

# 凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥特性及品质影响的比较

古丽米热·努尔麦麦提, 冯作山\*, 白羽嘉

(新疆农业大学食品科学与药学学院, 新疆果品采后科学与技术重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 该文研究了凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥特性及品质的影响。为了加快杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥速率、改善品质, 先通过单因素试验就单一凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥特性和品质的影响进行了研究, 筛选出影响较大的四种凝胶剂。再在单因素试验的基础上设计 Box-Behnken 响应面实验, 以干燥速率、硬度、Vc 含量、感官评分为响应值, 琼脂、 $\beta$ -环糊精、海藻酸钠、果胶添加量为自变量进行复配, 得出凝胶剂的最佳复合添加量及比例。从不同的角度对复合果丹皮的品质进行研究, 发现凝胶剂添加量过多或者过少时, 品质都有不同程度的变化。综合干燥速率、质构、Vc 含量及感官评分结果, 选取添加 37.5% 的琼脂、25% 的  $\beta$ -环糊精、25% 的海藻酸钠、12.5% 的果胶添加量为最佳, 此时的复合凝胶剂添加比例为 3:2:2:1。与使用单一凝胶剂相比, 复合凝胶剂更能起到协同效果, 加快杏与玫瑰花酱复合果丹皮的干燥速率、改善品质, 为果丹皮产业发展和市场开发提供技术参考和指导。

**关键词:** 杏与玫瑰花酱复合果丹皮; 复合凝胶剂; 干燥速率; 质构

文章编号: 1673-9078(2024)11-269-280

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.11.1257

## Effects of the Gel Addition Amount on the Drying Characteristics and Quality of Apricot and Rose Paste Composite Fruit Peel

GULMIRA·Nurmamat, FENG Zuoshan\*, BAI Yujia

(College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Key Laboratory of Postharvest Science and Technology of Fruit, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** The effects of the amount of gel additive on the drying characteristics and quality of apricot and rose paste composite fruit peel were studied. To accelerate the drying rate and improve the quality of apricot and rose paste composite fruit peel, different amounts of a single gel were added and the drying characteristics and quality of the fruit peel were studied using a single-factor test. Subsequently, a Box-Behnken response surface test was designed on the basis of the results of the single-factor test. With drying rate, hardness, Vc content, and sensory score as response values and AGAR,  $\beta$ -cyclodextrin, sodium alginate, and pectin content as the independent variables, the optimal compound addition amount and proportion of

引文格式:

古丽米热·努尔麦麦提, 冯作山, 白羽嘉. 凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥特性及品质影响的比较 [J]. 现代食品科技, 2024, 40(11): 269-280.

GULMIRA·Nurmamat, FENG Zuoshan, BAI Yujia. Effects of the gel addition amount on the drying characteristics and quality of apricot and rose paste composite fruit peel [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(11): 269-280.

收稿日期: 2023-10-19

基金项目: 新疆维吾尔自治区杏产业技术体系 (XJCYTX-03-05-2021)

作者简介: 古丽米热·努尔麦麦提 (1996-), 女, 硕士, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程, E-mail: 2513998631@qq.com

通讯作者: 冯作山 (1963-), 男, 硕士, 教授, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程, E-mail: Fengzuoshan@126.com

gel were obtained. The quality of the composite fruit peel was studied from different perspectives. It was found that the quality changed to different degrees when the amount of gel was excessive or insufficient. Based on the drying rate, texture, Vc content, and sensory scores, 37.5% AGAR, 25%  $\beta$ -cyclodextrin, 25% sodium alginate, and 12.5% pectin were selected as the optimal content, and their ratio in the compound gel was 3:2:2:1. Compared with the use of a single gel, the composite gel had a greater synergistic effect, accelerated the drying rate, and improved the quality of the apricot and rose paste composite peel. The findings provide a technical reference and guidance for the development of the fruit peel industry and market development.

**Key words:** apricot and rose paste composite fruit peel; compound gel; drying rate; texture

杏 (*Prunus armeniaca* L.) 是蔷薇科、李亚科、杏属植物, 现在美洲、地中海、南非等全球各地区广泛栽培, 而且在我国栽培历史也很长<sup>[1]</sup>。杏果营养价值高, 富含蛋白质、类黄酮、矿物质元素、维生素和氨基酸。100 g 鲜杏中含有 10% 果糖、2.04% 有机酸、0.82 g 蛋白质、1.79 mg 胡萝卜素、10 mg 维生素 C; 含有 17 种氨基酸; 含有 0.36%~0.55% 的矿物质元素, 其中钙、铁、钾、镁、磷、锌等元素是人体健康和生命代谢所必需的<sup>[2]</sup>。杏鲜果是一种季节性很强的水果, 可以缓解夏天的炎热。此外, 杏鲜果是一种低热、多维、长寿的水果, 有利于人体健康。

玫瑰花酱在我国具有悠久的历史, 是非常受欢迎的特色美食。传统的玫瑰花酱是由玫瑰花和白砂糖混合制作而成, 制作完成之后的玫瑰花酱, 不仅具有玫瑰花香, 同时还有许多有益人体的成分, 比如氨基酸和多酚等, 还具有一定的药用、保健价值<sup>[3-5]</sup>。目前对新疆地区制作的玫瑰花酱进行研究之后发现, 尤其是和田等地区制作的特色传统玫瑰花酱, 其蕴含了非常丰富的生物碱和黄酮<sup>[6]</sup>。

果丹皮是以含有较多果胶和有机酸水果为主要原料制得的果脯类休闲水果食品<sup>[7]</sup>。在传统休闲食品中, 果丹皮一般用山楂或苹果作为原料, 通过一系列的生产加工工艺制得的一种老幼皆宜的大众化水果制品, 因其酸甜适口, 光滑柔韧的品质特性而深受消费者青睐<sup>[8]</sup>。随着我国休闲食品的快速发展, 果丹皮产业也发展迅速, 与此同时, 人们对果丹皮食品的要求也越来越高。近年来, 有关果丹皮的开发日趋多样化, 有学者研究以芒果<sup>[9]</sup>、桃<sup>[10]</sup>、猕猴桃<sup>[11]</sup>、沙棘<sup>[12]</sup>、大枣<sup>[13]</sup>、柑橘<sup>[14]</sup>等水果制成果丹皮, 还有学者以胡萝卜<sup>[15]</sup>、西红柿<sup>[16]</sup>、海带<sup>[17]</sup>等蔬菜制成复合果蔬果丹皮, 但以杏子为原料制作果丹皮的研究较少, 杏子与玫瑰花酱复合果丹皮产品在市面上未见, 也未见报道。

凝胶剂又称食品胶, 是食品工业中用来提高食

品粘度或形成凝胶的一类重要食品添加剂<sup>[18]</sup>。目前市售果丹皮主要以琼脂或海藻酸钠作为凝胶剂, 以解决干燥速率缓慢、咀嚼性差以及口感不佳等问题<sup>[19]</sup>。李娟等<sup>[20]</sup>研究了以魔芋胶、黄原胶、海藻酸钠等多种胶体替代明矾生产无矾粉丝, 以马铃薯淀粉粉丝的糊汤品质和断条率作为试验指标, 考察单一食用胶及复合食用胶对马铃薯淀粉粉丝品质的影响。结果表明, 添加黄原胶、海藻酸钠作为明矾替代物对马铃薯淀粉粉丝的品质具有良好的改良作用。

因此, 本文对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥时间长、咀嚼性差及口感不佳等问题进行了改善, 对单一凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥特性及品质进行比较, 在此基础上得出凝胶剂最优复合添加量比例。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

明星杏, 乌鲁木齐市九鼎水果批发市场, 可溶性固形物含量为 (12±0.9) °Brix; 玫瑰花酱、白砂糖, 乌鲁木齐市北园春干果批发市场; 凝胶剂: 琼脂、卡拉胶、黄原胶、 $\beta$ -环糊精、海藻酸钠、果胶 (均为食品级), 福建绿新食品有限公司; 蒸馏水; 抗坏血酸、2,6-二氯酚靛酚、草酸、NaHCO<sub>3</sub> (均为分析纯), 上海麦克林试剂有限公司; 碱式滴定管, 容量瓶、移液器、三角瓶、研钵、电子天平、抽滤瓶、滤纸、铁架台, 北京北玻博美玻璃有限公司。

