	酚红排放量/($\mu\text{g/mL}$)
模型组	10	2.61 ± 0.46
阳性组	10	$3.81\pm 0.64^{**}$
高剂量组	10	$3.67\pm 0.76^{**}$
中剂量组	10	$3.47\pm 0.42^{**}$
低剂量组	10	$2.88\pm 0.27^{##}$

注：“**”表示与模型组比较差异极显著 ($P<0.01$)；
“##”表示与阳性组比较差异极显著 ($P<0.01$)。

3 结论

本实验以中医药理论为指导，在古方《蜂蜜莱菔饮》的基础上，进一步聚焦“清肺金、通肺络”，辅以百合、桑叶、玉竹、陈皮等原料，实现润肺止咳之效。研究获得蜂蜜复合浓缩原浆的最佳配方为：蜂蜜添加量 7.0 g、浓缩原浆添加量 7.0 mL、浓缩调味果汁添加量 3.5 mL，其中浓缩原浆添加量对产品感官评分影响最大，可能与原浆中桑叶、陈皮的清苦味有关。最佳制作工艺条件为：抽滤次数 3 次，浓缩时间 60 min，浓缩温度 60 ℃，其中浓缩时间对产品感官评分影响最大，可能与原料中呈香成分的释放量有关。在此配方及工艺条件下制得的蜂蜜复合浓缩原浆能明显延长小鼠咳嗽潜伏期，减少 2 min 内小鼠咳嗽次数，提高小鼠酚红排泌能力，其中高剂量组与阳性组无显著差异，具有较好止咳、化痰作用。该研究结果有助于促进蜂蜜资源的开发利用，探索服务于大健康产业发展战略的药食同用中医药特色资源利用与开发路径。

参考文献

[1] PALMA MORALES M, HUERTAS J R, RODRÍGUEZ PÉREZ C. A comprehensive review of the effect of honey on human health [J]. *Nutrients*, 2023, 15(13): 3056.

[2] BALOŠ M M Ž, POPOV N S, RADULOVIĆ J Z P, et al. Sugar profile of different floral origin honeys from Serbia [J]. *Journal of Apicultural Research*, 2020, 59(4): 398-405.

[3] CÁRDENAS ESCUDERO J, MÁRMOL ROJAS C, ESCRIBANO PINTOR S, et al. Honey polyphenols: regulators of human microbiota and health [J]. *Food and Function*, 2023, 14(2): 602-620.

[4] ALANGARI A A, MORRIS K, LWALEED B A, et al. Honey is potentially effective in the treatment of atopic

dermatitis: Clinical and mechanistic studies [J]. *Immunity Inflammation and Disease*, 2017, 5(2): 190-199.

[5] TALEBI M, TALEBI M, FARKHONDEH T, et al. Molecular mechanism-based therapeutic properties of honey [J]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2020, 130: 110590.

[6] AW YONG P Y, ISLAM F, HARITH H H, et al. The potential use of honey as a remedy for allergic diseases: a mini review [J]. *Frontiers in Pharmacology*, 2020, 11: 599080.

[7] 国家药典委员会.中国药典[M].北京:中国医药科技出版社,2020.

[8] MEGHJI J, MORTIMER K, AGUSTI A, et al. Improving lung health in low-income and middle-income countries: from challenges to solutions [J]. *The Lancet*, 2021, 397(10277): 928-940.

[9] 袁文芹,玄红专,王凯.蜂蜜中抗菌活性物质及其抑菌作用机理研究进展[J].*食品工业科技*,2023,44(4):438-446.

[10] 吕斌.喝蜂蜜止咳,孩子应慎用[J].*家庭科学·新健康*, 2012,11:31.

[11] 安民辰,谢崇鑫,高芸,等.2023年中国蜂蜜贸易现状及未来展望[J].*中国蜂业*,2024,75(6):53-57.

[12] LIU J R, CHEN B X, JIANG M T, et al. Polygonatum odoratum polysaccharide attenuates lipopolysaccharide-induced lung injury in mice by regulating gut microbiota [J]. *Food Science & Nutrition*, 2023, 11(11): 6974-6986.

[13] NEAMAT ALLAH A N F, MAHMOUD E A, MAHSOUB Y. Effects of dietary white mulberry leaves on hemato-biochemical alterations, immunosuppression and oxidative stress induced by *Aeromonas hydrophila* in *Oreochromis niloticus* [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2021, 108: 147-156.

[14] WU C, LIU Y, YANG Y, et al. Analysis of therapeutic targets for SARS-CoV-2 and discovery of potential drugs by computational methods [J]. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 2020, 10(5): 766-788.

[15] XIA Z, WANG F, ZHOU S, et al. Catalpol protects synaptic proteins from beta-amyloid induced neuron injury and improves cognitive functions in aged rats [J]. *Oncotarget*, 2017, 8(41): 69303-69315.

[16] 代琪,白苑丁,叶俏波,等.不同产地大枣化学成分及其药理作用研究进展 [J].*中国药物评价*,2023,40(6):506-511.

[17] 杨亚滢,王瑞,钱程程,等.乌梅化学成分、药理作用研究进展及质量标志物预测[J].*中成药*,2023,45(5):1583-1588.

[18] KAMBLE S, AHMED M Z, RAMABHIMAIAHA S, et al. Anti-Inflammatory activity of *Raphanus sativus* L in acute and chronic experimental models in albino rats [J]. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 2013, 6: 173-177.

[19] 王海荣,孟柯,特格喜白音,等.蒙药复方沙棘颗粒剂止咳、化痰作用研究[J].*中国民族医药杂志*,2023,29(6): 49-50,71.

[20] 赵思俊,曲萍,李洋,等.小鼠酚红排泌实验影响因素的考察[J].*山西中医学院学报*,2017,18(4):5-7.

[21] 蒋方国,凌云坤,徐宏,等.响应面法优化羊肚菌鸡脯汤料包工艺[J].*中国调味品*,2021,46(3):91-94,99.