

不同粒度连翘叶粉末的理化性质及抗氧化活性研究

韩 霄¹, 胡选生^{1,2,3*}, 李慧雯⁴, 郑 茜¹, 郭 婷⁵, 张培哲³, 张舒琪¹, 孟华英¹

¹商洛学院生物医药与食品工程学院, 陕西 商洛

²商洛市粮食工程技术研究中心, 陕西 商洛

³商洛康派绿色食品有限公司, 陕西 商洛

⁴西北大学生命科学学院, 陕西 西安

⁵商洛市粮油质量检验所, 陕西 商洛

收稿日期: 2025年2月12日; 录用日期: 2025年3月13日; 发布日期: 2025年3月21日

摘 要

制备平均粒径分别为60目、150目、250目、450目的连翘叶粉末, 研究其理化性质及抗氧化活性。结果表明, 随着粉体粒径的减小, 粉体的膨胀力、水溶性、持油力、振实密度、持水力明显增加, 堆积密度减小; 随着时间的增加, 四种粒度连翘叶粉末中的黄酮、蛋白质、多糖的溶出量逐渐增大, 最高分别达到了25.65 mg/mL、445.3 mg/mL、0.03 mg/mL; 在浓度为5 mg/mL、目数为450目时, 连翘叶粉末对ABTS自由基的清除率为67.6%、对DPPH自由基的清除率为81.3%以及对羟自由基的清除率为71.5%, 并且还原力达到1.72。本研究可为连翘叶资源的充分开发利用提供一定的参考。

关键词

连翘叶, 物理性质, 溶出特性, 抗氧化活性

Study on Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of *Forsythia* Leaves with Different Particle Size

Xiao Han¹, Xuansheng Hu^{1,2,3*}, Huiwen Li⁴, Xi Zheng¹, Ting Guo⁵, Peizhe Zhang³, Shuqi Zhang¹, Huaying Meng¹

¹College of Biology Pharmacy and Food Engineering, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

²Shangluo Food Engineering Technology Research Center, Shangluo Shaanxi

³Shangluo Kangpai Green Food Co., Ltd., Shangluo Shaanxi

*通讯作者。

文章引用: 韩霄, 胡选生, 李慧雯, 郑茜, 郭婷, 张培哲, 张舒琪, 孟华英. 不同粒度连翘叶粉末的理化性质及抗氧化活性研究[J]. 食品与营养科学, 2025, 14(2): 201-213. DOI: 10.12677/hjfn.2025.142025

⁴College of Life Sciences, Northwest University, Xi'an Shaanxi⁵Shangluo Grain and Oil Quality Inspection Institute, Shangluo ShaanxiReceived: Feb. 12th, 2025; accepted: Mar. 13th, 2025; published: Mar. 21st, 2025

Abstract

Prepare *Forsythia* leaf powders with average particle sizes of 60 mesh, 150 mesh, 250 mesh, and 450 mesh, respectively, to study their physicochemical properties and antioxidant activity. The results indicate that as the particle size of the powder decreases, the swelling power, water solubility, oil-holding capacity, tap density, and water-holding capacity significantly increase, while the bulk density decreases. Over time, the dissolution amounts of flavonoids, proteins, and polysaccharides in the four particle sizes of *Forsythia* leaf powders gradually increase, reaching maximum values of 25.65 mg/mL, 445.3 mg/mL, and 0.03 mg/mL, respectively. At a concentration of 5 mg/mL and a mesh size of 450, the *Forsythia* leaf powder exhibits scavenging rates of 67.6% for ABTS radicals, 81.3% for DPPH radicals, and 71.5% for hydroxyl radicals, with a reducing power of 1.72. This study can provide a reference for the full development and utilization of *Forsythia* leaf resources.

Keywords

Forsythia Leaf, Physical Properties, Dissolution Characteristics, Antioxidant Activity

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Open Access

1. 引言

连翘叶是木犀科植物连翘的叶片,《中华本草》中记载“连翘茎叶,味苦,性寒”[1]。连翘叶不仅是药材,而且是新食品原料[2][3],富含黄酮、连翘叶蛋白、多糖等活性物质,具有良好的抗氧化[4]、降血脂[5]、消炎[6]、抗疲劳[7]等作用。在食品加工方面,连翘叶被制成风味爆珠[8]、复合袋泡茶[9]、固体饮料[10]等。

在食品原料加工过程中,粉碎是一步很重要的加工步骤,能够改善物料的物理特性和生理活性,广泛应用于食品、生物技术和医药等领域[11]。而目前在连翘叶资源利用方面的研究以及对其物理性质的研究还较少。本研究考察不同粉碎粒度对连翘叶的溶解性、持水力、膨胀力、持油力、堆积密度、振实密度等物理性质的影响,以及对多糖、黄酮、蛋白质溶出率的影响,评价其抗氧化活性,为连翘叶深加工提供新途径。

2. 材料与方法

2.1. 材料

晒干的连翘叶(陕西商洛地区),芦丁、牛血清蛋白、考马斯亮蓝 G250、苯酚、ABTS、DPPH 等购于合肥博美生物科技有限责任公司;无水乙醇、硫酸等有机试剂均为分析纯。

2.2. 仪器

拜杰多功能粉碎机 BJ-300: 浙江德清拜杰电器有限公司;电热鼓风干燥箱 101: 上海科恒实业发展

有限公司；低速台式离心机 TD5A：湖南凯达科学仪器有限公司；旋转蒸发器 RE-52AA：上海亚荣生化仪器厂；电热恒温水浴锅 HHS：上海博迅实业有限公司；可见分光光度计 UV-721：上海佑科仪器仪表有限公司。

2.3. 实验方法

2.3.1. 样品制备

将连翘叶在 3500 r/min 的转速下粉碎 5 min，得到连翘叶粗粉末，将粉末过不同目数的筛后得到平均粒度分别为 60、150、250、450 目的连翘叶粉末，备用。

2.3.2. 物理性质的测定

(1) 膨胀力测定[12]