### 1.2 试验设备

JEA202 电子天平, 上海浦春计量仪器有限公司; C21-WH2106 美的电磁炉, 美的电磁炉科技股份有限公司; TU-1810 紫外线分光光度计, 北京普析通用仪器有限责任公司; TGL-16G 离心机, 上海安亭科学仪器厂; DZKW-S-4 电热恒温水浴锅, 北京市

永光明医疗仪器有限公司；TA-XT Plus 质构仪，英国 Stable Micro System 公司；JM-L50 胶体磨，广东美的电器制造有限公司；DHG-9420A 干燥箱，上海申贤恒温设备厂；DHS-16A 水分测定仪，上海菁海仪器有限公司。

### 1.3 工艺流程

杏子→打浆→果浆→调配←玫瑰花酱  
↓  
复合胶+水→溶胶→熬煮浓缩→抽真空→干燥→成型→  
包装→成品

#### 1.3.1 湿基含水率的测定

初始含水率的测定采用 GB 5009.3-2016<sup>[21]</sup> 直接干燥法进行测定，重复 3 次，本试验测得杏与玫瑰花酱复合果丹皮的初始含水率为 30%。湿基含水率的计算公式如下：

$$W = \frac{m_w}{m} \quad (1)$$

式中：

$W$ ——湿基含水率，g/g；

$m_w$ ——湿物料中水分的质量，g；

$m$ ——湿物质总质量，g。

干燥时间和含水率的控制：杏与玫瑰花酱复合果丹皮成型开始干燥并计时，每隔一小时称一次重且测定含水率，直至水分含量达到 $\leq 12\%$ 时停止干燥，并记录干燥时间、计算干燥速率。

#### 1.3.2 干基含水率的测定

干燥过程中干基含水率测定采用质量差法测得，根据公式计算得出干燥过程中干基含水率，重复 3 次。

$$W = \frac{m_t - m}{m} \quad (2)$$

式中：

$W$ ——干燥  $t$  时刻干基含水率，g/g；

$m_t$ —— $t$  时刻样品质量，g；

$m$ ——样品干物质质量，g。

#### 1.3.3 干燥速率的测定

干燥速率的测定根据单位时间内干基含水率的变化量表示，干燥过程中干基含水率计算出干燥速率，计算公式如下，重复 3 次。

$$V_t = \frac{W_t - W_{t-n}}{n} \times 100 \quad (3)$$

式中：

$V_t$ —— $t$  时刻干燥速率，g/g·min；

$W_t$ —— $t$  时刻干基含水率，g/g；

$W_{t-n}$ —— $t-n$  时刻干基含水率，g/g；

$n$ ——干基含水率测定时间间隔，min。

#### 1.3.4 质构的测定

通过使用质构仪对杏与玫瑰花酱复合果丹皮进行质构测定<sup>[22]</sup>。使用质构仪对成品的硬度、弹性、内聚性、胶黏性、咀嚼性、恢复性等进行测试。质构参数为：灵敏度为 P/0.5 的圆柱形探头，测试前速度为 1.0 mm/s，测试中速度为 0.5 mm/s，测试后速度为 1.0 mm/s，触发点负载为 5 g，压缩形变量为 0.1 mm，样品循环测定次数为 3 次，取平均值作为最终鉴定结果。

#### 1.3.5 Vc 含量的测定

采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定，称取 10 g 复合果丹皮组织样品于研钵中，加入 2% (V/V) 草酸溶液，在冰浴条件下研磨成浆状，转入到 100 mL 容量瓶中，用 2% (V/V) 草酸溶液冲洗研钵后，亦倒入容量瓶中，再用 2% 草酸溶液定容至刻度，摇匀，提取 10 min 后过滤，收集滤液备用。使用移液器吸取 10 mL 滤液置于 100 mL 的三角瓶中，用已标定的 2,6-二氯酚靛酚溶液滴定至出现微红色，且 15 s 内不褪色为止，记下染料用量。同时以 10 mL 2% (m/V) 草酸溶液作为空白，按同样方法进行滴定，重复三次。根据燃料的滴定消耗量，算出复合果丹皮中的 Vc 含量，以 100 g 鲜重 (FW) 样品中含有的 Vc 毫克数表示，即 mg/100 g FW。公式如下：

$$V_c = \frac{V \times (V_1 - V_0) \times C}{V_s \times W} \times 100 \quad (4)$$

式中：

$V_1$ ——样品滴定消耗的染料体积，mL；

$V_0$ ——空白滴定消耗的染料体积，mL；

$C$ ——1 mL 染料溶液相当于  $V_c$  的含量，mg；

$V_s$ ——滴定时所取样品溶液体积，mL；

$V$ ——样品提取溶液总体积，mL；

$W$ ——样品质量。

### 1.3.6 感官评价

表 1 杏与玫瑰花酱复合果丹皮的感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of apricot and rose paste composite fruit peel

评定项目	评分标准	得分
色泽 (25分)	颜色呈棕褐色, 均匀且有光泽;	20~25
	颜色呈棕褐色, 较均匀且亮度较差;	10~20
	颜色呈棕褐色, 不均匀且没有亮度;	0~10
香气 (25分)	具有玫瑰花特有香且香气柔和;	20~25
	玫瑰花香味较淡;	10~20
	几乎没有玫瑰花香气;	0~10
口感 (25分)	酸甜合适, 口感较好, 口感细腻;	20~25
	偏酸或偏甜, 口感较为细腻;	10~20
	过甜或过酸, 口感较为粗糙;	0~10
组织状态 (25分)	表面光滑, 软硬适中, 有弹性, 不粘牙;	20~25
	表面有点粘湿, 软硬适中, 略有弹性, 粘牙;	10~20
	表面粘湿, 疏松绵软或硬脆, 粘牙, 无弹性。	0~10

### 1.3.7 数据分析

数据处理采用 Excel 软件进行统计分析, 绘图采用 Origin 2019 软件进行, Design-ExPert.V 8.0.6.1 进行响应面分析, 采用 SPSS 20.0 软件进行显著性差异分析, 结果以平均值 ± 标准误差 (X±SD) 来表示。

