

荆芥多糖制备及对百合荆梨汁的抑菌效果

Preparation of *Schizonepeta* polysaccharide and its effect on antimicrobial activity of the juice of lily *schizonepeta* pear

曹 阳¹ 张丽芳¹ 贾春风²

CAO Yang¹ ZHANG Li-fang¹ JIA Chun-feng²

(1. 江苏食品药品职业技术学院, 江苏 淮安 223003; 2. 保定学院, 河北 保定 070100)

(1. Jiangsu Food & Pharmaceutical Science College, Huai'an, Jiangsu 223003, China;

2. Baoding University, Baoding, Hebei 070100, China)

摘要:目的:探究荆芥多糖的制备工艺及对百合荆梨汁的抑菌效果,拓宽荆芥在饮品中的应用。方法:采用正交试验,探究荆芥多糖制备的最佳工艺;采用滤纸片扩散法测定荆芥多糖对百合荆梨汁抑菌活性的影响。结果:荆芥多糖制备的最佳条件为:料液比 1:30 (g/mL),提取温度 60 °C,提取时间 2 h。在最优条件下,多糖提取率为 (29.43 ± 0.16) mg/g。抑菌试验结果表明:百合荆梨汁对青霉菌、酵母菌抑菌效果较差,对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌效果较好。通过百合荆梨汁、荆芥多糖和百合雪梨汁 3 种汁液抑菌效果的比较得出,百合荆梨汁的抑菌效果最好,其次是荆芥多糖,最后是百合雪梨汁。结论:荆芥多糖增强了百合荆梨汁抑菌活性。

关键词:百合荆梨汁;荆芥多糖;抑菌作用

Abstract: Objective: The preparation of polysaccharide from *Schizonepeta tenuifolia* and its effects on the antibacterial activity of the juice of lily-schizonepeta-pear were studied, in order to expand its application in drinks. **Methods:** The optimal preparation technology of polysaccharide from *S. tenuifolia* was studied by orthogonal test. The effect of schizonepeta polysaccharide on antimicrobial activity of the juice of lily-schizonepeta-pear was determined by filter paper disc-agar diffusion method. **Results:** The results showed that the optimal extraction conditions of schizonepeta polysaccharide were as follows: solid-liquid ratio 1:30 (g/mL), temperature 60 °C, extraction time 2 h. The extraction yield of polysaccharide was (29.43 ± 0.16) mg/g under the

extraction conditions. The results showed that the juice had little effects on *Penicillium* and *Yeasts*, while could strongly inhibit *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*. By compared the bacteriostatic effects among the three kinds of juice, i.e., juice of lily-schizonepeta-pear, *schizonepeta* polysaccharide and lily-pear, the antibacterial effect of lily-schizonepeta-pear juice was the highest, followed by *schizonepeta* polysaccharide juice and then lily-pear juice. **Conclusion:** The polysaccharide from *S. tenuifolia* enhanced the antibacterial activity of the lily-schizonepeta-pear juice.

Keywords: lily-schizonepeta-pear juice; *schizonepeta* polysaccharide; bacteriostatic effect

荆芥(*Schizonepeta*)为唇形科^[1],是一种药食同源的植物,具有镇痛消炎、止血、去痰平喘、抗氧化等多项作用,主治咽喉肿痛、感冒发热、多种皮肤疾病等,为中医临床常用药物^[2],在食品中的应用鲜见报道。荆芥主要含有荆芥挥发油、薄荷酮、荆芥苷、黄酮、荆芥多糖等^[3],目前,荆芥挥发油是荆芥功能成分的主要研究对象^[4-5],对荆芥中多糖成分的研究较少。

近年来,天然抑菌剂的研发备受关注。资料^[6-8]显示,很多植物多糖具有较好的抑菌活性。孙立卿等^[9]曾研究了荆芥多糖的提取工艺,发现荆芥中多糖质量分数可高达 13.41%。有资料显示,荆芥多糖不仅具有调节免疫功能的作用^[10],还具有一定的抗氧化功能^[11],具有较高的研发价值。但目前对荆芥多糖的抑菌功能未见相关报道。

试验拟探究荆芥多糖的提取工艺,并将其与具有润肺、消痰、止咳、降火、治风热等功能的雪梨梨^[12-14],以及具有润肺止咳、美容养颜、宁心安神等功效的干百合花^[15]按一定比例配置成饮品,考察荆芥多糖对此饮品的抑菌效果,以期对荆芥在食品中的应用提供新思路。