分别称取不同粒度的连翘叶粉末各 1 g，置于带刻度试管中，加入 20 mL 蒸馏水，充分振荡溶解，室温静置 24 h，记录粉末占据的体积。根据下式计算连翘叶粉末的膨胀力：

$$(\text{mL/g}) = (V_{\text{沉淀}} - V_{\text{样品}})/m_{\text{样品}} \quad (1)$$

(2) 水溶性测定[13]

称量 1 g 样品置于带刻度的试管中，向其中加蒸馏水 25 mL，80℃ 条件下磁力搅拌 30 分钟，然后在转速为 4500 r/min 的条件下离心 15 min。把上清液倒入培养皿中，干燥至其变得恒定，然后再称量。计算连翘叶粉末的水溶性的公式如下：

$$(\text{g/g}) = (W_{\text{培养皿+样品}} - W_{\text{培养皿}})/W_{\text{样品}} \quad (2)$$

(3) 持水力的测定[14]

在离心管中各称取 1 g 样品，将其和水按料液比 1:25 (W/V) 的比例互溶，磁力搅拌 30 min，控制温度在 25℃。然后将离心机转速调到 4500 r/min，时间为 15 min 离心，最后留下沉淀物，称量离心管和沉淀物的重量，并进行记录。连翘叶粉末持水力计算公式如下：

$$(\text{g/g}) = (W_{\text{样品+空离心管}} - W_{\text{空离心管}} - W_{\text{样品}})/W_{\text{样品}} \quad (3)$$

(4) 持油力的测定[15]

分别在管中称取 1 g 样品，按 1:20 的比例与花生油均匀混合，涡旋震荡 30 s，于室温下静置 1 h 后在离心机转速为 4500 r/min 的条件下离心 15 min，把沉淀留下。称量离心管以及连翘叶粉末的总质量。连翘叶粉末持油力的计算公式如下：

$$(\text{g/g}) = (W_{\text{样品+空离心管}} - W_{\text{空离心管}} - W_{\text{样品}})/W_{\text{样品}} \quad (4)$$

(5) 堆积密度的测定[15]

分别在有刻度的管中称取 1 g 样品，观察并记录试管内连翘叶粉末所占的体积。计算连翘叶粉末堆积密度的公式如下：

$$\text{g/mL} = (m_{\text{样品}}/V_{\text{样品}}) \quad (5)$$

(6) 振实密度的测定[15]

分别称取样品 1 g，盛入带刻度的试管内上下振荡直至连翘叶粉末体积不再改变，此时记录连翘叶粉末在试管中所占体积。连翘叶粉末的振实密度计算公式如下：

$$(\text{g/mL}) = m_{\text{样品}}/(V_{\text{震荡前样品体积}} - V_{\text{震荡后样品体积}}) \quad (6)$$

2.3.3. 溶出特性的测定

各称取 1 g 不同粒径的连翘叶粉末，加水 100 mL 与之混合搅拌均匀，在温度为 70℃ 条件下分别加

热 5 min、10 min、30 min、60 min、90 min，然后再进行抽滤，保存滤液，并对滤液中的黄酮类化合物、可溶性蛋白和可溶性多糖溶出量进行测定。

(1) 参考李仁杰等[16]的方法，采用分光光度法对黄酮的含量进行了测定。选择芦丁为标准品，取净 25 mL 容量瓶 6 只，按表 1 逐一添加试剂，摇匀后置于常温下 10 min，510 nm 处测定吸光值。以 A 值为纵坐标(Y)，质量浓度为横坐标(X)，得回归方程为 $Y = 0.0553X + 0.005$ ， $R^2 = 0.991$ 。

Table 1. Rutin standard curve reaction system

表 1. 芦丁标准曲线反应体系

项目	管 1	管 2	管 3	管 4	管 5	管 6
标准溶液(mL)	0	1	2	3	4	5
乙醇(mL)	6	5	4	3	2	1
亚硝酸钠(mL)	1	1	1	1	1	1
硝酸铝(mL)	1	1	1	1	1	1
氢氧化钠(mL)	10	10	10	10	10	10
蒸馏水(mL)	7	7	7	7	7	7

取不同粒度的连翘叶粉末的滤液各 5 mL，加 1 mL 乙醇溶液(60%)至 6 mL，加浓度为 5%的亚硝酸钠溶液 1 mL，混匀，5 分钟后，加入 1 mL 的 10%的硝酸铝溶液，搅拌均匀，10 分钟后，加入 10 mL 45%的 NaOH 溶液，加 7 mL 蒸馏水到 25 mL，摇匀后静置 10 min，在 510 nm 下测定吸光值。

(2) 可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝法测定[17]。精确称取 0.1 g 牛血清蛋白放入 100 mL 容量瓶中，加水配制标准蛋白溶液浓度为 1000 $\mu\text{g/mL}$ 。按表 2 内容在 6 个 25 mL 的试管中逐一加入试剂，将溶液摇晃混合均匀，静置 5 分钟后在 595 nm 处测定吸光值。以 A 值为纵坐标(Y)，质量浓度为横坐标(X)，得回归方程为 $Y = 0.0041X + 0.0087$ ， $R^2 = 0.9933$ 。取不同粒度连翘叶粉末滤液各 1 mL，加入 5 mL 考马斯亮蓝溶液，摇匀后静置 5 min，在 595 nm 下测定吸光值。

Table 2. Bovine serum albumin standard curve reaction system

表 2. 牛血清蛋白标准曲线反应体系

项目	管 1	管 2	管 3	管 4	管 5	管 6
标准溶液(mL)	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
蒸馏水(mL)	1	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90
考马斯亮蓝(mL)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
蛋白浓度($\mu\text{g/mL}$)	0	20	40	60	80	100