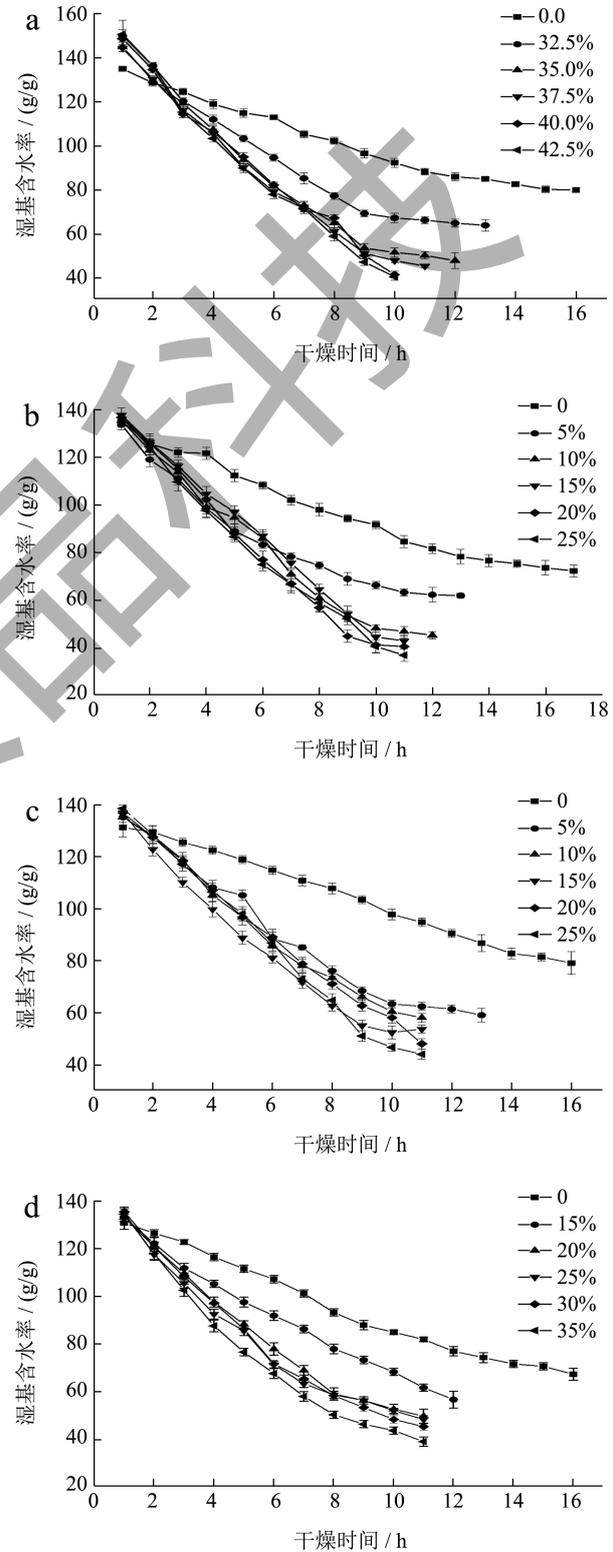
### 1.4 单因素试验设计

以混合果酱重 180 g (杏:玫瑰花酱为 2:1) 计, 在固定柠檬酸添加量为 0.2% (wt.%) , 白砂糖添加量为 5.5% (wt.%) , 复合胶添加量 3% (wt.%) , 苯甲酸钠添加量为 0.04% (wt.%) 的条件下, 将琼脂添加量设为 0、32.5%、35%、37.5%、40%、42.5% (wt.%) ; 卡拉胶添加量设为 0、5%、10%、15%、20%、25% (wt.%) ; 黄原胶添加量设为 0、5%、10%、15%、20%、25% (wt.%) ;  $\beta$ - 环糊精添加量设为 0、15%、20%、25%、30%、35% (wt.%) ; 海藻酸钠添加量设为 0、10%、15%、20%、25%、30% (wt.%) ; 果胶的添加量设为 0、10%、12.5%、15%、17.5%、20% (wt.%) 分别添加到复合果丹皮中, 以干燥速率、质构、Vc 含量以及感官评分为指标, 比较不同凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥速率、质构、Vc 含量以及感官品质的影响, 在此基础上进行凝胶剂复配试验, 确定复合凝胶剂最佳添加量及比例。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验结果与分析

#### 2.1.1 凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮湿基含水率的影响



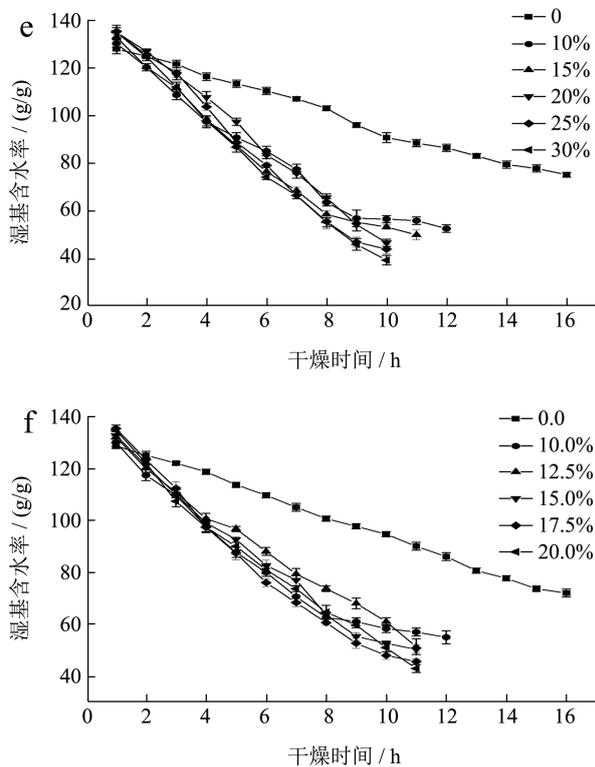


图1 不同凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮的湿基含水率变化曲线

Fig.1 The change curve of moisture content of apricot and rose paste composite fruit peel with different gel dosage

注: (a) 琼脂; (b) 卡拉胶; (c) 黄原胶; (d)  $\beta$ -环糊精; (e) 海藻酸钠; (f) 果胶。

不同凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮的湿基含水率变化曲线如图1所示。由图1可知, 随凝胶剂添加量的增加, 相同时间内杏与玫瑰花酱复合果丹皮湿基含水率在降低。由图1a可知, 不同琼脂添加量使杏与玫瑰花酱复合果丹皮水分达到平衡的时间不同, 分别为16、13、12、11、10、10 h。当琼脂添加量在40%~42.5% (wt.%) 时水分达到平衡所需要的时间最短, 为10 h, 这与对照组相比缩短了37.5%; 由图1b可知, 对照组水分达到平衡所需要的时间最长、为17 h, 卡拉胶添加量在15%~25% (wt.%) 时所需要的时间最短, 为11 h, 与对照组相比缩短了35.29%; 由图1c可知, 对照组水分达到平衡所需要的时间最长为16 h, 黄原胶添加量在10%~25% (wt.%) 时所需要的时间最短, 为11 h, 与对照组相比缩短了31.25%; 由图1d可知, 对照组水分达到平衡所需要的时间最长, 为16 h,  $\beta$ -环糊精添加量在20%~35% (wt.%) 时所需要的时间最短, 为11 h, 与对照组相比缩短了31.25%; 由图1e可知, 对照组水分达到平衡所需要的时间最

长, 为16 h, 海藻酸钠添加量在20%~30% (wt.%) 时所需要的时间最短, 为10 h, 与对照组相比缩短了37.5%; 由图1f可知, 对照组水分达到平衡所需要的时间最长, 为16 h, 果胶添加量在12.5%~20% (wt.%) 时所需要的时间最短, 为10 h, 与对照组相比缩短了37.5%。凝胶剂添加量可显著提高杏与玫瑰花酱复合果丹皮的干燥时间, 这是因为凝胶剂对水分有较强的排斥力, 凝胶剂添加量越高, 水分受到的束缚力越小, 干燥时间越短<sup>[22]</sup>。

### 2.1.2 凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥速率的影响

不同凝胶剂添加量下, 杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥速率曲线如图2所示。由图2可知, 干燥速率随干基含水率的变化而变化。由图2a可知, 杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥速率在初始阶段迅速增长, 到达峰值后逐渐下降, 并一直呈下降趋势。对照组的干燥速率最小, 为11.77 g/g·min, 当琼脂添加量为35%~37.5% (wt.%) 时干燥速率最大, 为19.54 g/g·min, 与对照组相比干燥速率提升了66.01%; 由图2b可知, 杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥速率均呈先快后慢的趋势, 对照组的干燥速率最小, 为10.52 g/g·min, 当卡拉胶添加量为5%~25% (wt.%) 时, 各卡拉胶添加量下的干燥速率变化较一致; 由图2c可知, 对照组的干燥速率最小, 为11.14 g/g·min, 当黄原胶添加量为5%~25% (wt.%) 时, 黄原胶添加量下的干燥速率均呈先快后慢的趋势, 这与卡拉胶添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥速率的影响的结果相类似; 由图2d可知, 对照组的干燥速率最小, 为9.49 g/g·min, 当 $\beta$ -环糊精添加量为25% (wt.%) 时干燥速率最大, 为18.79 g/g·min, 与对照组相比干燥速率提升了97.99%; 由图2e可知, 对照组的干燥速率最小, 为12.20 g/g·min, 当海藻酸钠添加量为25% (wt.%) 时干燥速率最大, 为18.89 g/g·min, 与对照组相比提升了54.83%; 由图2f可知, 对照组的干燥速率最小, 为11.32 g/g·min, 当果胶添加量为12.5% (wt.%) 时干燥速率最大, 为17.13 g/g·min, 与对照组相比提升了51.33%。

由干燥速率曲线结果可知, 杏与玫瑰花酱复合果丹皮的干燥主要经历了加速、降速两个阶段。降速阶段长于加速阶段, 说明在干燥后期凝胶剂添加量比干燥前期对试样水分扩散速率有较大的影响。

主要原因是干燥过程以降速阶段为主,杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥时内部的水分扩散起主导作用,直接调控杏与玫瑰花酱复合果丹皮的干燥速率,符合大多数果蔬如胡萝卜、西红柿、海带等的干燥规律。

