

# 超微粉碎枇杷枝条提取液的体外抗氧化活性及祛痰镇咳作用动物实验研究

王若彤<sup>1</sup>, 温翠娟<sup>1,2</sup>, 袁娟<sup>3</sup>, 廖俊米<sup>3</sup>, 吕晓华<sup>1</sup>

1. 四川大学华西公共卫生学院/四川大学华西第四医院, 四川 成都 610041; 2. 北京市朝阳区疾病预防控制中心;  
3. 兽用功能性多肽制备国家地方联合工程研究中心

**摘要:**目的 探究超微粉碎处理对枇杷枝条成分及功效的影响。方法 枇杷枝条超微粉碎后,通过分光光度法和高效液相色谱法,检测不同粒径枇杷枝条提取液的总酚、总黄酮、多糖、熊果酸和齐墩果酸等功效成分含量。通过 DPPH、ABTS 自由基清除实验和 FRAP 实验,评价超微粉碎枇杷枝条提取液的体外抗氧化能力。将 SPF 级雄性昆明小鼠按体重随机分为空白/模型对照组、药物组、枇杷叶对照组、低、中、高剂量超微粉碎枇杷枝条组,利用酚红排泌实验评价超微粉碎枇杷枝条提取液的祛痰作用,利用氨水引咳实验评价超微粉碎枇杷枝条提取液的镇咳作用。结果 三个粒径枇杷枝条组的总酚、总黄酮和齐墩果酸含量高于枝条对照组 ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ), 220 目和 400 目枇杷枝条组的总酚和总黄酮含量高于叶对照组 ( $P < 0.05$ ), 220 目和 400 目枇杷枝条组的熊果酸含量高于枝条对照组 ( $P < 0.01$ )。体外实验中,三个粒径枇杷枝条组 DPPH  $IC_{50}$ 、ABTS  $IC_{50}$  均低于枝条对照组 ( $P < 0.05$ ), FRAP 值高于枝条对照组 ( $P < 0.05$ ), 200 目和 400 目枇杷枝条组的 DPPH  $IC_{50}$ 、ABTS  $IC_{50}$  低于叶对照组 ( $P < 0.05$ ), FRAP 值高于叶对照组 ( $P < 0.05$ )。酚红排泌实验中,高剂量超微粉碎枇杷枝条组小鼠酚红排泌量显著提升 ( $P < 0.05$ )。氨水引咳实验中,中剂量和高剂量超微粉碎枇杷枝条组均能延长小鼠咳嗽的潜伏期和咳嗽次数 ( $P < 0.05$ )。结论 适当的超微粉碎处理可提高枇杷枝条的功效成分含量,增强其抗氧化作用,同时具有一定祛痰镇咳功效。

**关键词:** 枇杷枝条;超微粉碎;抗氧化;祛痰;镇咳

中图分类号: R285.5 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2024)20-3781-06

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202405422

## Study on the in vitro antioxidant activity and in vivo expectorant and antitussive effects of extracts from superfine loquat branches

WANG Ruo-tong\*, WEN Cui-juan, YUAN Juan, LIAO Jun-mi, LYU Xiao-hua

\* West China School of Public Health and West China Fourth Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041, China

**Abstract: Objective** To study the effects of superfine grinding treatment on the composition and efficacy of loquat branches.

**Methods** After the loquat branches were superfine grinding treated, the contents of total phenols, total flavonoids, polysaccharides, ursolic acid, oleanolic acid in the extracts from loquat branches with different particle sizes were detected by spectrophotometry and high-performance liquid chromatography. The in vitro antioxidant capacity of extracts from superfine loquat branches was evaluated by DPPH, ABTS free radical scavenging assay and FRAP assay. SPF-grade male Kunming mice were randomly divided into blank/model control group, drug group, loquat leaf control group, and low, medium, and high dosage of superfine loquat branches according to their body weights. The expectorant effect of extracts from superfine loquat branches was evaluated by phenol red excretion assay, and the antitussive effect of extracts from superfine loquat branches was evaluated by ammonia-induced cough assay. **Results** The total phenol, total flavonoid and oleanolic acid contents of the three particle size loquat branch groups were higher than those of the branch control group ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ), the total phenol and total flavonoid contents of the 220-mesh and 400-mesh loquat branch groups were higher than those of the leaf control group ( $P < 0.05$ ), and the ursolic acid contents of the 220-mesh and 400-mesh loquat branch groups were higher than those of the branch control group ( $P < 0.01$ ). In the in vitro experiment, the DPPH  $IC_{50}$  and ABTS  $IC_{50}$  of the three particle size loquat branch groups were lower than that of the branch control group ( $P < 0.05$ ), and the FRAP value was higher than that of the branch control group ( $P < 0.05$ ), and the DPPH  $IC_{50}$  and ABTS  $IC_{50}$  of the 200 mesh and

