

大葱中多酚物质提取工艺优化及抑菌活性研究

郎伍营^{1,2,3}, 刘倩倩¹, 张浩楠¹, 王静^{1,2,3}, 何严¹, 宗雅严¹, 李世童¹

¹商洛学院生物医药与食品工程学院, 陕西 商洛

²商洛学院商洛市粮食工程技术研究中心, 陕西 商洛

³商洛绿富然畜牧科技有限公司, 陕西 商洛

收稿日期: 2025年5月11日; 录用日期: 2025年6月10日; 发布日期: 2025年6月20日

摘要

提取大葱中的多酚物质, 以多酚得率为指标, 通过单因素和正交试验优化提取工艺。结果表明: 从大葱中提取多酚的工艺优化组合为: 超声功率250 W、超声时间2.5 h、乙醇浓度60%、料液比1:40 (g/mL), 在此工艺条件下, 提取的多酚得率为5.938 mg/g。研究发现大葱中多酚物质对常见的细菌具有较强的抑菌作用, 其中大葱多酚对三种菌株的抑制作用强弱顺序为金黄色葡萄球菌 > 大肠杆菌 > 枯草芽孢杆菌。大葱多酚的最低抑菌浓度分别为: 金黄色葡萄球菌为0.50 mg/mL, 大肠杆菌和枯草芽孢杆菌均为0.75 mg/mL。

关键词

大葱, 多酚, 超声提取, 正交试验, 抑菌活性

Optimization of Extraction Process and Antibacterial Activity of Polyphenol Substances in Green Onion

Wuying Lang^{1,2,3}, Qianqian Liu¹, Haonan Zhang¹, Jing Wang^{1,2,3}, Yan He¹, Yayan Zong¹, Shitong Li¹

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

²Shangluo City Grain Engineering Technology Research Center, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

³Shangluo Lvforan Animal Science and Technology Co., LTD., Shangluo Shaanxi

Received: May 11th, 2025; accepted: Jun. 10th, 2025; published: Jun. 20th, 2025

文章引用: 郎伍营, 刘倩倩, 张浩楠, 王静, 何严, 宗雅严, 李世童. 大葱中多酚物质提取工艺优化及抑菌活性研究[J]. 农业科学, 2025, 15(6): 812-820. DOI: 10.12677/hjas.2025.156100

Abstract

The polyphenol substances from green onion were extracted as the index, and the extraction process was optimized by unifactor and orthogonal test. The results show that the optimized combination of extracting polyphenols from green onion is ultrasonic power of 250 W, ultrasonic time of 2.5 h, ethanol concentration of 60%, and liquid ratio of 1:40 (g/mL). Under this process, the extracted polyphenols content is 5.938 mg/g. It was also found that the polyphenol substances in green onion have a strong antibacterial effect on the common bacteria, among which the inhibitory effect of scallion polyphenols on the three strains was *Staphylococcus aureus* > *Escherichia coli* > *Bacillus subtilis*. The minimum inhibitory concentration of *S. aureus* was 0.50 mg/mL for *Staphylococcus aureus* and 0.75 mg/mL for both *E. coli* and *B. subtilis*.

Keywords

Green Onion, Polyphenols, Ultrasonic Extraction, Orthogonal Test, Antibacterial 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

大葱，主要指百合科植物葱的茎与叶，叶子圆筒形，中间空，脆弱易折，呈青色[1]，在我国被广泛种植，是中国传统的蔬菜之一。大葱的茎和叶子都可以生食，也可以用来调味炒菜、煮汤等菜肴，其功效可以促进身体消化液分泌，能够健脾开胃、增进食欲、清除肠胃污垢[2]，还能预防呼吸道传染病，有效地治疗伤风感冒[3]。研究表明，在大葱中含有丰富的蛋白质、维生素、二硫化物与二烯丙基二硫化物[4]，是一种营养丰富并且非常健康的食材。