(3) 利用苯酚-硫酸法测定可溶性多糖含量[18]。取 5 mg 的葡萄糖标准品放到 25 mL 的容量瓶中，再加蒸馏水进行溶解，配成浓度为 0.1 mg/mL 的标准葡萄糖溶液。准备 7 个 25 mL 试管，根据表 3 逐步加入溶液。混匀后在 40℃水浴锅中反应 30 min，降温 10 min，在波长 490 nm 处测定吸光值。以 A 值为纵坐标(Y)，质量浓度为横坐标(X)，得回归方程为 $Y = 92.464X + 0.0139$ ， $R^2 = 0.9976$ 。

2.3.4. 抗氧化活性的测定

用 70%的乙醇配置浓度为 5、2.5、1.25、0.625、0.3125 mg/mL 的不同粒径连翘叶粉末溶液于 30℃下超声提取 30 min，然后在 3500 r/min 的转速离心 15 min。取上清液备用。

Table 3. Glucose standard curve reaction system**表 3.** 葡萄糖标准曲线反应体系

项目	管 1	管 2	管 3	管 4	管 5	管 6
标准溶液(mL)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
蒸馏水(mL)	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
苯酚试剂(mL)	1	1	1	1	1	1
浓硫酸(mL)	5	5	5	5	5	5
葡萄糖浓度(mg/mL)	0	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005

(1) ABTS 自由基清除率的测定[19]

配置 ABTS 溶液浓度为 7 mmol/L, 加入过硫酸钾溶液 2.45 mmol/L 等量搅拌, 25℃下避光保存 16~18 小时备用。使用前用无水乙醇稀释至吸光值为 0.7 ± 0.02 。取不同浓度样品浸提液 0.15 mL, 分别放入试管内, 加入稀释后的 ABTS 溶液 2.85 mL, 在 25℃下反应 10 min, 734 nm 波长处测定吸光值。对照组以 0.15 mL 乙醇溶液作为样品。ABTS 自由基清除率的计算公式如下:

$$\text{ABTS 自由基清除率}(\%) = (1 - A_1/A_2) \times 100\% \quad (7)$$

其中: A_1 为样品组的吸光度值; A_2 为对照组的吸光度值。

(2) DPPH 自由基清除率的测定[20]

精确称取 DPPH 固体 0.004 g 于烧杯中, 用无水乙醇溶解后定容至 100 mL, 在棕色瓶中避光保存。同时配制不同浓度的连翘叶样品, 测定方法见表 4。

Table 4. DPPH radical scavenging rate sample addition table**表 4.** DPPH 自由基清除率加样表

组别	试剂
检测组	不同浓度的连翘叶溶液/Vc 20 μ L + DPPH 溶液 180 μ L
对照组	20 μ L 的无水乙醇 + DPPH 溶液 180 μ L
空白组	无水乙醇 200 μ L

在遮光条件下反应 30 min, 于 540 nm 波长处在酶标仪中测定 OD 值, DPPH 自由基清除率计算公式如下:

$$\text{DPPH 自由基清除率}(\%) = \frac{\text{OD}_{\text{对照}} - \text{OD}_{\text{样品}}}{\text{OD}_{\text{对照}} - \text{OD}_{\text{空白}}} \times 100\% \quad (8)$$

其中: $\text{OD}_{\text{样品}}$ 为连翘叶或者 Vc 吸光度值; $\text{OD}_{\text{空白}}$ 为空白对照孔吸光度值; $\text{OD}_{\text{对照}}$ 为对照孔吸光度值。

(3) 羟基自由基清除率的测定[21]

分别用 60%乙醇溶液将连翘叶溶液稀释成不同浓度, 静置备用。在 96 孔板中依次加入 10 mmol/L 的水杨酸 60 μ L、2.5 mmol/L 盐酸 60 μ L、3.6 mmol/L 硫酸亚铁 60 μ L、供试品溶液 60 μ L 和 0.88 mmol/L H_2O_2 60 μ L。将孔板均匀振荡 10 s, 使各溶液混匀, 在 37℃条件下反应 20 min, 于 490 nm 波长处测定样品吸光度 A_x , 同法测定以 60 μ L 乙醇(70%)代替供试品溶液后的空白吸光度 A_0 和以 60 μ L 蒸馏水代替 H_2O_2 后的样品吸光度 A_{x0} , 精确测定后计算, 公式如下:

$$\text{羟自由基清除率}(\%) = \left\{ \frac{A_0 - A_x - A_{x0}}{A_0} \right\} \times 100\% \quad (9)$$

(4) 还原力的测定[22], 见表 5。

Table 5. Reducing power assay sample addition table
表 5. 还原力的测定加样表

项目	管 1	管 2	管 3	管 4	管 5
样品溶液(mL)	1	1	1	1	1
1%铁氰化钾(mL)	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
10%三氯乙酸(mL)	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
氯化铁(mL)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

添加铁氰化钾后，于 50℃ 热水条件下反应 20 min，然后依次添加三氯乙酸和氯化铁溶液并振荡搅拌均匀。于 700 nm 波长处测定吸光值。

3. 结果与分析

3.1. 物理性质的测定

3.1.1. 膨胀力的测定

如图 1 所示，随着连翘叶粉末粒径的减小，其膨胀力在不断的增大，450 目粒径下的连翘叶粉末的膨胀力较 60 目的增长了 63.15%，较 150 目和 250 目粉末也分别增长了 30.3%和 10.1%。

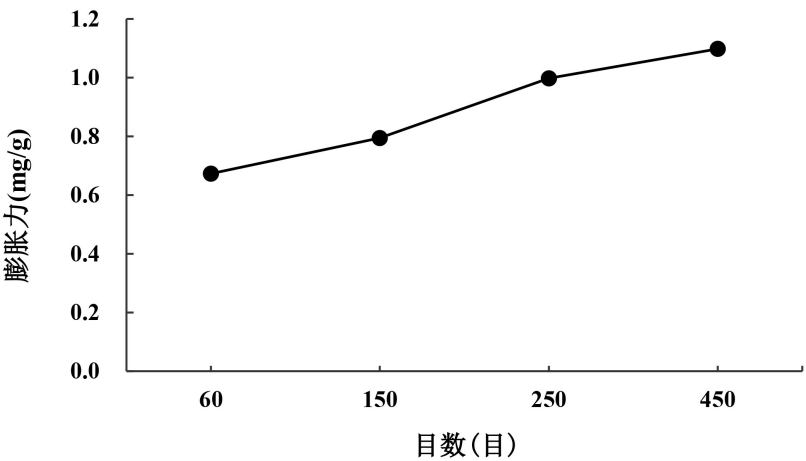


Figure 1. Measurement results of swelling power of *Forsythia* leaf powder with different particle sizes
图 1. 不同粒度连翘叶粉末膨胀力的测定结果