400 mesh loquat branch groups were lower than that of the leaf control group ( $P < 0.05$ ), and the FRAP value was higher than that of the leaf control group ( $P < 0.05$ ). In the phenol red excretion experiment, the phenol red excretion was significantly elevated in mice in the high-dose superfine loquat branch group ( $P < 0.05$ ). In the ammonia-induced cough experiment, both medium-dose and high-dose superfine loquat branches groups prolonged the latency period of coughing and the number of coughs in mice ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Appropriate superfine grinding treatment can increase the content of the efficacy components of loquat branches, enhance their antioxidant effect, and at the same time, they have certain expectorant and antitussive effects.

**Keywords:** Loquat branch; Superfine grinding; Antioxidant; Expectorant; Antitussive

枇杷 [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl] 是我国传统药食同源植物, 其叶、花、果实均可入药, 具有润肺, 下气, 止渴之功效。我国是枇杷生产大国, 种植面积占世界枇杷种植总面积的一半以上。枇杷树每年需进行整形修剪而产生大量废弃枝条, 造成环境污染和资源浪费。有研究显示, 枇杷枝条含有黄酮、酚酸、三萜酸等功效成分, 具有抗氧化作用, 对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶和  $\alpha$ -淀粉酶活性具有抑制作用<sup>[1]</sup>。但因枇杷枝条木质纤维含量较高, 影响了功效成分的释放。超微粉碎技术通过降低物料的粒径, 有利于物料中功效成分的溶出与释放, 提高其生物活性<sup>[2-4]</sup>。本文研究超微粉碎处理对枇杷枝条成分的影响, 在此基础上, 利用体外试验和动物实验观察超微粉碎枇杷枝条提取液的抗氧化和祛痰镇咳作用, 为枇杷枝条加工再利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 受试样品及处理 枇杷叶和枇杷枝条洗净、晾

干后粉碎过筛得到 40 目枇杷叶和枇杷枝条粉末作为对照组。取 40 目枝条粉末进行多次粉碎, 分别过 100 目、220 目和 400 目筛得到 3 种不同粒径的枇杷枝条粉末。根据参考文献<sup>[5]</sup>并做适当修改, 对上述样品按液料比 30:1 (ml/g) 加 70% 乙醇溶液, 混匀后密封, 超声提取、水浴浸提, 离心后取上清液作为样品提取液, 用于功效测定。

### 1.2 动物及分组

**1.2.1 实验动物及饲养** SPF 级雄性昆明小鼠, 18~22 g, 由成都达硕实验动物有限公司提供(动物合格证号: SCXK(川)2020-030)。饲养条件: SPF 级动物房(许可证号: SYXK(川)2021-242), 室温  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度 50%~60%, 明暗交替周期 12 h。动物自由摄食饮水, 适应性喂养 7 天后开始实验。本实验经成都合拓创展实验动物管理与使用委员会审批(伦理审批号: 2021APR05)。

**1.2.2 分组** 在酚红排泌实验和氨水引咳实验中, 分别将小鼠按体重随机分为 6 个组, 详见表 1。

表 1 动物分组和剂量

Table 1 Animal groupings and doses

组别	动物数	受试物	剂量 (g/ml)	相当于生药 (g/kg)
空白(模型)对照组	10	生理盐水	-	-
药物组	10	酚红排泌实验: 复方甘草浙贝氯化铵; P 氨水引咳实验: 999 强力枇杷露	0.060	0.60
枇杷叶对照组	10	枇杷叶提取液	0.300	3.00
低剂量超微粉碎枇杷枝条组	10	220 目枇杷枝条提取液	0.075	0.75
中剂量超微粉碎枇杷枝条组	10	220 目枇杷枝条提取液	0.300	3.00
高剂量超微粉碎枇杷枝条组	10	220 目枇杷枝条提取液	1.200	12.00

注: - 表示空白(模型)对照组的剂量, 空白(模型)对照组未添加受试物。

**1.3 主要仪器与试剂** CS500A 型高速多功能粉碎机(辰禾盛丰公司), UV-2700i 紫外可见分光光度计(岛津), Waters 2695 型高效液相色谱仪(Waters), MultiskanSkyHigh 全波长酶标仪(Thermo Fisher Scientific), BX51 型系统显微镜(OLYMPUS)。

葡萄糖标准品(合肥博美), 芦丁标准品(中原植提中心), 熊果酸标准品(西安汇林), 没食子酸标准品、齐墩果酸标准品、1-二苯基-2-三硝基苯肼(1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical, DPPH)、2,2'