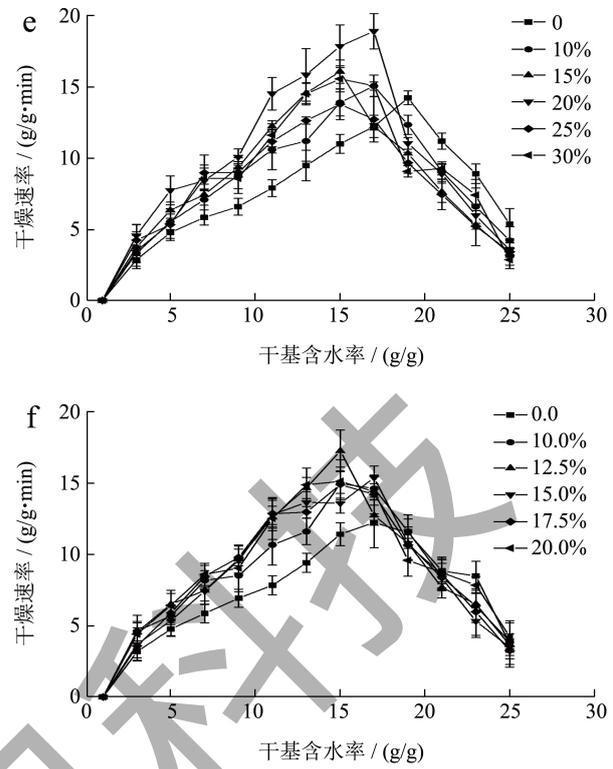
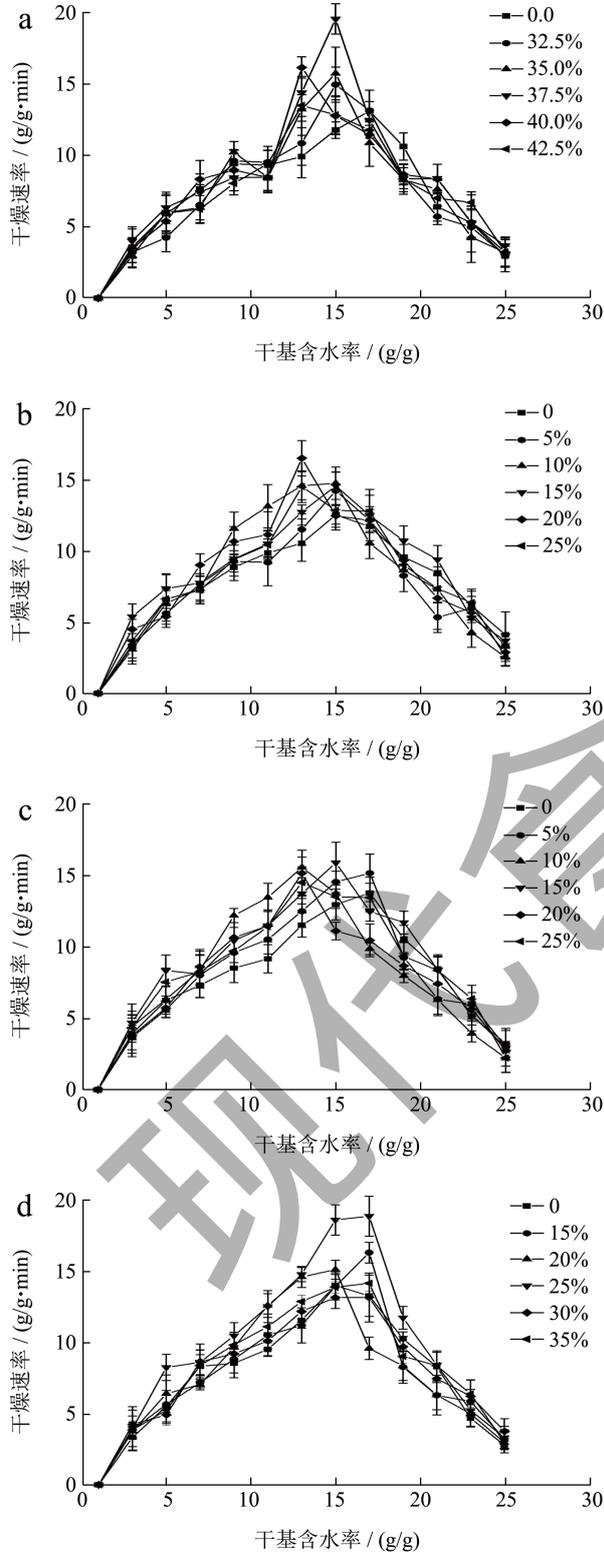


图2 不同凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮的干燥速率变化曲线

Fig.2 Curve of drying rate of apricot and rose paste composite fruit peel with different dosage of gels

注:(a) 琼脂;(b) 卡拉胶;(c) 黄原胶;(d)  $\beta$ -环糊精;(e) 海藻酸钠;(f) 果胶。图3同。

### 2.1.3 凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮质构的影响

质构是评价产品品质的重要指标,它可以很好地表征物料受力后的形变大小,从而间接地体现出其结构<sup>[23]</sup>。凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮质构的影响结果如表2~7所示。由表2~7可知随着琼脂添加量的增加,杏与玫瑰花酱复合果丹皮的硬度和内聚性逐渐增强,但弹性、粘性和咀嚼性有所降低。卡拉胶的添加则对硬度和内聚性产生类似影响,但弹性、粘性和咀嚼性的下降更为显著。黄原胶的添加也使硬度和内聚性上升,而对弹性、粘性和咀嚼性的影响较小。 $\beta$ -环糊精和海藻酸钠的添加同样使硬度和内聚性增加,而对其他性质的影响略有不同。果胶的添加则主要影响硬度和内聚性,对其他性质的影响较小。这些添加剂对杏与玫瑰花酱复合果丹皮物理特性的影响在一定范围内存在显

著性差异。样品硬度值的大小取决于干燥方式对其组织结构的影响,体现出样品的多孔性、收缩性和体积密度等方面<sup>[23]</sup>。过多的凝胶剂添加量会使成品

过硬、组织状态疏松、口感不佳,因此需要控制凝胶剂添加量。谢国芳等<sup>[24]</sup>研究不同胶凝剂对刺梨糕胶凝性的影响研究结果也在强调这一点。

表 2 琼脂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮质构的影响

Table 2 Effect of AGAR addition on the texture of apricot and rose paste composite fruit peel

琼脂添加量/%	硬度/g	弹性/mm	内聚性/%	粘性/g	咀嚼性/mJ
0	1 512.26 ± 433.78 <sup>c</sup>	11.67 ± 4.11 <sup>a</sup>	21.76 ± 3.89 <sup>f</sup>	11 334.56 ± 141.19 <sup>a</sup>	9 543.64 ± 514.19 <sup>a</sup>
32.5	2 768.35 ± 241.55 <sup>d</sup>	9.34 ± 3.29 <sup>b</sup>	33.76 ± 4.12 <sup>c</sup>	9 564.91 ± 253.88 <sup>b</sup>	7 211.05 ± 312.10 <sup>b</sup>
35	5 632.01 ± 156.09 <sup>c</sup>	7.97 ± 2.14 <sup>a</sup> <sup>b</sup>	45.89 ± 7.99 <sup>d</sup>	8 320.33 ± 421.76 <sup>c</sup>	6 786.56 ± 521.85 <sup>b</sup>
37.5	8 543.22 ± 428.54 <sup>b</sup>	5.86 ± 3.21 <sup>c</sup>	71.28 ± 10.23 <sup>c</sup>	6 321.78 ± 673.90 <sup>d</sup>	5 645.76 ± 324.60 <sup>c</sup>
40	9 794.61 ± 153.70 <sup>b</sup>	2.15 ± 1.23 <sup>cd</sup>	101.33 ± 11.01 <sup>b</sup>	4 765.54 ± 241.76 <sup>d</sup>	4 654.37 ± 453.17 <sup>cd</sup>
42.5	11 071.32 ± 335.24 <sup>a</sup>	1.34 ± 0.78 <sup>d</sup>	129.45 ± 34.67 <sup>a</sup>	3 732.11 ± 119.75 <sup>e</sup>	3 637.89 ± 195.64 <sup>d</sup>

注:不同字母表示同列中数字间显著性差异 ( $P < 0.05$ );表 3~表 7 同。

表 3 卡拉胶添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮质构的影响

Table 3 Effect of carrageenan addition on the texture of apricot and rose paste composite fruit peel