3.1.2. 水溶性的测定

如图 2 所示，450 目连翘叶粉末的水溶性与 60 目粉末相对比，水溶性增强了 17.5%，而在 150 目和 250 目时差异并不明显。

3.1.3. 持水力的测定

如图 3 所示，随着粒径的减小连翘叶粉末的持水力在不断增大，在 60 目时持水力最小为 2.368 mg/mL，在 450 目时其持水力达到了 4.031 mg/mL，较 60 目增长了 70%。

3.1.4. 持油力的测定

如图 4 所示，连翘叶粉末的持油力随着粒径的减小在不断增大，在 450 目时其持油力最高达到了 3.319 mL/g，较 60 目时增加了 61.6%。

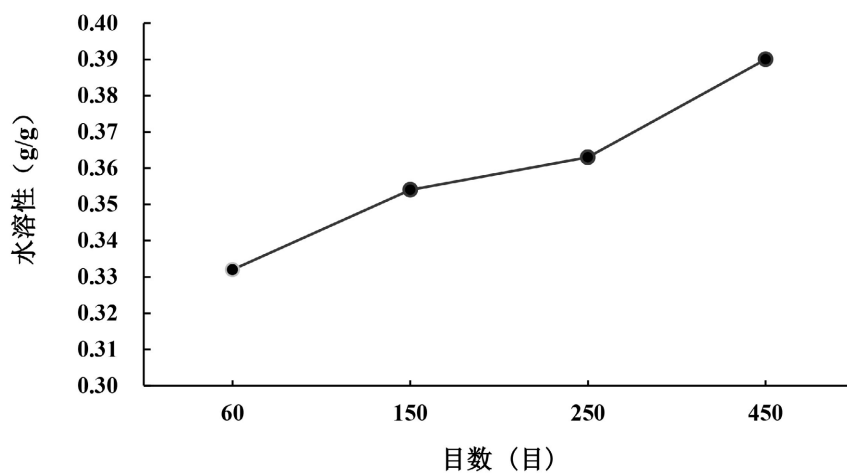


Figure 2. Measurement results of water solubility of *Forsythia* leaf powder with different particle sizes
图 2. 不同粒度连翘叶粉末水溶性的测定结果

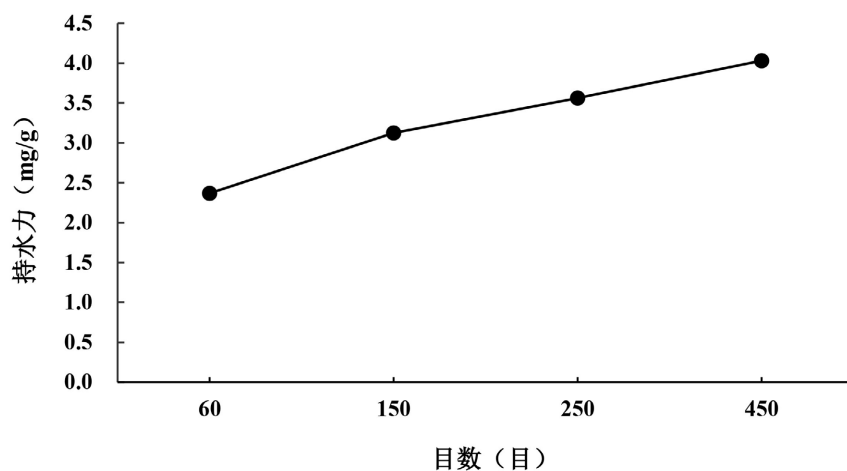


Figure 3. Measurement results of water-holding capacity of *Forsythia* leaf powder with different particle sizes
图 3. 不同粒度连翘叶粉末持水力的测定结果

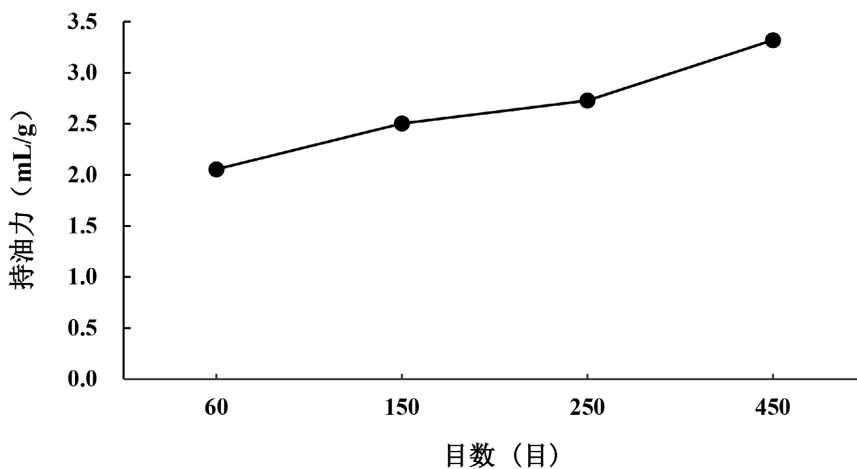


Figure 4. Measurement results of oil-holding capacity of *Forsythia* leaf powder with different particle sizes
图 4. 不同粒度连翘叶粉末持油力的测定结果

3.1.5. 堆积密度的测定

如图 5 所示, 连翘叶粉末在 60 目的堆积密度与在 450 目下的堆积密度相比较, 减小了 61.3%, 随着连翘叶粉末粒度不断减小, 其表面积、摩擦力和排斥力均增大, 阻碍了粉末颗粒间的致密堆积, 且粉末越细越易粘结在一起, 最终导致堆积密度呈现出下降趋势。