-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸[2,2'-azino bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), ABTS](上海麦克林), 2,4,6-三(2-吡啶)-1,3,5-三嗪(2,4,6-Tri(2-pyridyl)-s-triazine, TPTZ)(合肥千盛), 复方甘草浙贝氯化铵片(浙江康恩贝), 999 强力枇杷露(华润三九)。

### 1.4 实验方法

**1.4.1 功效成分检测** 根据参考文献检测枇杷叶对照、枇杷枝条对照、100 目、220 目和 400 目枝条提取

液的总酚<sup>[6]</sup>、总黄酮<sup>[7]</sup>、多糖<sup>[8]</sup>、熊果酸和齐墩果酸<sup>[9]</sup>含量,每个样品设 3 个平行样。

#### 1.4.2 抗氧化活性测定

##### (1) DPPH 自由基半数抑制浓度<sup>[10]</sup>

分别取各样品提取液 120  $\mu\text{l}$ ,与 80  $\mu\text{l}$  0.2 mmol/L 的 DPPH 乙醇溶液组成反应液,室温避光反应 30 min,于 517 nm 处测定吸光度值,计算 DPPH 自由基清除率。以样品浓度为横坐标(x)、DPPH 自由基清除率为纵坐标(y)拟合非线性回归曲线,计算半数抑制浓度(half maximal inhibitory concentration,  $\text{IC}_{50}$ ), $\text{IC}_{50}$  越小表示清除 DPPH 自由基的能力越强。

$$\text{清除率}(\%) = \left(1 - \frac{A_i - A_j}{A_0}\right) \times 100\% \quad (1)$$

$A_0$ :空白组(DPPH 溶液 + 70% 乙醇)的吸光度值; $A_j$ :对照组(无水乙醇 + 样品溶液)的吸光度值; $A_i$ :实验组的吸光度值。

##### (2) ABTS 自由基半数抑制浓度<sup>[11]</sup>

分别取各样品提取液 40  $\mu\text{l}$ ,与 160  $\mu\text{l}$  7.4 mmol/L 的 ABTS 母液组成反应液,溶液混匀后静置反应 6 min,于 734 nm 处测定吸光度值,以 95% 乙醇作为空白溶液进行调零。计算 ABTS 自由基清除率。以样品浓度为横坐标、ABTS 自由基清除率为纵坐标拟合非线性回归曲线,计算其  $\text{IC}_{50}$ 。

$$\text{清除率}(\%) = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \times 100\% \quad (2)$$

$A_0$ :乙醇的吸光度值; $A_i$ :实验组的吸光度值

##### (3) 总抗氧化能力<sup>[12]</sup>

亚铁还原能力(ferric ion reducing antioxidant power, FRAP)工作液:把 pH 3.6 300 mmol/L 醋酸盐缓冲溶液、20 mmol/L 三氯化铁溶液和 10 mmol/L TPTZ 溶液按 10:1:1 混匀,现用现配,需预热至 37 $^{\circ}\text{C}$ 。

取各样品提取液稀释 20 倍,取 0.4 ml 样品稀释液,加 3.6 ml FRAP 工作液,混匀,于 37 $^{\circ}\text{C}$  水浴反应半小时,于 593 nm 处测定吸光度值。根据标准曲线计算硫酸亚铁当量,结果以每克枇杷叶或枝条干重相当

于  $\text{FeSO}_4 \mu\text{mol}$  表示。

**1.4.3 酚红排泄实验<sup>[13]</sup>** 各组实验动物按 0.1 ml/10 体重灌胃,每日 1 次,连续 7 d。末次灌胃 1 h 后腹腔注射 0.5% 酚红溶液 0.5 ml,30 min 后颈椎脱臼处死小鼠,气管插管,用 0.2 ml 5%  $\text{NaHCO}_3$  溶液灌洗呼吸道,共 3 次,合并 3 次灌洗液,离心取上清液于 546 nm 处测定吸光度值,根据标准曲线计算酚红排泄量。

**1.4.4 氨水引咳实验<sup>[14]</sup>** 各组实验动物按 0.1 ml/10 g 体重灌胃,每日 1 次,连续 8 d。末次灌胃 1 h 后将动物放入倒扣的含有 4 ml 13% 氨水的棉球的 250 ml 烧杯内,开始计时,到 35 s 时迅速将动物取出并转移至另一个倒扣的不含有氨水的 1 L 烧杯中 180 s,观察并记录小鼠的咳嗽潜伏期和 215 s 内的咳嗽次数。实验结束后从每组动物中随机选取 3 只颈椎脱臼处死,取左肺最大叶制作病理切片,显微镜下观察小鼠肺部病理改变。另取 3 只未做任何处理的小鼠作为正常对照组,处死后制作肺部切片并观察。