除了丰富的营养成分外，大葱中的多酚物质也备受关注。多酚物质是一类有机化合物，具有多个芳香环和其他氢原子的分子结构，包括了单宁以及单宁的聚合物和单宁的前体化合物等[5]，能够发挥卓越的生物学功能。多酚物质主要分布于大葱的叶片、茎和根部，拥有强大的抗氧化能力[6]，可以有效防止食品变质和细菌滋生，从而延长食品的保质期。此外，多酚物质还具有抗菌、抗病毒、抗炎和预防心脑血管疾病等作用，可以增强人体免疫力，对人体健康有很大的益处。对于食品加工行业来说，大葱中的多酚物质是一种非常重要的天然抗氧化剂，可以用于保护食品的质量和延长保质期。同时，多酚物质还可以用于生产保健品、药品等，对人体健康有很大的帮助。

传统的植物多酚提取方法使用有机溶剂，如乙醇、丙酮等，具有环境污染和提取效率低等问题。因此，寻找一种绿色、低成本、高效的提取方法变得十分必要。超声波辅助提取是一种备受瞩目的新型技术。这种方法具有高效节能、无污染等优良特性。超声波扰动可以破坏植物细胞壁，使多酚等目标物质释放出来，同时也可以提高提取效率。此外，超声波辅助提取的过程可以减少添加化学试剂，符合绿色环保的理念。因此，超声波辅助提取是一种具有前景的植物多酚提取技术，可以为植物多酚的高效提取和应用提供重要的技术支持。

通过研究大葱多酚的抑菌性，可以深入了解其作用机理和应用领域，为其在各个领域的应用提供科学依据。随着人们对食品质量和安全性的要求越来越高，应用大葱多酚抑制食品中的病原菌和变质菌的生长，提高食品的安全性和保质期，已经成为一种重要的技术手段。因此，研究大葱多酚的抑菌性对于

深入了解其生物活性、应用领域和食品安全等领域都有着重要的现实意义和应用价值。

2. 材料与方法

2.1. 材料

大葱、没食子酸(HPLC $\geq 99\%$)、无水乙醇、无水碳酸钠、福林酚试剂、牛肉膏、蛋白胨、琼脂。

2.2. 方法

2.2.1. 大葱粉末的制备

将大葱葱白清洗后放入电热鼓风干燥箱中于 85°C 进行 8 h 烘干, 粉碎过 50 目筛, 收集粉末并进行密封防潮处理, 备用。

2.2.2. 多酚得率的测定

(1) 标准曲线的制备

方法参照刘晓珍等[7]人的研究方法并进行完善。得到没食子酸浓度 - 吸光度标准曲线 $y = 46.631x + 0.0031$; $R^2 = 0.9997$ 。

(2) 多酚得率测定

精确称取预先干燥、粉碎的 1 g 大葱葱白粉末, 其次按照料液比 1:10 (g/mL)、乙醇浓度 60%、超声功率 300 W、超声时间 1 h 的条件进行超声萃取大葱中的多酚物质。随后, 使用离心机将萃取后的溶液进行 3500 r/min 离心 10 min, 然后进行抽滤, 得到分离液。接下来在 60°C 真空旋转下将其蒸发至约 5 mL。最后, 在容量瓶中使用蒸馏水定容至 10 mL 即可得到大葱多酚提取液。采用 Folin-Ciocalteu 比色法测定多酚[8], 多酚得率的计算公式为:

$$W = (c \times v \times n) / m \quad (1)$$

式中: W 为大葱多酚得率 mg/g; c 为根据吸光度值计算出的大葱多酚溶液质量浓度 mg/mL; v 为大葱多酚溶液体积 mL; n 为大葱多酚溶液稀释倍数; m 为大葱粉末干质量 g。

2.2.3. 超声辅助提取大葱多酚的单因素试验

本研究采用超声辅助提取技术, 以大葱多酚得率作为评价指标, 对超声功率、超声时间、乙醇浓度和料液比四个因素进行单因素实验。各因素水平见表 1。

Table 1. Single-factor level table

表 1. 单因素水平表

水平	超声功率/w	超声时间/h	乙醇浓度/%	料液比/(g/mL)
1	200	0.5	20	1:10
2	250	1	40	1:20
3	300	1.5	60	1:30
4	350	2	80	1:40
5	400	2.5	100	1:50