卡拉胶添加量/%	硬度/g	弹性/mm	内聚性/%	粘性/g	咀嚼性/mJ
0	1 131.33 ± 271.68 <sup>d</sup>	9.76 ± 4.45 <sup>a</sup>	45.14 ± 5.26 <sup>d</sup>	12 424.23 ± 123.00 <sup>a</sup>	11 098.22 ± 538.17 <sup>a</sup>
5	4 542.74 ± 419.62 <sup>d</sup>	6.78 ± 2.01 <sup>b</sup>	48.03 ± 6.48 <sup>cd</sup>	9 342.99 ± 533.27 <sup>b</sup>	9 233.18 ± 325.16 <sup>b</sup>
10	6 532.11 ± 223.14 <sup>cd</sup>	5.65 ± 2.41 <sup>c</sup>	56.78 ± 9.62 <sup>c</sup>	7 258.26 ± 345.24 <sup>c</sup>	7 471.15 ± 314.90 <sup>b</sup>
15	7 510.45 ± 314.24 <sup>c</sup>	3.23 ± 1.74 <sup>c</sup>	86.67 ± 13.01 <sup>b</sup>	6 656.24 ± 536.78 <sup>d</sup>	6 024.27 ± 134.04 <sup>c</sup>
20	9 512.97 ± 153.70 <sup>b</sup>	2.13 ± 1.80 <sup>d</sup>	91.32 ± 32.08 <sup>b</sup>	5 637.25 ± 134.54 <sup>c</sup>	5 553.84 ± 264.67 <sup>d</sup>
25	11 221.89 ± 214.40 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.32 <sup>c</sup>	132.69 ± 63.33 <sup>a</sup>	3 245.09 ± 352.65 <sup>f</sup>	4 215.04 ± 356.91 <sup>c</sup>

表 4 黄原胶添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮质构的影响

Table 4 Effect of xanthan gum addition on the texture of apricot and rose paste composite fruit peel

黄原胶添加量/%	硬度/g	弹性/mm	内聚性/%	粘性/g	咀嚼性/mJ
0	2 541.21 ± 154.89 <sup>d</sup>	5.97 ± 2.15 <sup>a</sup>	64.32 ± 17.15 <sup>d</sup>	11 314.03 ± 154.99 <sup>a</sup>	12 543.23 ± 432.19 <sup>a</sup>
5	4 436.03 ± 251.65 <sup>cd</sup>	3.29 ± 1.64 <sup>b</sup>	98.75 ± 15.54 <sup>cd</sup>	9 149.52 ± 231.54 <sup>ab</sup>	8 453.02 ± 721.68 <sup>ab</sup>
10	6 543.96 ± 549.08 <sup>c</sup>	3.02 ± 1.20 <sup>b</sup>	107.78 ± 10.23 <sup>d</sup>	8 657.01 ± 265.32 <sup>b</sup>	7 435.21 ± 314.90 <sup>b</sup>
15	7 548.13 ± 325.76 <sup>bc</sup>	2.13 ± 0.97 <sup>bc</sup>	143.54 ± 66.15 <sup>c</sup>	6 463.78 ± 654.34 <sup>c</sup>	6 687.13 ± 231.89 <sup>c</sup>
20	9 954.46 ± 216.54 <sup>b</sup>	1.54 ± 0.14 <sup>c</sup>	214.67 ± 45.27 <sup>b</sup>	5 657.22 ± 128.65 <sup>d</sup>	5 423.01 ± 582.91 <sup>d</sup>
25	12 876.25 ± 516.02 <sup>a</sup>	0.87 ± 0.00 <sup>d</sup>	245.86 ± 51.16 <sup>a</sup>	4 812.78 ± 264.17 <sup>cd</sup>	3 156.35 ± 244.16 <sup>c</sup>

表 5  $\beta$ -环糊精添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮质构的影响

Table 5 Effect of  $\beta$ -cyclodextrin addition on the texture of apricot and rose paste composite fruit peel

$\beta$ -环糊精添加量/%	硬度/g	弹性/mm	内聚性/%	粘性/g	咀嚼性/mJ
0	2 882.54 ± 256.89 <sup>f</sup>	8.36 ± 3.29 <sup>a</sup>	82.14 ± 27.19 <sup>c</sup>	18 975.14 ± 342.19 <sup>a</sup>	10 657.35 ± 235.76 <sup>a</sup>
15	4 435.71 ± 389.01 <sup>c</sup>	5.35 ± 2.87 <sup>b</sup>	103.62 ± 45.14 <sup>d</sup>	11 275.85 ± 534.60 <sup>b</sup>	9 453.25 ± 342.54 <sup>b</sup>
20	6 917.54 ± 549.08 <sup>d</sup>	4.37 ± 2.05 <sup>c</sup>	136.87 ± 65.78 <sup>c</sup>	9 167.54 ± 637.20 <sup>c</sup>	7 523.11 ± 265.78 <sup>c</sup>
25	7 831.01 ± 453.86 <sup>c</sup>	3.82 ± 1.94 <sup>c</sup>	184.39 ± 35.76 <sup>ab</sup>	7 167.23 ± 476.28 <sup>cd</sup>	6 509.28 ± 321.16 <sup>cd</sup>
30	9 543.77 ± 541.90 <sup>b</sup>	1.97 ± 1.01 <sup>d</sup>	209.37 ± 56.28 <sup>b</sup>	5 543.63 ± 234.72 <sup>c</sup>	4 418.54 ± 426.73 <sup>d</sup>
35	10 763.81 ± 251.78 <sup>a</sup>	0.99 ± 0.06 <sup>c</sup>	267.90 ± 47.84 <sup>a</sup>	2 453.34 ± 254.10 <sup>f</sup>	2 634.88 ± 153.26 <sup>c</sup>

表6 海藻酸钠添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮质构的影响

Table 6 Effect of sodium alginate addition on the texture of apricot and rose paste composite fruit peel

海藻酸钠添加量/%	硬度/g	弹性/mm	内聚性/%	粘性/g	咀嚼性/mJ
0	1 456.28 ± 452.17 <sup>d</sup>	10.46 ± 4.28 <sup>a</sup>	100.56 ± 34.26 <sup>f</sup>	9 716.32 ± 367.05 <sup>a</sup>	11 386.19 ± 254.97 <sup>a</sup>
10	4 370.62 ± 281.93 <sup>cd</sup>	7.37 ± 4.27 <sup>b</sup>	148.89 ± 24.76 <sup>c</sup>	7 907.63 ± 265.18 <sup>ab</sup>	9 765.14 ± 437.69 <sup>b</sup>
15	6 699.45 ± 326.18 <sup>c</sup>	5.35 ± 2.78 <sup>c</sup>	190.54 ± 65.24 <sup>d</sup>	6 564.71 ± 326.42 <sup>c</sup>	8 325.43 ± 524.65 <sup>ab</sup>
20	7 654.17 ± 451.32 <sup>b</sup>	3.09 ± 1.11 <sup>cd</sup>	215.67 ± 46.27 <sup>c</sup>	5 632.15 ± 231.67 <sup>d</sup>	7 435.25 ± 643.24 <sup>c</sup>
25	9 764.91 ± 301.16 <sup>ab</sup>	2.06 ± 1.32 <sup>d</sup>	268.19 ± 33.67 <sup>b</sup>	4 650.88 ± 156.32 <sup>cd</sup>	6 536.56 ± 352.28 <sup>d</sup>
30	13 564.64 ± 264.19 <sup>a</sup>	1.34 ± 0.78 <sup>d</sup>	297.18 ± 46.05 <sup>a</sup>	2 748.17 ± 175.83 <sup>d</sup>	4 435.14 ± 254.87 <sup>cd</sup>

表7 果胶添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮质构的影响

Table 7 Effects of Pectin addition on the texture of apricot and rose paste composite fruit peel

果胶添加量/%	硬度/g	弹性/mm	内聚性/%	粘性/g	咀嚼性/mJ
0	2 457.38 ± 145.29 <sup>d</sup>	14.69 ± 5.32 <sup>a</sup>	78.37 ± 23.23 <sup>c</sup>	15 047.27 ± 264.77 <sup>a</sup>	8 665.05 ± 354.27 <sup>a</sup>
10	3 375.20 ± 365.76 <sup>cd</sup>	10.25 ± 3.18 <sup>b</sup>	104.63 ± 43.29 <sup>d</sup>	9 287.24 ± 234.19 <sup>ab</sup>	7 615.41 ± 236.28 <sup>b</sup>
12.5	5 848.65 ± 254.26 <sup>c</sup>	7.47 ± 4.28 <sup>ab</sup>	178.65 ± 36.28 <sup>c</sup>	8 456.92 ± 264.29 <sup>b</sup>	5 176.52 ± 253.90 <sup>c</sup>
15	7 658.34 ± 217.89 <sup>ab</sup>	5.54 ± 3.27 <sup>c</sup>	201.38 ± 35.48 <sup>b</sup>	6 178.05 ± 354.62 <sup>c</sup>	4 658.04 ± 165.67 <sup>d</sup>
17.5	9 275.65 ± 214.94 <sup>a</sup>	3.84 ± 2.65 <sup>cd</sup>	258.64 ± 26.41 <sup>ab</sup>	5 768.25 ± 277.76 <sup>cd</sup>	2 546.26 ± 276.39 <sup>c</sup>
20	13 337.87 ± 426.28 <sup>a</sup>	1.77 ± 0.64 <sup>d</sup>	284.53 ± 54.38 <sup>a</sup>	3 455.71 ± 465.71 <sup>d</sup>	1 436.53 ± 150.27 <sup>f</sup>