基金项目:江苏高校品牌专业建设工程资助项目(编号:PPZY2015B193);企业研究项目(编号:JSPP2020006)

作者简介:曹阳,女,江苏食品药品职业技术学院讲师,硕士。

通信作者:贾春风(1979—),女,保定学院副教授,博士。

E-mail: 87976976@qq.com

收稿日期:2021-04-06

1 材料和方法

1.1 材料与仪器

雪花梨:江苏省淮安市市售;

干百合花:芜湖四月茶依茶叶有限公司(分装);

荆芥:江苏省淮安市大药房;

干柠檬片:芜湖四月茶依茶叶有限公司(分装);

单晶体冰糖:保定市大众味业有限公司;

啤酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)、青霉菌(*P. notatum*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)和金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*):江苏食品药品职业技术学院微生物实验室保存;

牛肉膏:天津市德晟生物技术有限公司;

蛋白胨、氯化钠、葡萄糖:分析纯,天津市大茂化学试剂厂;

电子天平:JA2002 型,上海精天电子仪器有限公司;

高压灭菌锅:YX-24LDJ 型,江阴滨江医疗设备有限公司;

超净工作台:SW-CJ-2F 型,苏净集团苏州安泰空气技术有限公司;

电热恒温培养箱:svp-01 型,湖北省黄石市恒丰医疗器械有限公司;

可见分光光度计:722N 型,上海棱光技术有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

(1) 荆芥多糖制备:

荆芥→晒干→磨粉→称量→加水→加热→过滤→滤液→冷却→多糖提取液

(2) 百合荆梨汁制备:

荆芥多糖提取液5%
柠檬汁1%
冰糖水8%
雪梨汁40%
} 加热至 80℃
按料液比为1:40(g/mL)
加入干百合花
浸泡 20 min
6层灭菌
纱布过滤
成品←密封、冷却←煮沸、分装

1.2.2 原材料样品制备

(1) 雪梨汁:取新鲜雪花梨,清洗,去梗去核,切成1~2 cm 的小块,称取 100 g 于 1 000 mL 白瓷缸中,加饮用水 500 mL,加热至沸腾后再用小火熬制至 250 mL。

(2) 柠檬汁:称取干柠檬片 15 g,加饮用水 500 mL,加热至沸腾后,改用小火熬煮浓缩至 250 mL。

(3) 糖水:称取冰糖 200 g,加水 500 mL,加热至沸腾后,改用小火熬煮 8 min,冷却至室温,分装于锥形瓶中,以 4 层保鲜膜及 1 层保鲜袋密封,放于冰箱冷藏备用(4℃)。

(4) 百合雪梨汁:先按雪梨汁 40%、糖水 8%、柠檬汁 1% 配置好后,百合干花在此液中,按料液比

1:40(g/mL)于 80℃条件下浸泡 20 min。

1.2.3 荆芥多糖制备 采用水提法。干燥荆芥粉碎并过 40 目筛。称取 10 g 荆芥粉,加入 300 mL 水,加热至 60℃,保温提取 2 h。趁热用 6 层灭菌纱布过滤、分装入锥形瓶中,冷却至室温,4 层食品级保鲜膜及 1 层食品级保鲜袋密封后,于 4℃保存备用。按式(1)计算多糖提取率。

$$Y = \frac{C \times V_1 \times V}{M \times V_1} \quad (1)$$

式中:

Y——荆芥多糖的得率,mg/g;

C——荆芥汁中荆芥多糖的浓度,mg/mL;

V₁——测定用荆芥汁体积,mL;

V——荆芥汁制备的总体积,mL;

M——荆芥干粉质量,g。

1.2.4 荆芥多糖标准曲线的绘制 参照文献[9]修改如下:用 1 mL 移液管移取 0.1 mg/mL 葡萄糖标准溶液各 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7 mL。分别置于 10 mL 容量瓶中,均添加蒸馏水至 1.0 mL,再加入 1 mL 50 mg/mL 苯酚溶液,然后再加入 7 mL 浓硫酸,定容,摇匀,放置至室温,同时设置一组空白对照,490 nm 处测定其吸光度,绘制标准曲线。