2.2.4. 超声辅助提取大葱多酚的正交试验

根据单因素试验的结果, 以超声功率(A)、超声时间(B)、乙醇浓度(C)和料液比(D)作为影响因素, 每个因素设定了 3 个水平, 采用 4 因素 3 水平的正交实验设计, 按 $L_9(3^4)$ 正交表进行实验。最后, 通过优

化提取工艺参数，筛选出最优的工艺条件。

2.2.5. 大葱多酚纯化

大葱多酚纯化方法参照史建鑫等[9]人的研究方法。

2.2.6. 大葱多酚抑菌活性试验

本实验以滤纸圆片法测定大葱多酚对金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)和大肠杆菌(*Escherichia coli*)的抑制作用，通过不同浓度的大葱多酚溶液对菌落生长的影响进行测定，对其抑菌效果进行评价，并测定其最小抑菌浓度。

3. 结果与分析

3.1. 单因素试验结果分析

3.1.1. 超声功率对多酚得率的影响

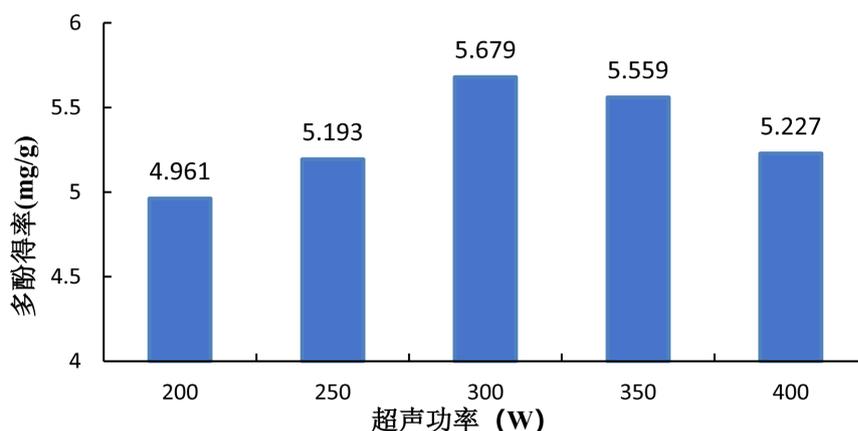


Figure 1. Effect of ultrasonic power on the extraction rate of polyphenols from green onions
图 1. 超声功率对大葱多酚提取率的影响

超声功率对多酚得率的影响结果如图 1 所示。随着超声功率的增加，大葱多酚的得率呈现先上升后下降的趋势。当超声功率为 300 W 时，得率达到最高值。在超声波的作用下，大葱多酚的分子结构受到影响，超声波的空化效应和机械效应的能量不断增加，这加强了细胞内物质的扩散和溶解，促进了大葱多酚的溶解。然而，当超声功率继续增加时，多酚得率逐渐下降，可能是因为当超声功率达到 300 W 时，多酚已经基本析出。当超声功率过大时，可能会破坏多酚的结构，导致其分解，从而使得多酚得率下降[10]。因此，可选择将 300 W 视为最佳超声提取功率。

3.1.2. 超声时间对多酚得率的影响

超声时间对多酚得率的影响结果如图 2 所示。在超声时间 0.5~2.5 h 的范围内，大葱中多酚的得率随时间的增加呈现先上升后平稳的趋势。当超声时间过长时，超声波的强度会对多酚的分解和损伤作用增强，导致多酚的分解和损失增加。在提取大葱多酚时，适当的提取时间可以提高提取率，同时在保证提取率的情况下，不会浪费过多的试剂和时间。因此，可选择将 1.5 h 看作最佳超声提取时间。

3.1.3. 料液比对多酚得率的影响

料液比对多酚得率的影响结果如图 3 所示。随着料液比的增加，多酚得率呈现先上升后下降的趋势。当料液比为 1:10 到 1:40 时，多酚得率呈现上升趋势，在 1:40 时，多酚的得率达到最高。这说明在这个

料液比条件下,反应物浓度和反应效果达到一个平衡,能够提高大葱多酚的提取率。在 1:50 时,多酚得率呈现下降趋势,可能是料液比过大影响反应物的浓度,进而影响反应的进行。因此可选择将料液比为 1:40 视为最佳提取比值。