### 2.1.4 凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮Vc含量和感官评分的影响

不同凝胶剂添加量下,杏与玫瑰花酱复合果丹皮Vc含量和感官评分结果,如图3所示。由图3a可知,随着琼脂添加量的增加,果丹皮的Vc含量逐渐上升,并在37.5% (wt.%)添加量时达到最高。与对照组相比,此时的Vc含量提升了115.19%。感官评分在添加量为37.5% (wt.%)时达到最高,评分为82.60分。卡拉胶的添加对果丹皮Vc含量有显著影响,Vc含量先上升后下降再上升,当卡拉胶添加量为15% (wt.%)时,感官评分最高,为83.84分。随着黄原胶的添加,Vc含量呈先上升后下降再上升的趋势,当黄原胶添加量为15% (wt.%)时,感官评分最高,为84.35分。随着 $\beta$ -环糊精的添加,Vc含量呈先上升后下降的趋势,当 $\beta$ -环糊精添加量为25% (wt.%)时,Vc含量最高,与对照组相比提升了264.71%,此时感官评分也最高,为83.86分。随着海藻酸钠的添加,Vc含量逐渐上升,当海藻酸钠添加量为25% (wt.%)时,Vc含量最高,与对照组相比提升了139.11%,此时感官评分也最高,为83.81分。随着果胶的添加,Vc含量呈先上升后下降的趋势,当果胶添加量为12.5% (wt.%)时,Vc含量最高,与对照组相比提升了123.64%,此时感官评分也最高,为88.86分。总体来说,不

同凝胶剂对杏与玫瑰花酱复合果丹皮的Vc含量和感官评分有显著影响 ( $P < 0.05$ )。综合Vc含量及感官评分结果,选择琼脂、 $\beta$ -环糊精、海藻酸钠和果胶最佳添加量分别为37.5%、25%、25%、12.5% (wt.%)。而添加卡拉胶和黄原胶两种凝胶剂在减弱杏与玫瑰花酱复合果丹皮原有的品质,因此不选择这两种凝胶剂为杏与玫瑰花酱复合果丹皮的凝胶剂。

综上所述,添加凝胶剂能较完整的保留杏与玫瑰花酱复合果丹皮Vc含量的同时还能提升其Vc含量含量。这是因为果丹皮与空气的接触面积较大,抗坏血酸接触空气易发生氧化反应,导致Vc含量减少,此时添加凝胶剂能起到缩小分子间的流动、因而减少抗坏血酸与空气接触的几率<sup>[22]</sup>。

## 2.2 响应面试验及结果分析

### 2.2.1 响应面试验

在1.4单个凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥特性及品质影响试验结果的基础上,根据Box-Behnken设计原理,以干燥速率、质构、Vc含量以及感官评分为响应值,琼脂、 $\beta$ -环糊精、海藻酸钠、果胶添加量为自变量,设计四因素三水平响应面试验,确定复合凝胶剂最佳比例。响应面因素水平设计出如表8所示。

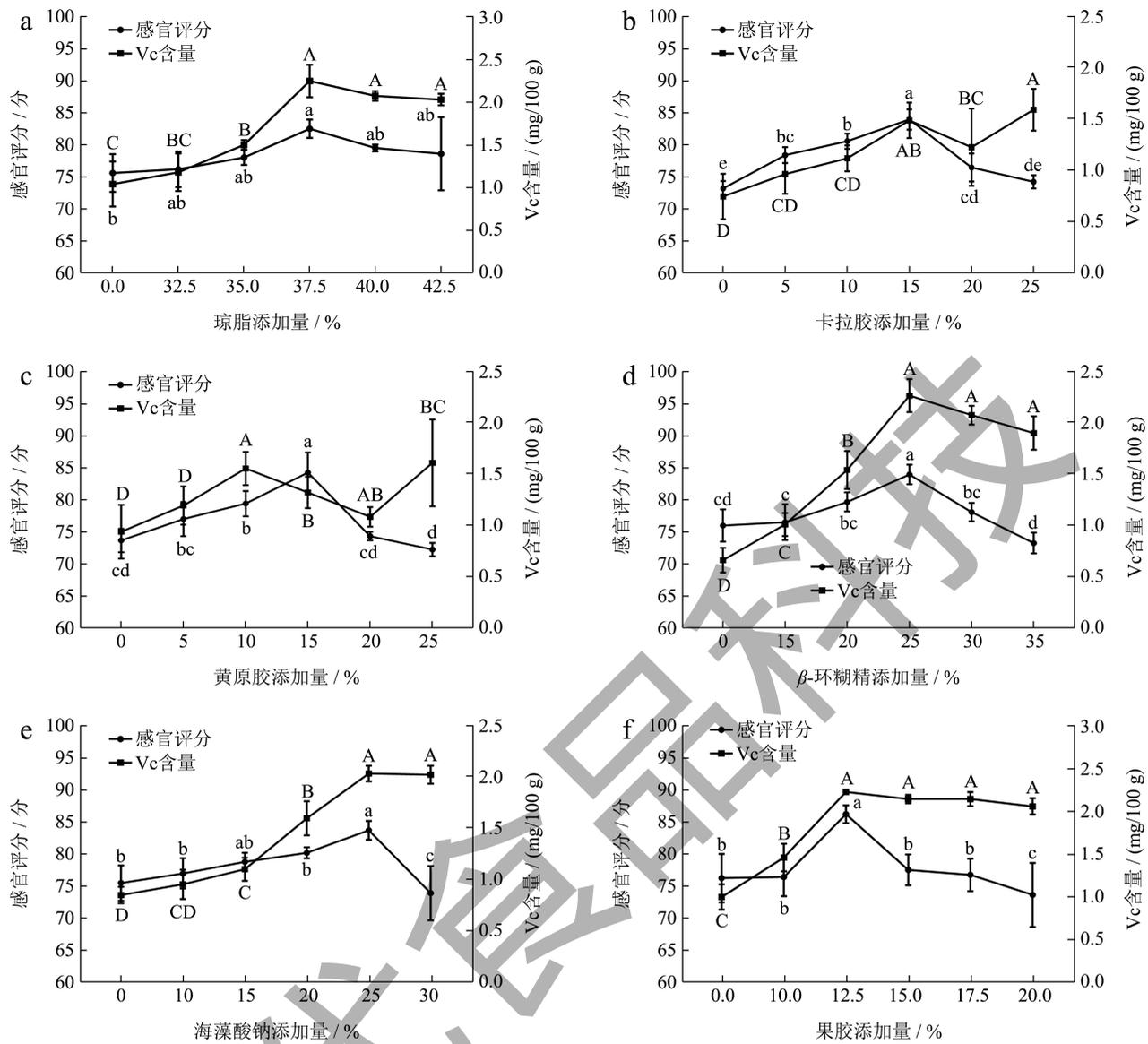


图 3 不同凝胶剂添加量对杏与玫瑰花酱复合果丹皮 Vc 含量及感官评分的影响

Fig.3 Effects of different gels on Vc content and sensory scores of apricot and rose paste composite fruit peel

表 8 响应面试验因素水平表

Table 8 Response surface test factor level table

水平	因素			
	A 琼脂添加量/%	B β-环糊精添加量/%	C 海藻酸钠添加量/%	D 果胶添加量/%
-1	35	20	20	10
0	37.5	25	25	12.5
1	40	30	30	15

2.2.2 响应面结果分析

2.2.2.1 感官评分的响应面结果分析

使用 Design-ExPert 8.0.6 软件对表 9 中的试验数据进行线性回归分析,可以得到杏与玫瑰花酱复合果丹皮与琼脂、β环糊精、海藻酸

钠、果胶添加量确定的感官评分回归方程为:  
 $Y=88.80+2.00A+0.17B-1.33C+1.50D-1.75AB-0.50AC-1.25AD-0.25BC+0.50BD+1.75CD-7.57A^2-7.32B^2-5.32B^2-4.57D^2$