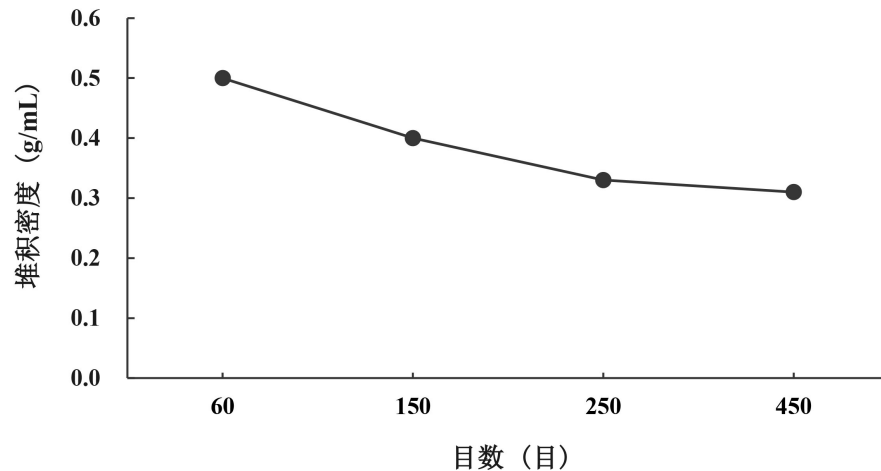


Figure 5. Measurement results of bulk density of *Forsythia* leaf powder with different particle sizes
图 5. 不同粒度连翘叶粉末堆积密度的测定结果

3.1.6. 振实密度的测定

如图 6 所示, 在 450 目时连翘叶粉末的振实密度最大为 4.03 g/mL, 较 60 目下增加了 89%, 而 150 目和 250 目时的振实密度仅相差 16%。

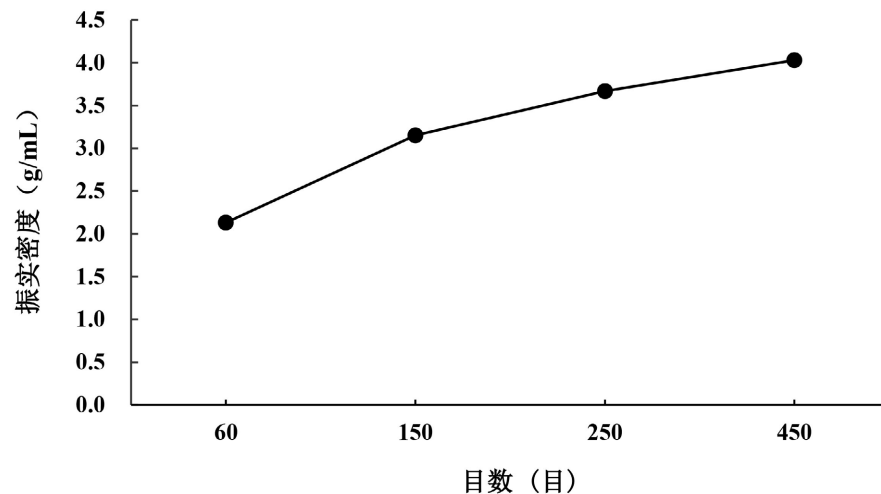


Figure 6. Measurement results of tap density of *Forsythia* leaf powder with different particle sizes
图 6. 不同粒度连翘叶粉末振实密度的测定结果