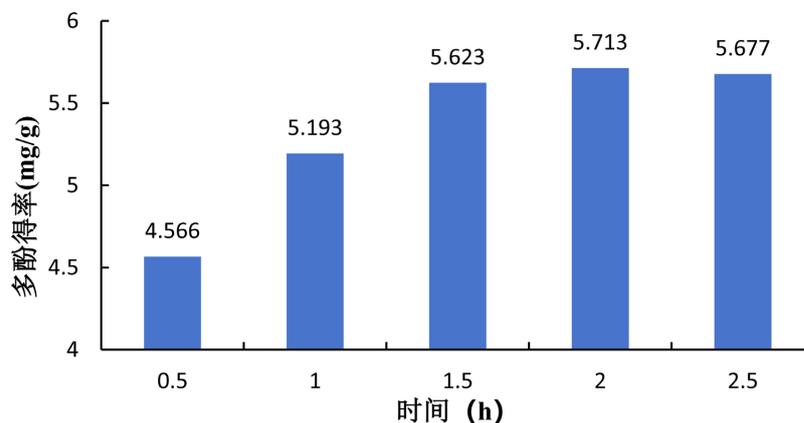


Figure 2. Effect of ultrasonic time on the extraction rate of polyphenols from green onions
图 2. 超声时间对大葱多酚提取率的影响

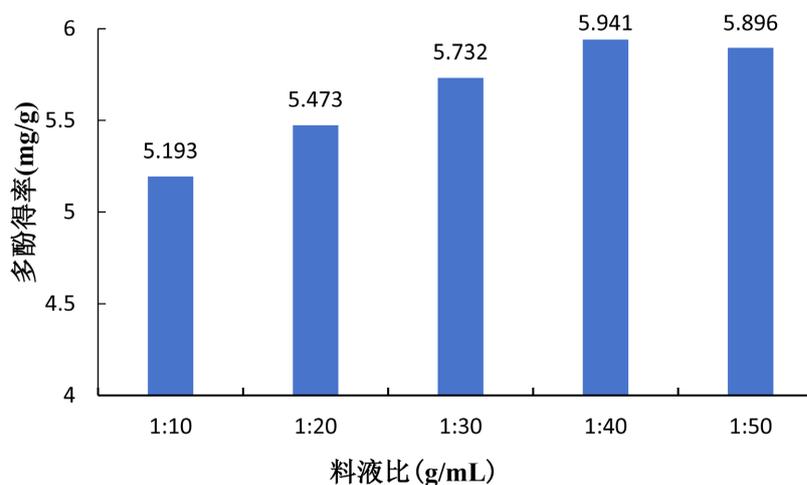


Figure 3. Effect of liquid ratio on the extraction rate of polyphenols from green onions
图 3. 料液比对大葱多酚提取率的影响

3.1.4. 乙醇浓度对多酚得率的影响

乙醇浓度对多酚得率的影响结果如图 4 所示。随着乙醇浓度的增加,大葱多酚的得率先上升后下降。这是因为低浓度乙醇能够自由进出细胞,有利于多酚类物质的渗出和提取,而高浓度乙醇会导致蛋白质变性,从而影响多酚类物质的提取效率。经过研究发现,浓度为 80% 的乙醇溶液是一种比较适合提取剂,在该浓度下,大葱多酚的得率最高,并且能够降低提取成本[11]。因此,选择 80% 乙醇溶液作为适宜的提取剂。

3.2. 超声辅助提取大葱多酚的工艺正交优化试验

根据单因素试验的结果,以超声功率(A)、超声时间(B)、乙醇浓度(C)和料液比(D)作为影响因素,采用 4 因素 3 水平的正交实验设计,按 $L_9(3^4)$ 正交表进行实验,具体因素水平参照表 2,结果见表 3。