由表 10 可以看出,模型  $P<0.0001$ , 方程回归极显著;由  $F$  值可知,影响杏与玫瑰花酱复合果丹皮硬度的最大因素是琼脂添加量,其次是果胶添加量,再次是海藻酸钠添加量,最后是 β-环糊精添加量;该方程关系系数  $R^2=0.9506$ , 又因为模型的失拟项  $P$  为  $0.9546>0.05$ , 不显著,说明该模型的拟合度高,可以用该回归方程来描述杏与玫瑰花酱复合果丹皮的感官评分。二次项  $A^2$ 、 $B^2$ 、 $C^2$ 、 $D^2$  极显著,其它交互项都不显著。

表 9 响应面试验分析及质构结果表

Table 9 Response surface test analysis and texture results table

试验号	因素				干燥速率 (g/g·min)	硬度/g	Vc 含量 (mg/100 g)	感官评分 /分
	A	B	C	D				
1	0	0	0	0	19.54	1 543.2	5.363	88
2	0	0	0	0	21.02	2 432.7	6.357	89
3	0	0	0	0	19.17	2 674.1	5.536	90
4	0	0	0	0	20.56	1 816.3	6.396	89
5	0	0	0	0	20.18	2 420.1	7.329	88
6	0	-1	0	1	11.23	2 323.8	2.198	77
7	-1	0	-1	0	14.21	1 262.4	1.486	73
8	-1	0	0	-1	15.09	2 432.9	2.109	72
9	0	0	1	-1	12.64	2 899.4	3.194	75
10	1	0	-1	1	14.9	3 482.1	2.103	77
11	-1	0	0	0	15.11	3 032.8	3.297	74
12	0	0	-1	1	10.97	2 532.7	4.281	81
13	0	1	0	1	9.46	2 109.6	3.291	80
14	0	0	-1	-1	12.34	1 647	3.201	82
15	-1	-1	0	0	11.63	3 054.4	2.138	71
16	-1	0	0	-1	13.76	3 953.7	3.219	78
17	1	1	0	0	12.78	3 075.8	4.249	75
18	0	-1	-1	0	9.64	2 035.8	3.239	77
19	-1	1	0	0	9.65	3 027.4	2.108	73
20	0	-1	0	-1	8.43	2 957.8	4.324	75
21	1	0	1	0	13.32	3 875.2	3.208	78
22	0	0	-1	1	10.56	3 145.5	4.238	81
23	1	-1	0	0	11.65	3 586.9	4.238	80
24	1	0	0	-1	13.65	3 299.6	3.883	76
25	0	-1	1	0	15.21	2 175.6	3.863	73
26	0	1	0	-1	12.06	2 975.7	5.248	76
27	1	0	-1	0	13.98	3 252.2	5.349	79
28	0	1	1	0	11.62	2 876.5	3.238	73
29	0	1	-1	0	16.32	2 184.9	4.248	78

表 10 感官评分回归模型的方差分析表

Table 10 Anova table of sensory score regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	816.71	14	58.34	19.23	<0.000 1	**
A	48	1	48	15.82	0.001 4	**
B	0.33	1	0.33	0.11	0.745 2	
C	21.33	1	21.33	7.03	0.019	*
D	27	1	27	8.9	0.009 9	**
AB	12.25	1	12.25	4.04	0.064 2	
AC	1	1	1	0.33	0.575	
AD	6.25	1	6.25	2.06	0.173 1	
BC	0.25	1	0.25	0.082	0.778 3	
BD	1	1	1	0.33	0.575	
CD	12.25	1	12.25	4.04	0.064 2	
A2	371.38	1	371.38	122.43	<0.000 1	**
B2	347.25	1	347.25	114.48	<0.000 1	**
C2	183.35	1	183.35	60.45	<0.000 1	**
D2	135.27	1	135.27	44.6	<0.000 1	**
残差	42.47	14	3.03			
失拟项	39.67	10	3.97	5.67	0.954 6	
纯误差	2.8	4	0.7			
总和	859.17	28				
-----						
$R^2=0.950 6$		$R^2_{Adj}=0.901 1$		C.V.%=2.22		

注：\* 差异显著，(0.01 < P < 0.05)；\*\* 差异极显著，(P < 0.01)。

2.2.2.2 感官评分的响应面交互作用分析

通过响应面坡度的陡峭程度，可以表明响应值对添加量改变的敏感程度。响应曲面坡度越陡峭，说明添加量的改变对响应值的影响越大；响应曲面坡度越平缓，说明添加量的改变对响应值的影响越小。a、b、c 直观地反映了琼脂添加量、β-环糊精添加量、海藻酸钠添加量、果胶添加量四个因素的交互作用对响应值感官评分的影响。综合分析可以看出琼脂和海藻酸钠添加量交互作用的曲面坡度最陡，表明其对杏与玫瑰花酱复合果丹皮感官评分的影响最大。各因素的效应关系为琼脂添加量 > 果胶添加量 > 海藻酸钠添加量 > β-环糊精添加量。

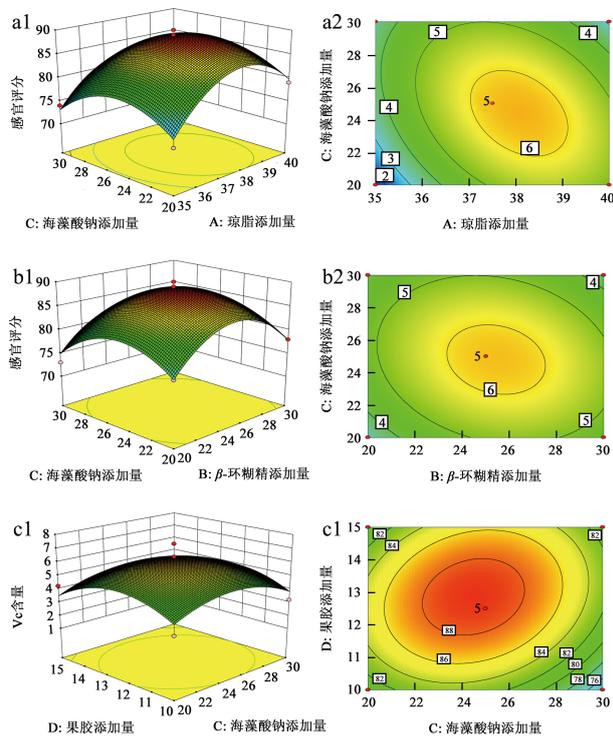


图4 感官评分与各响应值交互分析3D及等高线图

Fig.4 The sensory scores were interacted with each response value to analyze 3D and contour maps

注：(a)  $Y=f(A, C)$  的响应面；(b)  $Y=f(B, C)$  的响应面；(c)  $Y=f(C, D)$  的响应面。

### 2.3 干燥速率、硬度、Vc含量及感官评分间的相关性分析

根据响应面试验结果，可以发现琼脂、 $\beta$ -环糊精、海藻酸钠、果胶添加量均对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥速率、硬度、Vc含量及感官评分均有影响。表11是对四个响应值间相关性系数的分析。

表11 干燥速率、硬度、Vc含量及感官评分间的相关系数表

Table 11 Table of showing the relationship between drying rate, hardness, Vc content and sensory score

品质指标	干燥速率 (g/g·min)	硬度 /g	Vc含量 (mg/100g)	感官评分 /分
干燥速率	1.000			
硬度	0.921**	1.000		
Vc含量	0.902**	0.813**	1.000	
感官评分	0.814**	0.822**	0.841**	1.000

注：\* 差异显著，( $P < 0.05$ )；\*\* 差异极显著，( $P < 0.01$ )。

从表11可知，通过计算杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥速率、硬度、Vc含量及感官评分之间相关系数，干燥速率与Vc含量及感官评分之间呈极显著的正相关 ( $P < 0.01$ )，与硬度呈极显著的负相