**1.5 数据统计分析** 实验结果用( $\bar{x} \pm s$ )表示。采用 SPSS 23.0 软件对数据进行统计分析,检验水准  $\alpha = 0.05$ 。若数据满足正态分布且方差齐,采用单因素方差分析计算  $F$  值,若  $P < 0.05$ ,采用 LSD 法进行组间比较;若数据不满足正态分布或方差不齐,采用非参数检验。

## 2 结果

**2.1 超微粉碎枇杷枝条的功效成分含量** 如表 2 所示,枇杷枝条组的总酚、总黄酮、熊果酸和齐墩果酸含量均低于枇杷叶组,差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ )。三个粒径枇杷枝条组的总酚和总黄酮含量高于枝条对照组( $P < 0.05$ ),220 目和 400 目枇杷枝条组的总酚和总黄酮含量高于叶对照组( $P < 0.05$ )。220 目和 400 目枇杷枝条组的熊果酸含量高于枝条对照组( $P < 0.01$ ),三个粒径枇杷枝条组的齐墩果酸含量高于枝条对照组( $P < 0.01$ )。

表 2 超微粉碎枇杷枝条的功效成分( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Efficacy components of superfine loquat branches( $\bar{x} \pm s$ )

分组	n	总酚 (mg GAE/g)	总黄酮 (mg RE/g)	多糖 (mg/g)	熊果酸 ( $\mu\text{g/g}$ )	齐墩果酸 ( $\mu\text{g/g}$ )
枇杷叶对照	3	21.05 $\pm$ 0.53	45.49 $\pm$ 3.96	44.89 $\pm$ 6.34	5 745.76 $\pm$ 121.26	1 278.10 $\pm$ 35.86
枇杷枝条对照	3	18.09 $\pm$ 0.99 <sup>a</sup>	36.35 $\pm$ 1.02 <sup>a</sup>	37.95 $\pm$ 3.60	360.06 $\pm$ 5.95 <sup>b</sup>	76.20 $\pm$ 1.12 <sup>b</sup>
100 目枝条	3	20.18 $\pm$ 0.37 <sup>c</sup>	48.47 $\pm$ 2.22 <sup>c</sup>	38.06 $\pm$ 1.25	413.57 $\pm$ 11.27 <sup>b</sup>	81.90 $\pm$ 3.26 <sup>bd</sup>
220 目枝条	3	22.19 $\pm$ 0.23 <sup>ac</sup>	57.12 $\pm$ 2.49 <sup>ac</sup>	39.32 $\pm$ 3.85	957.24 $\pm$ 5.06 <sup>bd</sup>	186.53 $\pm$ 2.93 <sup>bd</sup>
400 目枝条	3	22.48 $\pm$ 0.70 <sup>ac</sup>	56.90 $\pm$ 2.27 <sup>ac</sup>	39.70 $\pm$ 3.90	723.03 $\pm$ 10.71 <sup>bd</sup>	132.68 $\pm$ 2.34 <sup>bd</sup>

注:与叶对照组相比,a  $P < 0.05$ ,b  $P < 0.01$ ;c 与枝条对照组相比, $P < 0.05$ ,d  $P < 0.01$ 。

**2.2 超微粉碎枇杷枝条的抗氧化活性** 如表 3 所

示,三个粒径枇杷枝条组 DPPH  $\text{IC}_{50}$ 、ABTS  $\text{IC}_{50}$  均低

于枝条对照组 ( $P < 0.05$ ), FRAP 值高于枝条对照组 ( $P < 0.05$ )。200 目和 400 目枇杷枝条组的 DPPH

IC<sub>50</sub>、ABTS IC<sub>50</sub> 低于叶对照组 ( $P < 0.05$ ), FRAP 值高于叶对照组 ( $P < 0.05$ )。

表 3 超微粉碎枇杷枝条的抗氧化活性( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Antioxidant activity of superfine loquat branches( $\bar{x} \pm s$ )

样品	n	DPPH IC <sub>50</sub> (μg/ml)	ABTS IC <sub>50</sub> (μg/ml)	FRAP(μmol/g)
枇杷叶对照组	3	330.43 ± 12.88	324.00 ± 16.21	394.47 ± 11.47
枝条对照组	3	333.83 ± 8.50	325.27 ± 15.51	328.68 ± 11.99 <sup>a</sup>
100 目枝条	3	276.93 ± 10.84 <sup>ab</sup>	281.70 ± 16.25 <sup>ab</sup>	387.34 ± 9.11 <sup>b</sup>
220 目枝条	3	222.00 ± 8.70 <sup>ab</sup>	263.20 ± 14.01 <sup>ab</sup>	412.37 ± 6.92 <sup>ab</sup>
400 目枝条	3	266.80 ± 8.65 <sup>ab</sup>	222.33 ± 11.32 <sup>ab</sup>	412.46 ± 7.69 <sup>ab</sup>