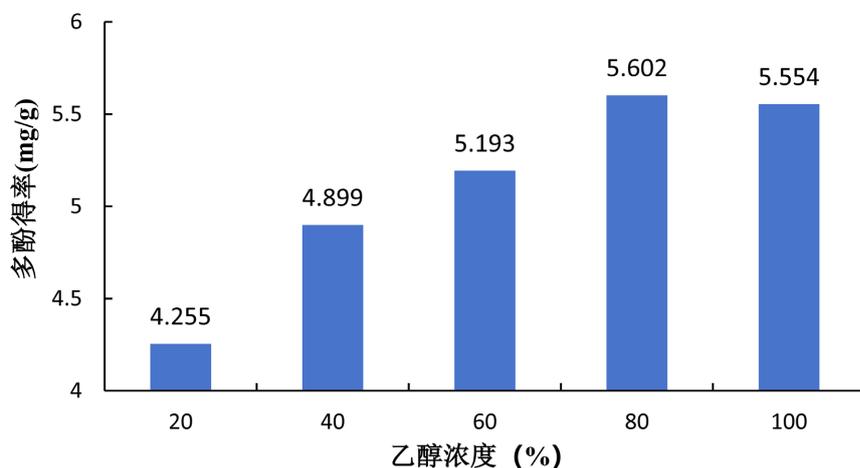


Figure 4. Effect of ethanol concentration on the extraction rate of polyphenols from green onions

图 4. 乙醇浓度对大葱多酚提取率的影响

Table 2. Orthogonal test factor levels table $L_9(3^4)$

表 2. 正交试验因素水平表 $L_9(3^4)$

水平	因素			
	(A)超声功率 W	(B)超声时间 h	(C)乙醇浓度%	(D)料液比(g/mL)
1	250	1.5	60	1:30
2	300	2	80	1:40
3	350	2.5	100	1:50

Table 3. Orthogonal test scheme and results for ultrasonic-assisted extraction of polyphenols from green onions

表 3. 大葱多酚超声辅助提取的正交试验方案及结果

试验次序	A 超声功率	B 超声时间	C 乙醇浓度	D 料液比	多酚含量/(mg/g)
1	1	1	1	1	5.818
2	1	2	2	2	5.912
3	1	3	3	3	5.902
4	2	1	2	3	5.631
5	2	2	3	1	5.770
6	2	3	1	2	5.881
7	3	1	3	2	5.641
8	3	2	1	3	5.786
9	3	3	2	1	5.827
k_1	17.632	17.090	17.485	17.415	
k_2	17.282	17.468	17.370	17.434	
k_3	17.254	17.610	17.313	17.319	
R	0.126	0.173	0.057	0.038	
因素主次	B > A > C > D				
最优水平	A ₁	B ₃	C ₁	D ₂	
最优组合	A ₁ B ₃ C ₁ D ₂				

由表 3 可知, 单因素对多酚提取的影响主次顺序为 $B > A > C > D$ 。最佳提取工艺组合为 $A_1B_3C_1D_2$, 即超声功率 250 W、超声时间 2.5 h、乙醇浓度 60%、料液比 1:40 (g/mL)。

3.3. 验证试验

为了检验该工艺的可靠性, 将得到的最佳提取工艺条件进行三次重复验证试验, 以验证得到的工艺条件是否稳定, 验证试验的结果详见表 4。

Table 4. Verification test of ultrasonic-assisted extraction of polyphenols

表 4. 超声辅助提取多酚的验证试验

实验次数	1	2	3	平均得率(mg/g)
多酚得率(mg/g)	5.942	5.951	5.922	5.938

实验结果表明, 采用超声辅助提取工艺提取的大葱多酚平均得率为 5.938 mg/g, 优于正交试验中的处理结果。这说明, 通过正交优化试验所得到的最佳超声辅助提取工艺具有高提取率、条件稳定和可靠性的优势。

3.4. 大葱多酚抑菌活性试验

3.4.1. 大葱多酚抑菌圈试验

大葱多酚抑菌圈直径结果见表 5。

Table 5. Inhibition zone diameter of polyphenols from green onions

表 5. 大葱多酚抑菌圈直径

大葱多酚浓(mg/mL)	大肠杆菌(mm)	枯草芽孢杆菌(m)	金黄色葡萄球菌(m)
0	7.00	7.00	7.00
1	7.44	7.47	7.54
2	7.96	8.13	8.44
3	8.79	8.88	9.41
4	9.47	9.21	10.14
5	10.63	9.98	11.52