关 ( $P < 0.01$ )，且硬度的相关系数绝对值最大。由此说明硬度大小可以较好地反映感官评分的高低。如果干燥速率越快，硬度越小，Vc含量和感官评分越高。

### 2.4 验证试验

由 Design Expert 8.0.6 软件得到的杏与玫瑰花酱复合果丹皮凝胶剂最佳复合添加量分别为：琼脂添加量 36.52% (wt.%)、 $\beta$ -环糊精添加量 25.16% (wt.%)、海藻酸钠添加量 25.02% (wt.%)、果胶添加量 12.60% (wt.%)，此时的干燥速率为 19.635 g/g·min，硬度为 4 083.3 g，Vc含量为 5.638 mg/100 g，感官评分为 86.95 分，为了便于操作，将凝胶剂最优配方优化定为琼脂添加量 37.5% (wt.%)， $\beta$ -环糊精添加量 25% (wt.%)，海藻酸钠添加量 25% (wt.%)，果胶添加量 12.50% (wt.%)，此时得到的此时的干燥速率为 19.54 g/g·min，硬度为 4 543.2 g，Vc含量为 5.363 mg/100 g，感官评分为 88 分，与模型预测值较为一致说明此数学模型较好地预测了杏与玫瑰花酱复合果丹皮凝胶剂最佳复合添加量。

### 3 讨论

凝胶是胶体质点或高聚物分子相互联结所形成多维网状结构，是胶体的一种特殊存在形式。质构仪可以模拟人咀嚼进食的情况，客观地反应凝胶的硬度、弹性、黏结性、咀嚼性、胶着性、回复性等一系列性质，受测试人员的主观影响因素小<sup>[25]</sup>。本研究在杏与玫瑰花酱复合果丹皮配方工艺的基础上对复合果丹皮凝胶剂添加量进行了优化，根据单因素试验结果确定对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥特性及品质影响较大的单个凝胶剂添加量，再根据响应面实验结果确定凝胶剂最佳复合添加量比例。根据单因素试验设计与对照组做的对比发现添加凝胶剂能明显加快杏与玫瑰花酱复合果丹皮的干燥速率、缩短干燥时间。质构是评价一个产品最直观指标之一，杏与玫瑰花酱复合果丹皮果酱网络处于饱和状态，单一凝胶剂添加量的增加会阻碍果酱网络的形成，所以过多添加凝胶剂会使杏与玫瑰花酱复合果丹皮的硬度和内聚性增大。这可能是由于添加少量的凝胶剂，能够促进复合果丹皮中蛋白质结构的形成，使其二维和三维结构更加坚固，随着凝胶剂添加量的继续增多，导致复合果丹皮中总的蛋白

质含量下降,这使复合果丹皮不能很好地或者不能形成有效的蛋白质网络结构,导致复合果丹皮的硬度和咀嚼性变差。凝胶剂添加量的多少直接能影响杏与玫瑰花酱复合果丹皮 Vc 含量的保留率。凝胶剂的添加量过多或过少,杏与玫瑰花酱复合果丹皮 Vc 损失较大,这也直接影响产品的感官评分。所以根据单一凝胶剂对杏与玫瑰花酱复合果丹皮干燥特性及品质的影响,再对凝胶剂的复配使用进行优化。合理利用凝胶剂之间的协同增效作用,克服使用单一凝胶剂时的缺陷,改善杏与玫瑰花酱复合果丹皮的质构、口感、营养成分。

#### 4 结论

本文通过单因素试验和 Box-Benhnken 响应面分析法得到干燥速率、质构、Vc 含量以及感官评分与琼脂添加量、 $\beta$ -环糊精添加量、海藻酸钠添加量、果胶添加量的模型,经验证模型合理可靠。通过模型系数显著性检验,得到以感官评分为响应值的因素主效应关系为:琼脂添加量>果胶添加量>海藻酸钠添加量> $\beta$ -环糊精添加量。凝胶剂最优复合添加量为:琼脂添加量 37.5% (wt.%)、 $\beta$ -环糊精添加量 25% (wt.%)、海藻酸钠添加量 25% (wt.%)、果胶添加量 12.5% (wt.%)。此时的复合凝胶剂添加量比例为 3:2:2:1,干燥速率为 20.522 g/g·min,硬度为 4 439.1 g, Vc 含量为 6.387 mg/100 g,感官评分为 88.89 分。由 Design ExPert 8.0.6 软件得到的杏与玫瑰花酱复合果丹皮凝胶剂最佳复合添加量分别为:琼脂添加量 36.52% (wt.%)、 $\beta$ -环糊精添加量 25.16% (wt.%)、海藻酸钠添加量 25.02% (wt.%)、果胶添加量 12.60% (wt.%)。干燥速率为 19.635 g/g·min,硬度为 4 083.3 g, Vc 含量为 5.638 mg/100 g,感官评分为 86.95 分。实际值与模型预测值较为一致,说明此数学模型较好的预测了杏与玫瑰花酱复合果丹皮凝胶剂最佳复合添加量。

#### 参考文献

- [1] 孙猛,刘威生,刘宁,等.国内外杏育种研究概述[J].北方果树,2010,1(1):1-3.
- [2] 张君萍.新疆若干杏品种果实主要营养成分的测定与分析评价[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2007.
- [3] 张璐.洋槐花酱的研制及工艺优化[J].中国调味品,2021,46(2):83-88.
- [4] 梁颖琪,王凤君,王玉婷,等.一种玫瑰花酱的研制[J].食品工业,2021,42(1):5-10.
- [5] 周元,傅虹飞,胡亚云.基于电子鼻和GC-MS的酶解猕猴桃汁香气成分动态解析[J].西北农林科技大学学报,2021,49(3):101-109.
- [6] 李美凤,刘琪琪,魏君如,等.低糖玫瑰花酱的研制[J].轻工科技,2017,33(8):4-7.
- [7] 袁亚娜,张平平,秦蕊,等.红枣山楂果丹皮和果糕的制作及品质评价[J].食品科技,2013,38(2):107-111.
- [8] 任建,李应彪.果蔬复合果丹皮的研制[J].中国果菜,2005,6:39-40.
- [9] 黄发新,许悦,黄冬伟.芒果果丹皮即食品的研制[J].江苏食品与发酵,1999,1:8-11.
- [10] 杜刚强.桃果丹皮的加工技术要点[J].山西果树,2012,4:59-60.
- [11] 康宇新,田呈瑞,刘珊,等.猕猴桃—苹果复合果丹皮加工工艺研究[J].农产品加工,2012,4:66-69.
- [12] 李雨奇,胡宇晶.特色沙棘果丹皮加工工艺研究[J].食品研究与开发,2021,42(11):115-120.
- [13] 陈兰,孟建青,郝梅梅.大枣低糖果丹皮的研制[J].中国果菜,2014,34(8):18-21.
- [14] 和涛.如何加工柑橘果丹皮[J].保鲜与加工,2008,8(1):20-21.
- [15] 易诚,程胜高.藤茶胡萝卜果丹皮的研制[J].食品科技,2008,10:86-90.
- [16] 金陵.西红柿生产果丹皮技术[J].农产品加工,2010,8:35-36.
- [17] 朱俊玲,卢智.果蔬复合果丹皮的加工工艺研究[J].安徽农业科学,2011,39(13):3-4.
- [18] DENISE FELIX DA SILVA, SABRINA FERREIRA BARBOSA DE SOUZA FERRIERIA, MARCOS LUCIANO BRUSCHI, et al. Effect of commercial konjac glucomannan and konjac flours on textural, rheological and microstructural properties of low fat processed cheese [J]. Food Hydrocolloids, 2016, 60: 308-316.
- [19] SAHA DIPJYOTI, BHATTACHARYA SUVENDU. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review [J]. Journal of Food Science and Technology, 2010, 47(6): 587-597.
- [20] 李娟,魏春红,李兴革.复合食用胶对无矾马铃薯淀粉粉丝品质的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,2011,23(6):60-63.
- [21] GB 5009.3-2016,食品安全国家标准,食品中水分的测定[S].
- [22] 汪莉莉,付冰,李小凤,等.无花果果糕的研制及其质构特性[J].食品工业科技,2018,39(22):163-168.
- [23] 栗丽,王博,王玉川,等.不同干燥方式对降糖山楂条干燥特性及品质影响研究[J].食品与发酵工业,2023,49(12):10-16.
- [24] 谢国芳,谭书明.不同胶凝剂对刺梨糕胶凝性的影响[J].贵州农业科学,2011,39(1):197-201.
- [25] 李学红,陈智静,陆勇,等. $\beta$ -环糊精对小麦淀粉理化性质和凝胶质构性质的影响[J].食品科技,2015,40(12):237-240.