3.2. 溶出特性的测定

3.2.1. 黄酮溶出量的测定

如图 7 所示, 粉末粒径越小黄酮溶出量越大, 随着时间的增加, 四种目数的连翘叶粉末黄酮溶出量

一直增大，最高达到 25.65 mg/mL。

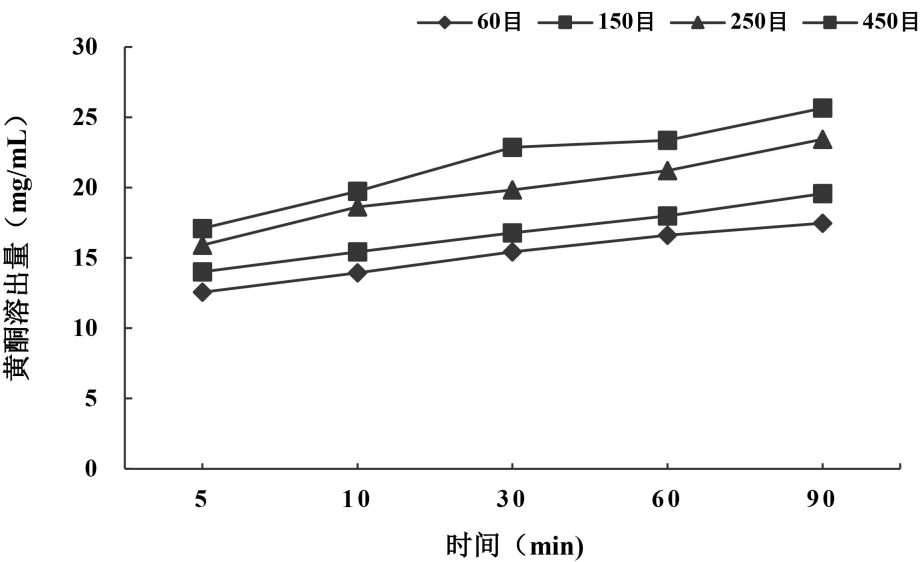


Figure 7. Measurement results of flavonoid dissolution content
图 7. 黄酮溶出量的测定结果

3.2.2. 可溶性蛋白溶出量的测定

如图 8 所示，连翘叶粉末中的蛋白质溶出量随着粒径的减小在不断增加，随着时间的增加，四种目数的连翘叶粉末蛋白溶出量一直增大，最高达到 445.3 mg/mL。

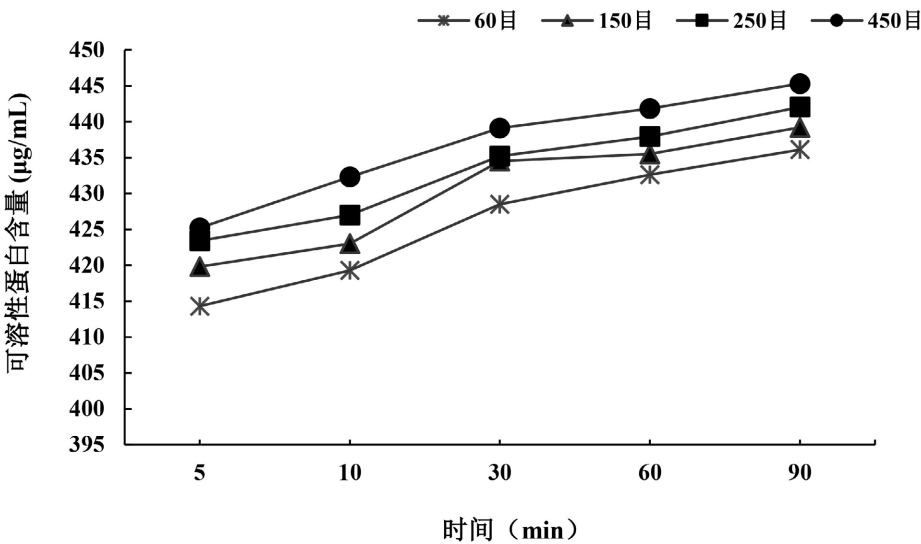


Figure 8. Measurement results of soluble protein dissolution content
图 8. 可溶性蛋白质溶出量的测定结果

3.2.3. 可溶性多糖溶出量的测定

如图 9 所示，随着粒径的减小连翘叶粉末中的可溶性多糖溶出量在不断增加，随着时间的增加，四种目数的连翘叶粉末多糖溶出量一直增大，最终在 450 目时达到 0.03 mg/mL。

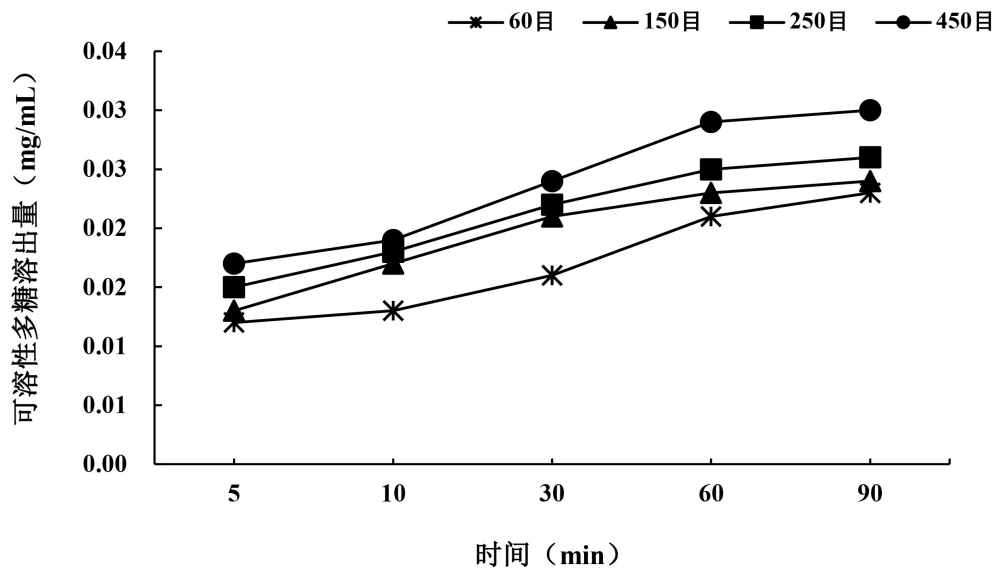


Figure 9. Measurement results of soluble polysaccharide dissolution content
图 9. 可溶性多糖溶出量的测定结果

3.3. 抗氧化活性的测定

3.3.1. ABTS 自由基清除率的测定

由图 10 可知, 随着连翘叶提取液浓度的增大和粉末粒径的减小, 连翘叶粉末对 ABTS 自由基清除率在不断增大。其中 450 目连翘叶粉末在浓度为 5 mg/mL 时对 ABTS 自由基清除率达到最高, 为 67.6%。

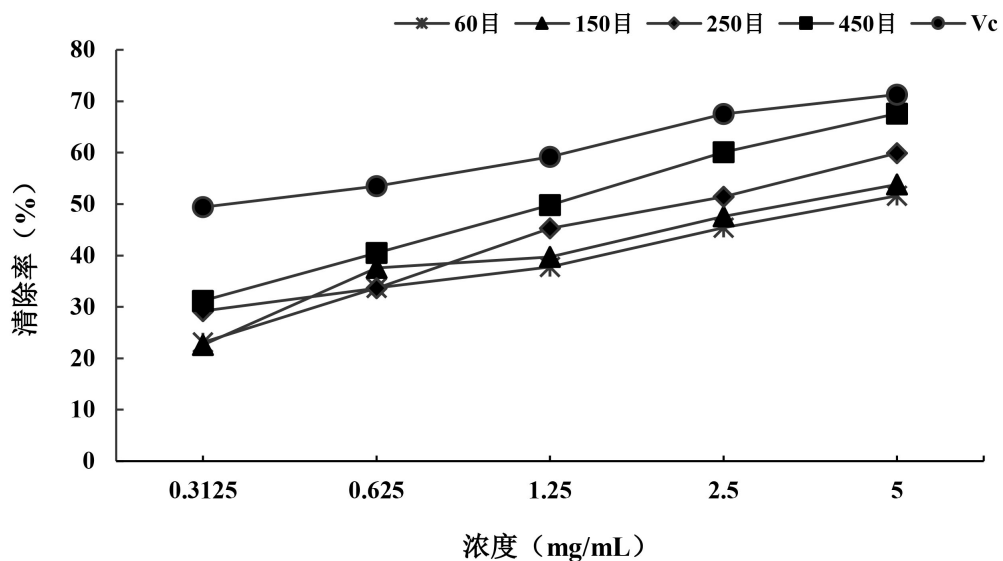


Figure 10. Measurement results of ABTS radical scavenging rate
图 10. ABTS 自由基清除率的测定结果