注: 直径 7 mm 表示无抑菌圈。

经过实验数据的分析后发现大葱多酚对于大肠杆菌、枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌的抗菌效果各异。实验结果表明, 当大葱多酚浓度为 5 mg/mL 时, 抑菌圈直径为 11.52 mm, 这说明大葱多酚对金黄色葡萄球菌的抑制效果最好。此外, 随着大葱多酚浓度的增大, 抑菌圈的直径也相应增加, 这说明在实验浓度范围内, 大葱多酚对这两种菌株的抑制效果随浓度增加而逐渐增强。三种有抑制效果的菌株中, 大葱多酚对金黄色葡萄球菌抑制效果最强, 对枯草芽孢杆菌的抑制效果是最差的。

通过滤纸片法测定大葱多酚抑菌效果, 结果表明大葱多酚对三种菌株的抑制作用强弱顺序为金黄色葡萄球菌 > 大肠杆菌 > 枯草芽孢杆菌。

3.4.2. 最小抑菌浓度试验

由表 5 大葱多酚抑菌圈直径结果可知, 大葱多酚对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、枯草芽孢杆菌都具有抑菌效果。因此, 为研究三种细菌的最低抑菌浓度, 将多酚溶液再度稀释, 通过不同浓度的多酚溶液

测定,探究大葱多酚对于三种细菌的最低抑菌浓度。大葱多酚最低抑菌浓度结果见表6,大葱多酚在三种实验菌种中,对金黄色葡萄球菌抑菌效果最强,最低抑菌浓度为0.50 mg/mL,对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌的最低抑菌浓度均为0.75 mg/mL。

Table 6. Minimum inhibitory concentration of polyphenols from green onions

表 6. 大葱多酚最低抑菌浓度

多酚浓度/(mg/mL)	大肠杆菌	枯草芽孢杆菌	金黄色葡萄球菌
0.75	-	-	-
0.5	+	+	-
0.25	+	++	+
0	++	++	++

注:“-”表示培养后无肉眼可见菌落生长;“+”表示培养后有少量肉眼可见菌落生长;“++”表示培养后有大量菌落生长。

4. 讨论与结论

传统的溶剂浸提法通常被工厂广泛应用,因为其设备简单易于工业化放大生产等特点。然而,该方法处理时间长、处理温度较高等特点容易造成活性成分的损失。相比之下,超声辅助提取是一种更为高效的提取方法。在液体中,超声波会导致液体分子振动和碰撞,产生剪切力和振动流动,从而破坏细胞壁结构和提高渗透性,促进植物多酚的释放和转移。张瑞刚等[12]人采用超声辅助提取黑豆种皮中多酚,结果表明,其最佳工艺为乙醇浓度60%、料液比为1:25(g/mL)、提取时间为65 min、超声功率为400 W,此工艺条件下,黑豆种皮多酚提取率为 (11.26 ± 0.08) mg/g。赵二劳等[13]人采用微波辅助提取玉米苞叶中多酚,结果表明,其最佳工艺为乙醇浓度50%、料液比1:40(g/mL)、微波功率390 W、微波时间60 s,在此工艺条件下,玉米苞叶的多酚提取率为2.647 mg/g。王志颖等[14]人采用超声辅助法提取大麦糟中多酚,结果表明,其最佳工艺为乙醇浓度70%、超声功率280 W、提取时间30 min、料液比1:34(g/mL),此工艺条件下,大麦糟多酚的提取率为4.30 mg/g。本研究最佳萃取工艺条件为超声功率250 W、超声时间2.5 h、乙醇浓度60%、料液比1:40(g/mL),此工艺条件下,大葱中多酚物质的得率为5.938 mg/g,经过纯化后大葱多酚的纯度为64.5%。

葱属植物有效成分已被证实具有抗菌及消炎活性。冯岩等[15]人发现葱茎提取物对香蕉枯萎病菌具有良好的抑制作用,经液质联用分析后推测其主要抑菌成分为含硫化合物及噻烷类化合物。张志等[16]人将洋葱作用于由二甲苯致使的老鼠耳廓肿胀的模型,研究洋葱的抗炎活性,结果说明洋葱具有较为显著的抗炎作用。田晓庆等[17]人发现大葱提取物对球菌和真菌具有良好的抑制作用,而对杆菌的抑制效果较差。在本研究中,大葱多酚对金黄色葡萄球菌的抑菌效果最为显著,而对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌的抑菌效果相对较差。金黄色葡萄球菌的最低抑菌浓度为0.50 mg/mL,大肠杆菌和枯草芽孢杆菌的最低抑菌浓度均为0.75 mg/mL。