1.2.5 荆芥多糖制备的单因素试验

(1) 料液比对荆芥汁制备的影响:在浸提温度 60℃、浸提时间 3 h 的条件下,分别按料液比 1:10,1:20,1:30,1:40,1:50(g/mL)配置样品,考察料液比对荆芥多糖提取的影响。

(2) 提取时间对荆芥汁制备的影响:在浸提温度 60℃、最佳料液比的条件下,分别在浸提时间 1,2,3,4,5 h 时测定多糖含量,以确定最佳的浸提时间。

(3) 提取温度对荆芥汁制备的影响:在最佳浸提时间,最佳浸提料液比的条件下,测定浸提温度 50,60,70,80,90℃下的荆芥多糖提取率以确定最佳提取温度。

1.2.6 荆芥多糖制备的正交优化试验设计 选择提取时间、提取温度、料液比为考察因素,各因素下设 3 个水平,按 L₉(3⁴)设计正交试验,以荆芥多糖的提取率作为参考标准,确定荆芥多糖最佳水提条件。

1.2.7 菌种活化及培养 在超净工作台上,用接种环分别挑取青霉菌、酵母菌菌种划线至马铃薯固体培养基上,并置于 28℃恒温培养箱中倒置培养 44~48 h,取出放冰箱冷藏待用。再分别将大肠杆菌、枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌接种到牛肉膏蛋白胨固体培养基上,置于 37℃恒温培养箱中培养 22~24 h,取出放冰箱冷藏待用。

在超净工作台上,分别用接种环在 5 种菌的斜面培养基上各挑取 5 环菌,放置于相对应的 5 瓶 250 mL 的液

体培养基中,混匀,在相应温度下分别培养 18~24 h 和 44~48 h,取出待用。

1.2.8 百合荆梨汁抑菌作用测定 采用滤纸片扩散法^[8,16]。将配置好的百合荆梨汁分别以 0%,20%,40%,60%,80%,100%加入 6 支试管中,再将配置好的液体培养基分别以 100%,80%,60%,40%,20%,0%依次加入相对应的 6 支试管中,每支试管均有 10 mL,依次做好标记。把滤纸片用打孔器打成直径为 5 mm 的圆片,制作充足数量,然后灭菌,把灭好菌的滤纸片置于各种抑菌剂溶液中,且每种溶液中的滤纸片为 10 片,浸泡 12 h。无菌水为对照。

将 1.2.7 制备好的菌悬浮液各取 0.2 mL 分别均匀涂布于相应培养基的平皿中,制成含菌平板,同时将在各种浓度抑菌剂浸泡好的滤纸片置于含菌平板中,做好标记,同时做 3 组平行试验。青霉菌和酵母菌菌悬液分别放入 28 °C 的恒温培养箱中培养 48 h,金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌和大肠杆菌菌悬液放入 37 °C 的恒温培养箱中培养 24 h。用十字交叉法测定抑菌圈直径。

1.2.9 荆芥汁对百合荆梨汁抑菌作用影响 采用滤纸片扩散法测定抑菌效果。分别取已配置好的 100%百合荆梨汁、荆芥汁和百合雪梨汁 10 mL 放入试管中,把灭好菌的滤纸片置于以上各种液体中,浸泡 12 h。无菌水为对照。将 1.2.7 制备好的大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌菌悬液各取 0.2 mL 分别均匀涂布牛肉膏蛋白胨固体培养基平皿中,每个平板放置浸泡好的滤纸片,37 °C 的恒温培养箱中培养 24 h。用十字交叉法测定抑菌圈直径。

1.3 数据处理

在相同的条件下,每组试验重复 3 次,试验结果用平均值±误差值表示,用 SPSS 23 进行数据处理,用 Sigma-Plot 10.0 作图。

2 结果与分析

2.1 绘制荆芥多糖的标准曲线

由图 1 可知,吸光值随葡萄糖含量的增加而增加,

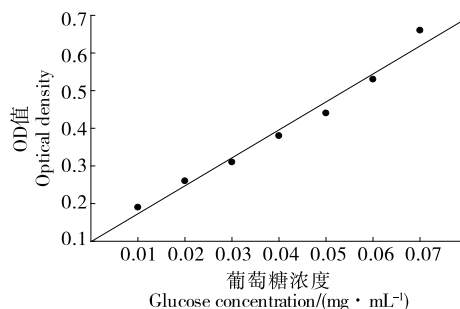


图 1 葡萄糖标准曲线

Figure 1 Standard curve of glucose

二者呈较好的正比例关系。通过统计分析获得葡萄糖标准曲线的回归方程为: $Y = 7.4286X + 0.0986$, $R^2 = 0.9769$ 。因此,所得标准曲线具有统计学意义,可用于试验中多糖含量的测定。