注:a 与叶对照组相比,  $P < 0.05$ ; b 与枝条对照组相比,  $P < 0.05$ 。

### 2.3 超微粉碎枇杷枝条对小鼠酚红排泄量的影响

如表 4 所示, 与空白对照组相比, 复方甘草浙贝氯化铵组、叶对照组和高剂量超微粉碎枇杷枝条组小鼠的酚红排泄量显著增加 ( $P < 0.05$ )。

2.4 超微粉碎枇杷枝条对小鼠氨水引咳潜伏期和咳嗽次数的影响 如表 5 所示, 与模型对照组相比, 999 强力枇杷露组、叶对照组、中剂量和高剂量超微粉碎枇杷枝条组小鼠咳嗽潜伏期延长 ( $P < 0.05$ ), 215 s 内咳嗽次数减少 ( $P < 0.05$ )。

2.5 超微粉碎枇杷枝条对氨水引咳小鼠肺组织病理的影响 如图 1 所示, 正常组小鼠肺组织结构完整、

表 4 超微粉碎枇杷枝条对小鼠酚红排泄量的影响( $\bar{x} \pm s$ )

Table 4 Effect of superfine loquat branches on phenol red excretion in mice( $\bar{x} \pm s$ )

组别	动物数	剂量 (g/kg)	酚红排泄量 (μg/ml)
空白对照组	10	-	1.63 ± 0.59
复方甘草浙贝氯化铵组	10	0.60	2.63 ± 0.51 <sup>a</sup>
枇杷叶对照组	10	3.00	2.23 ± 0.48 <sup>a</sup>
低剂量超微粉碎枇杷枝条组	10	0.75	1.73 ± 0.41 <sup>b</sup>
中剂量超微粉碎枇杷枝条组	10	3.00	2.02 ± 0.45 <sup>b</sup>
高剂量超微粉碎枇杷枝条组	10	12.00	2.35 ± 0.36 <sup>a</sup>

注:a 与空白对照组相比,  $P < 0.05$ ; b 与复方甘草浙贝氯化铵组相比,  $P < 0.05$ 。- 表示空白对照组的剂量, 空白对照组未添加受试物。

表 5 超微粉碎枇杷枝条对小鼠咳嗽潜伏期和次数的影响( $\bar{x} \pm s$ )

Table 5 Effect of superfine loquat branches on the latency and number of coughs in mice

组别	动物数	剂量 (g/kg)	咳嗽潜伏期 (s)	215s 内咳嗽次数
模型对照组	10	-	36.7 ± 13.7	96.1 ± 32.9
999 强力枇杷露组	10	10.00	75.2 ± 24.6 <sup>a</sup>	46.2 ± 23.6 <sup>a</sup>
枇杷叶对照组	10	3.00	61.3 ± 24.7 <sup>a</sup>	65.9 ± 23.9 <sup>a</sup>
低剂量超微粉碎枇杷枝条组	10	0.75	54.7 ± 21.2	82.8 ± 32.9 <sup>b</sup>
中剂量超微粉碎枇杷枝条组	10	3.00	64.6 ± 23.2 <sup>a</sup>	69.5 ± 24.9 <sup>a</sup>
高剂量超微粉碎枇杷枝条组	10	12.00	63.4 ± 29.8 <sup>a</sup>	70.9 ± 26.1 <sup>a</sup>

注:a 与模型对照组相比,  $P < 0.05$ ; b 与 999 强力枇杷露组相比,  $P < 0.05$ 。- 表示模型对照组的剂量, 模型对照组未添加受试物。