3.3.2. DPPH 自由基清除率的测定

由图 11 可知, 随着粉末浓度和目数的增大, 连翘叶粉末对 DPPH 自由基清除率也呈现出上升的趋势, 其中 450 目连翘叶粉末在浓度为 5 mg/mL 时对 DPPH 自由基的清除率达 81.3%。

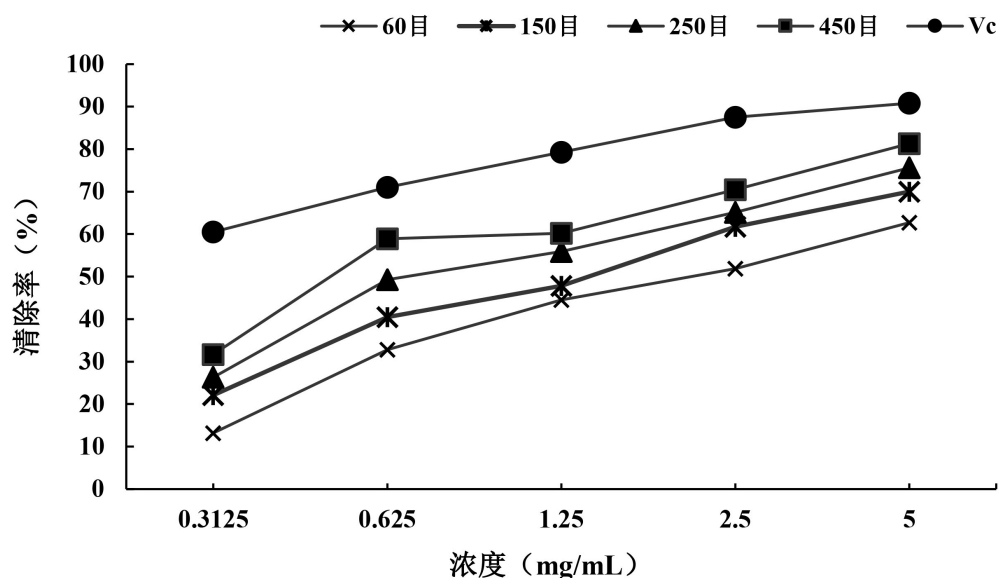


Figure 11. Measurement results of DPPH radical scavenging rate

图 11. DPPH 自由基清除率的测定结果

3.3.3. 羟基自由基清除率的测定

由图 12 可知, 连翘叶粉末对羟基自由基的清除率随着样品浓度的增加也增大, 其中 450 目连翘叶粉末在浓度为 5 mg/mL 时对羟基自由基清除率达 71.5%。