综上所述,超声波辅助提取是一种有效的大葱多酚提取方法。葱属植物具有广谱的抑菌和抗炎效果,可以抑制革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌和真菌等微生物的生长。

基金项目

陕西省技术创新引导专项(2024ZC-YYDP-89),商洛学院科学与技术研究基金项目(20SKY011),商洛市科技局农业领域科技攻关(2023-N-0036),陕西省教育厅一般专项项目(24JK0425)。

参考文献

- [1] 郝转. 葱属类植物研究进展[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(11): 110-113.
- [2] 杨粟艳. 大葱提取物抑菌活性及作用机制研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2009.
- [3] 王辉, 李景明, 马钊, 等. 洋葱中含硫化合物的生理功效[J]. 食品工业科技, 2005, 26(5): 187-189.
- [4] 史林永, 林欣大, 陈嘉玮, 等. 大葱中生物活性物质提取及其生物活性的研究[J]. 科技资讯, 2020, 18(33): 196-198.
- [5] Wang, E., Li, Y., Maguy, B.L., Lou, Z., Wang, H., Zhao, W., *et al.* (2019) Separation and Enrichment of Phenolics Improved the Antibiofilm and Antibacterial Activity of the Fractions from *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* in Vitro and in Tofu. *Food Chemistry*, **294**, 533-538. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.038>
- [6] Ouyang, H., Hou, K., Peng, W., Liu, Z. and Deng, H. (2018) Antioxidant and Xanthine Oxidase Inhibitory Activities of Total Polyphenols from Onion. *Saudi Journal of Biological Sciences*, **25**, 1509-1513. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.08.005>
- [7] 刘晓珍, 李福香, 祝兆亮, 等. 芒果核多酚超声辅助提取工艺优化及抑菌活性研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(14): 56-60+70.
- [8] Yang, W., Liu, J., Liu, H., *et al.* (2018) Optimization of Supercritical Fluid Extraction of Phenolic Compounds from Peach Blossom (*Amygdalus persica*) by Response Surface Methodology. *Current Topics in Nutraceutical Research*, **17**, 180-187. <https://doi.org/10.37290/ctr2641-452x.17:180-187>
- [9] 史建鑫, 陈钢, 李栋林, 等. 超声辅助提取昆布多酚及其抑菌活性的研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 50-55.
- [10] 崔艳平, 聂玮, 迟晓君, 等. 蒲公英多酚提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(8): 175-180.
- [11] 郭彩慧, 朱毅, 马雪颖, 等. 优化青花椒多酚提取工艺及多酚成分测定和抗氧化性研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(3): 1-6.
- [12] 张瑞刚, 赵靖婷, 蔡宇婷, 等. 黑豆种皮多酚的超声辅助提取工艺及抑菌活性研究[J]. 饲料工业, 2023, 44(5): 13-19.
- [13] 赵二芳, 王明华, 展俊岭, 等. 响应面优化玉米苞叶多酚微波辅助提取工艺及其抗氧化性[J]. 分子植物育种, 2018, 16(17): 5789-5795.
- [14] 王志颖, 梅静, 廖宝华, 等. 超声辅助提取大麦糟多酚的工艺优化[J]. 武汉轻工大学学报, 2020, 39(1): 1-7.
- [15] 冯岩, 杨静美, 梁小媚, 等. 两种葱属植物提取物对香蕉枯萎病菌有抑制作用组分的气相色谱-质谱分析[J]. 分析测试学报, 2011, 30(8): 941-944.
- [16] 张志. 洋葱中黄酮类化合物的研究(II) [D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [17] 田晓庆, 于法常, 王瑞, 等. 大葱现代药理药效研究[J]. 中国果菜, 2016, 36(10): 29-33.