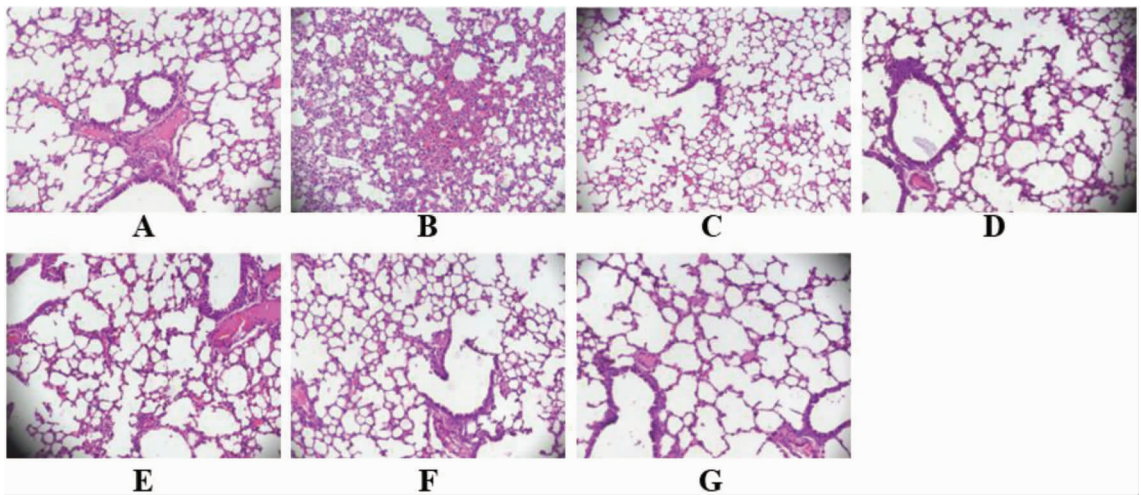
形态正常。模型对照组小鼠肺组织大面积严重出血, 肺泡壁增厚、萎缩不张, 肺泡内有液体渗出。999 强力枇杷露组小鼠肺组织出血量很少, 肺泡形态较为正常, 肺泡内几乎无渗出。枇杷叶对照组小鼠肺组织出血量较小, 肺泡形态相对正常, 渗出很少。超微粉碎枇杷枝条各组随着剂量的增加, 肺组织出血和渗出减少, 肺泡形态趋于正常。

## 3 讨论

超微粉碎技术通过机械作用或流体动力的方式使物料内部发生摩擦、碰撞、挤压、剪切等, 将物料粉碎至微米甚至纳米级的粉体<sup>[15]</sup>。经过超微粉碎的粉体呈现出较强的溶解性、分散性、吸附性、流动性等多种特性<sup>[16]</sup>。食物经超微粉碎后利于营养成分的溶

出, 可更好地被人体消化吸收, 超微粉碎技术目前已应用在枸杞、杂粮、姜等食品深加工<sup>[17-19]</sup>。

本文中, 枇杷枝条被超微粉碎后, 随着粒径的减小, 其总酚、黄酮类化合物等功效成分的含量增加, 原因可能是枝条经超微粉碎后粒径减小, 分布更均匀, 比表面积增大且表面活性增强, 提高了枝条功效成分的提取获得率。另外, 超微粉碎处理对植物细胞壁的破坏作用增强, 利于细胞内的功效成分释放与溶出<sup>[20]</sup>。但 220 目和 400 目枝条的总酚和总黄酮含量无显著差异, 且 220 目枝条的熊果酸和齐墩果酸含量大于 400 目枝条, 可能是因为超微粉碎时间过长或粉碎程度过细, 物料受到的外力过大和热效应作用, 导致部分功效成分结构被破坏, 含量降低<sup>[21]</sup>, 且熊果酸和齐墩果酸在温度较高时, 其稳定性下降, 结构会发



注:A - 正常组;B - 模型对照组;C - 999 强力枇杷露组;D - 叶对照组;E - 低剂量超微粉碎枇杷枝条组;F - 中剂量超微粉碎枇杷枝条组;G - 高剂量超微粉碎枇杷枝条组。

图 1 超微粉碎枇杷枝条对氨水引咳小鼠肺组织病理的影响(HE × 160)

Fig. 1 Effect of superfine loquat branches on the histopathology of lungs of mice induced to cough by ammonia water(HE × 160)

生变化,容易降解<sup>[22]</sup>。

超微粉碎枇杷枝条的抗氧化作用增强,且抗氧化活性与超微粉碎处理后枇杷枝条的功效成分含量变化趋势一致,提示超微粉碎枇杷枝条中的总酚、总黄酮、多糖、熊果酸、齐墩果酸等功效成分在提高抗氧化能力方面发挥了关键作用。不同粒径枇杷枝条清除 DPPH 自由基的能力以 220 目枝条为最强,这与 220 目枝条中功效成分含量变化趋势一致,也印证了这些功效成分在提高抗氧化能力方面发挥了关键作用。