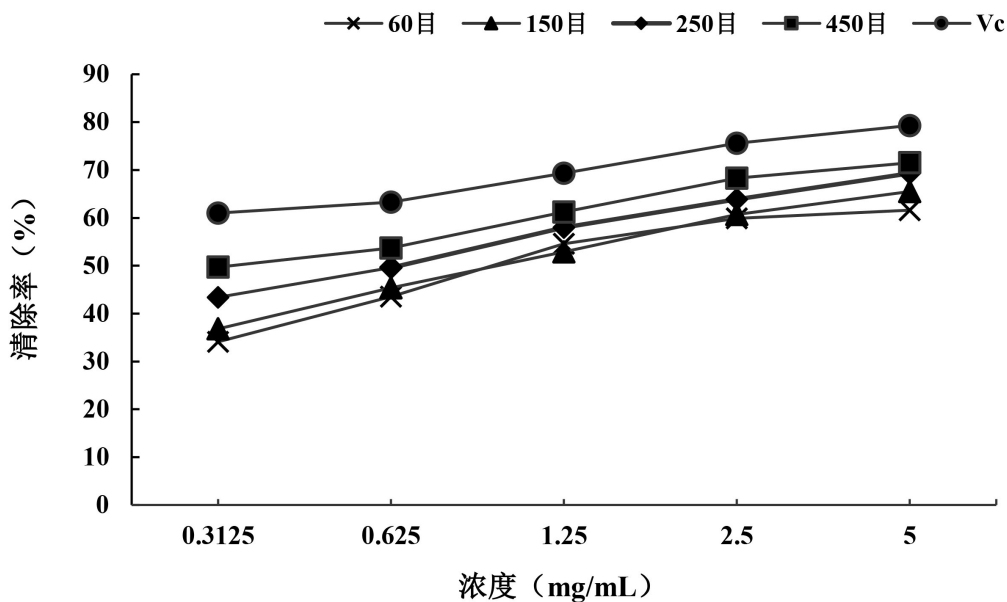


Figure 12. Measurement results of hydroxyl radical scavenging rate

图 12. 羟基自由基清除率的测定结果

3.3.4. 总还原力的测定

由图 13 可知, 样品的吸光值随着样品浓度的增加而不断变大, 其中 450 目连翘叶粉末在浓度为 5 mg/mL 时的总还原力达 1.72。

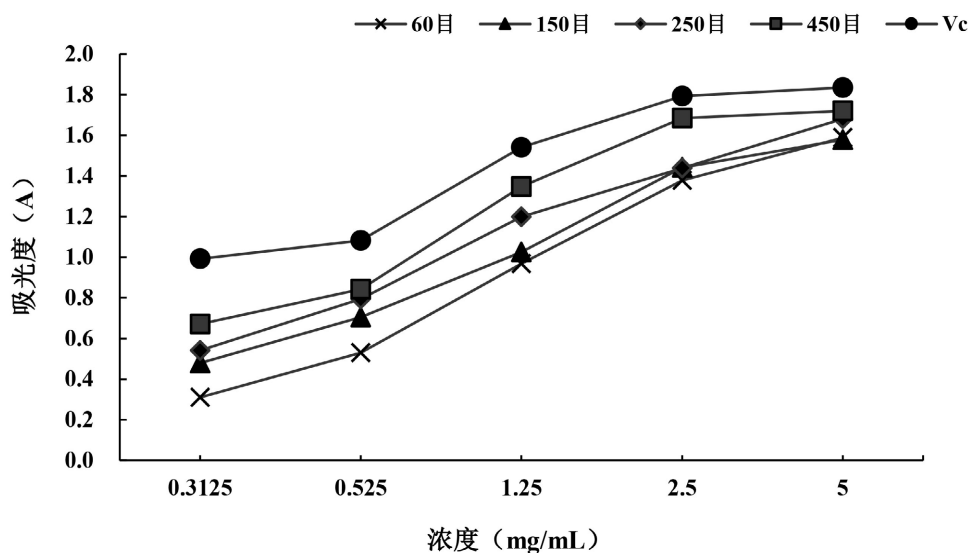


Figure 13. Measurement results of reducing power

图 13. 总还原力的测定结果

4. 讨论与结论

本研究结果表明, 450 目粒径下的连翘叶粉末较 60 目相比, 膨胀力增长了 63.15%、水溶性增强了 17.5%、持油力增加了 61.6%、振实密度增加了 89%、堆积密度减小了 61.3%、持水力也增加了 70%; 随着时间的增加, 四种粒度连翘叶粉末中的黄酮、蛋白质、多糖的溶出量逐渐增大, 最高分别达到了 25.65 mg/mL、445.3 mg/mL、0.03 mg/mL; 在浓度为 5 mg/mL、目数为 450 目时, 连翘叶粉末对 ABTS 自由基的清除率为 67.6%、对 DPPH 自由基的清除率为 81.3%以及对羟自由基的清除率为 71.5%, 并且还原力达到 1.72。

由此可见, 连翘叶的粉末粒径越小, 越有利于其理化性质及抗氧化活性。本研究为连翘叶的进一步开发利用提供理论依据。

基金项目

商洛学院院士专项科研项目(20YSZX03); 商洛市科技计划项目(2022-Z-0001); 商洛学院秦创原创新创业孵化能力提升项目(22KYZX09); 陕西省大学生创新创业训练计划项目(S202311396057)。

参考文献

- [1] 国家中药管理局编委会. 中华本草(第六册) [M]. 北京: 上海科学技术出版社, 1999: 159.
- [2] 房信胜. 山东连翘药物资源评价及活性成分提取技术研究[D]: [博士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2015.
- [3] 山西省食品安全地方标准审评委员会. DBS14/001-2017 食品安全地方标准连翘叶[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [4] 侯改霞, 杨建雄. 连翘叶提取物对实验小鼠的降脂保肝作用研究[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2010, 40(5): 504-506.
- [5] 贾东升, 李荣乔, 谢晓亮, 等. 连翘叶不同溶剂提取物体外抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(2): 14-18.
- [6] 杨丽霞, 梁正辉, 郭政港. 连翘叶复合袋泡茶的制备及配方优化[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2021, 41(3): 1-8.
- [7] 黄亚亚. 连翘叶黄酮的抗疲劳作用研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 陕西师范大学, 2006.

-
- [8] 杨钰昆, 杨岚清, 梁小祥, 等. 连翘叶风味爆珠的制备工艺研究[J]. 食品科技, 2022, 47(1): 286-292.
- [9] 潘雅琼. 连翘叶茶的功效及制作工艺研究进展[J]. 现代食品, 2022, 28(8): 44-46.
- [10] 刘星, 杨钰昆, 秦楠, 等. 连翘叶固体饮料的研制及活性成分测定[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(6): 2125-2130.
- [11] 张建梅, 罗艳艳, 罗海青, 等. 超微粉碎对黑蒜粉末物理性质及抗氧化能力的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(10): 51-57.
- [12] 马利华, 宋慧. 粒度对银杏叶粉末的物理特性及抗氧化性的影响[J]. 徐州工程学院学报(自然科学版), 2018, 33(3): 57-60.
- [13] 李敬, 尤颖, 赵庆生, 等. 连翘叶成分及生物活性研究进展[J]. 食品工业科技, 2020, 41(18): 344-352.
- [14] 张慧, 卞科, 万小乐. 超微粉末粉碎对谷朊粉末理化特性及功能特性的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(1): 127-131.
- [15] 唐明明, 孙汉巨, 赵金龙, 等. 超微粉末粉碎对水芹粉末理化性质及抗氧化活性的影响[J]. 现代食品科技, 2019, 35(7): 55-65.
- [16] 李仁杰, 丁建秋, 姜玮伦, 等. 紫外可见分光光度法测定刺玫果中总黄酮的含量[J]. 人参研究, 2019, 31(4): 41-42.
- [17] 焦洁. 考马斯亮蓝 G-250 染色法测定苜蓿中可溶性蛋白含量[J]. 农业工程技术, 2016, 36(17): 33-34.
- [18] 张松柏, 陈磊, 许文, 等. 优化苯酚硫酸法测定金线莲中多糖含量[J]. 福建中医药, 2019, 50(4): 58-60.
- [19] 李培源, 鄢宏俊, 贾智若, 等. ABTS 法测定龙眼叶乙醇提取物抗氧化活性[J]. 山东化工, 2019, 48(13): 96-97.
- [20] 何秋彤, 肖性. CUPRAC-BCS 酶标仪法测定凉茶的抗氧化性[J]. 食品工业科技, 2011, 32(8): 152-156.
- [21] 李倩茹, 夏珊, 黄婷, 等. 建立酶标仪法检测沙棘的羟自由基清除活性[J]. 食品科技, 2020, 45(9): 287-294.
- [22] 周晓辉, 王瑱, 邱立娟, 等. 银杏白果提取物抗氧化及抗菌研究[J]. 时珍国医国药, 2018, 29(3): 577-580.