本文利用动物实验评价超微粉碎枇杷枝条的祛痰和镇咳作用,综合考虑不同粒径枇杷枝条的功效成分含量和体外抗氧化活性,选择 220 目枇杷枝条为研究对象,以超微粉碎枇杷枝条浓缩液最大浓度的 75% 作为高剂量组,根据文献<sup>[23-24]</sup>,设计实验剂量。酚红排泄实验是目前用于评价药物祛痰效果较为可靠的方法,酚红排泄量越大,祛痰效果越好<sup>[25-26]</sup>。本文中,高剂量组小鼠的酚红排泄量显著增加,提示超微粉碎枇杷枝条具有一定的祛痰作用。氨水可刺激呼吸道感受器,引起咳嗽,氨水引咳实验常用于药物止咳效果的评价。本文中,中剂量和高剂量组均能延长小鼠咳嗽潜伏期并减少咳嗽次数。氨水的急性刺激主要引起小鼠肺部出血以及肺泡损伤,本文中各个剂量超微粉碎枇杷枝条组对氨水引起的小鼠肺部病理损伤均有一定的减轻作用,且中剂量超微粉碎枇杷枝条组效果最为明显。

综上所述,枇杷枝条经过超微粉碎处理后,其功效成分含量增加,抗氧化能力增强,同时具有一定的祛痰镇咳作用,具有良好的应用前景。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

#### 参考文献

- [1] 魏爱红,李晓虹,曾煌,等. 枇杷抑制  $\alpha$ -葡萄糖苷酶和  $\alpha$ -淀粉酶活性部位的筛选及其酶动力学[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(5): 53-59.  
Wei AH, Li XH, Zeng H, et al. Screening of effective fraction from *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl with inhibiting activity against  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase and its inhibition kinetics [J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(5): 53-59. (In Chinese)
- [2] Zhao XY, Meng A, Zhang XW, et al. Effects of ultrafine grinding on physicochemical, functional and surface properties of ginger stem powders [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020, 100(15): 5558-5568.
- [3] Song L, Song LS, Su H, et al. Superfine grinding affects particle size, chemical ingredients, and physicochemical properties of sprouting quinoa [J]. Cereal Chemistry, 2022, 99(3): 520-529.
- [4] Zhao ZF, Dai ZW, Jiang XM, et al. Influence and optimization of long-time superfine grinding on the physicochemical features of green tea powder [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2023, 117: 1-10.
- [5] 张云云. 枇杷新芽展叶期抗氧化性能变化规律研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.  
Zhang YY. Study on the changing law of antioxidant properties of loquat during new shoot and leaf expansion [D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University, 2021. (In Chinese)
- [6] Gao MR, Xu QD, He Q, et al. A theoretical and experimental study: the influence of different standards on the determination of total phenol content in the Folin-Ciocalteu assay [J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2019, 13(2): 1349-1356.
- [7] 廖圆圆,王燕新,郭晓农,等. 枇杷叶总黄酮提取及体外抗氧化

- 的研究[J]. 西北民族大学学报:自然科学版,2020,41(1):60-64.
- Liao YY, Wang YX, Guo XN, et al. Study on extraction and antioxidant of total flavonoids from loquat leaves [J]. Journal of Northwest University for Nationalities: Natural Science, 2020, 41(1): 60-64. (In Chinese)
- [8] 彭焱辉, 王志强, 徐阳纯, 等. 白桦茸中总糖含量测定方法的建立[J]. 特产研究, 2021, 43(4): 53-55, 59.
- Peng YH, Wang ZQ, Xu YC, et al. Establish a determination method for total sugar in Chaga[J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2021, 43(4): 53-55, 59. (In Chinese)
- [9] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- The National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020. (In Chinese)
- [10] Marsoul A, Ijjaali M, Oumous I, et al. Determination of polyphenol contents in *Papaver rhoeas* L. flowers extracts (soxhlet, maceration), antioxidant and antibacterial evaluation [J]. Materials Today: Proceedings, 2020, 31, Supplement 1: S183-S189.
- [11] 卢庆铮. 不同枇杷花提取液抗氧化能力研究[J]. 石河子科技, 2020, (5): 47-48, 46.
- Lu QZ. Study on the antioxidant capacity of different loquat flower extracts [J]. Shihezi Science and Technology, 2020, (5): 47-48, 46. (In Chinese)
- [12] 黄桂丽, 吴牧容, 马佳佳, 等. 枇杷幼果总黄酮提取工艺优化及其抗氧化活性分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(10): 3112-3118.
- Huang GL, Wu MR, Ma Jia J, et al. Optimization of extraction process of total flavonoids from young loquat fruit and analysis of its antioxidant activity [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(10): 3112-3118. (In Chinese)
- [13] 黄素华, 陈彤, 邱丰艳, 等. 枇杷叶不同成分抗氧化和止咳祛痰活性研究[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(12): 138-140, 146.
- Huang SH, Chen T, Qiu FY, et al. Research on antioxidant and antitussive and expectorant activity of different components from loquat leaves [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2019, 58(12): 138-140, 146. (In Chinese)
- [14] Wu YX, Jian TY, Lv H, et al. Antitussive and expectorant properties of growing and fallen leaves of loquat (*Eriobotrya japonica*) [J]. Revista Brasileira de Farmacognosia, 2018, 28(2): 239-242.
- [15] Zhao ZF, Dai ZW, Jiang XM, et al. Influence and optimization of long-time superfine grinding on the physicochemical features of green tea powder [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2023, 117: 105124.
- [16] 陈元震, 胡昕迪, 方旭波, 等. 超微粉碎对牛蒡根粉多酚及抗氧化活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(2): 195-201.
- Chen YZ, Hu XD, Fang XB, et al. Effect of ultrafine pulverization on polyphenols and antioxidant activity of burdock root powder [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2023, 51(2): 195-201. (In Chinese)
- [17] 王博, 姚轶俊, 李枝芳, 等. 超微粉碎对 4 种杂粮粉理化性质及功能特性的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(19): 111-117.
- Wang B, Yao YJ, Li ZF, et al. Effect of superfine grinding on physicochemical properties and functional properties of four kinds of coarse cereals [J]. Food Science, 2020, 41(19): 111-117. (In Chinese)
- [18] Zhang JT, Dong YS, Nisar T, et al. Effect of superfine-grinding on the physicochemical and antioxidant properties of *Lycium ruthenicum* Murray powders [J]. Powder Technology, 2020, 372: 68-75.
- [19] Archana, Kr. aman A, Kr. singh R, et al. Effect of superfine grinding on structural, morphological and antioxidant properties of ginger (*Zingiber officinale*) nano crystalline food powder [J]. Materials Today: Proceedings, 2021, 43, Part 6: 3397-3403.
- [20] Meng Q, Fan H, Xu D, et al. Superfine grinding improves the bioaccessibility and antioxidant properties of *Dendrobium officinale* powders [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2017, 52(6): 1440-1451.
- [21] Jiang GH, Wu ZG, Ameer K, et al. Particle size of ginseng (*Panax ginseng* Meyer) insoluble dietary fiber and its effect on physicochemical properties and antioxidant activities [J]. Applied Biological Chemistry, 2020, 63(1): 70.
- [22] 黄百祺, 黎朝旭, 林海歌, 等. 响应面法优化微波辅助提取枇杷叶熊果酸和齐墩果酸工艺[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(4): 120-128.
- Huang BQ, Li CX, Lin HX, et al. Optimization of microwave-assisted extraction of ursolic acid and oleanolic acid from *eribotryae folium* by response surface method [J]. China Food Additives, 2022, 33(4): 120-128. (In Chinese)
- [23] 张娜, 吴绍康, 沈先荣, 等. 枇杷叶水提物祛痰止咳及抗炎作用研究[J]. 中华中医药学刊, 2014, 32(9): 2175-2177.
- Zhang N, Wu SK, Shen XR, et al. Study on expectorant, antitussive and Anti-inflammatory effects of aqueous extract of *eribotrya japonica* leaves [J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2014, 32(9): 2175-2177. (In Chinese)
- [24] 叶广亿, 李书渊, 陈艳芬, 等. 枇杷叶不同提取物的止咳化痰平喘作用比较研究[J]. 中药药理与临床, 2013, 29(2): 100-102.
- Ye GY, Li SY, Chen YF, et al. Comparative study on the effects of different extracts of loquat leaves on relieving cough and phlegm and asthma [J]. Pharmacology and Clinics of Traditional Chinese Medicine, 2013, 29(2): 100-102. (In Chinese)
- [25] 廖万忠, 刘微, 周贤强, 等. 霸王花提取物止咳祛痰抗炎镇痛作用及初步机制研究[J]. 时珍国医国药, 2022, 33(4): 821-823.
- Liao WZ, Liu W, Zhou XQ, et al. Study on the effects and preliminary mechanism of extracts of *Corylus vulgaris* in relieving cough, expectorant, anti-inflammatory and analgesic effects [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2022, 33(4): 821-823. (In Chinese)
- [26] 王君明, 高家乐, 杜宇, 等. 基于止咳、化痰、抗炎、镇痛作用的枇杷果与罗汉果配伍前后的药效差异[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(13): 2792-2795.
- Wang JM, Gao JL, Du Y, et al. Pharmacodynamic differences between loquat fruit and *Luo Han Guo* before and after compounding based on cough-relieving, phlegm-resolving, anti-inflammatory and analgesic effects [J]. Chinese Journal of Gerontology, 2021, 41(13): 2792-2795. (In Chinese)