2.2 荆芥多糖制备工艺优化

2.2.1 单因素试验 由图 2(a)可知,荆芥水提法中的料液比对荆芥多糖的提取有明显的影响,随着料液比的增加,荆芥多糖的提取率先上升后下降。当料液比为 1:10 (g/mL)时,提取率仅为 (7.22 ± 0.12) mg/g,当料液比为 1:30 (g/mL)时,荆芥多糖的提取率达到最高 (27.55 ± 0.41) mg/g,之后随着料液比的增加,荆芥多糖的提取率开始下降,但下降速度较慢。分析原因,可能是料液比大时,由于液体较少,溶出物较多,达到饱和后不再溶出,随着液体的增加,多糖溶出率不断提高。但当料液比过高时,可能由于物料中其他物质的溶出增多,并可能与多糖结合,影响了其原本的特性,使其测定含量微有下降。虽然在不同的料液比的提取中,溶出物间不断地相互作用,但在料液比为 1:30 (g/mL)时,可以测得其最大提取率,因此,以 1:30 (g/mL)为最佳料液比。

由图 2(b)可知,在提取温度 60 °C、料液比 1:30 (g/mL)的条件下,荆芥多糖的提取率先随提取时间的延长呈先上升后下降的趋势,荆芥水提至 2 h 时,荆芥多糖提取率最高,为 (29.20 ± 0.41) mg/g。1.3 h 时,荆芥多糖提取率分别为 (25.30 ± 0.36) , (27.90 ± 0.39) mg/g,4 h

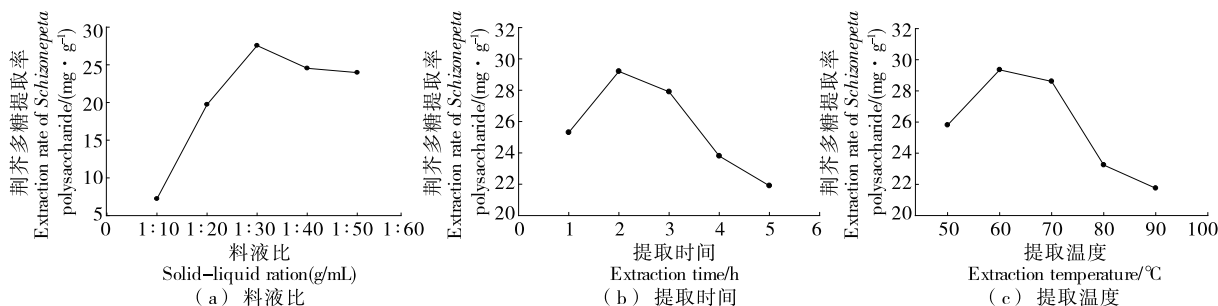


图 2 料液比、浸提时间、浸提温度对荆芥多糖提取率的影响

Figure 2 Effects of solid-liquid ratio, extraction time and extraction temperature on the extraction yield of *Schizonepeta* polysaccharide

荆芥多糖提取率继续下降,4,5 h 时下降得很快。以上现象可能是由于随着提取时间的延长,多糖不断溶出,2 h 溶出达到最高后,再延长提取时间,多糖结构遭到破坏或降解,从而呈下降趋势^[16]。

由图 2(c)可知,在最佳料液比 1 : 30 (g/mL)、提取时间 2 h 下,随着提取温度的不断升高,荆芥多糖提取率呈现先上升后下降的趋势。50 ℃ 时,荆芥多糖提取率为 (25.80±0.29) mg/g。60 ℃ 时,荆芥多糖提取率为 (29.35±0.37) mg/g。但提取温度超过 60 ℃ 时,荆芥多糖提取率逐渐下降。80 ℃ 时,多糖提取率迅速下降,可见荆芥多糖对提取温度比较敏感,提取温度较低时,可以增加植物细胞的通透性,促使多糖尽快溶出;提取温度过高会破坏多糖中的某些化学键,改变其结构,致使得率下降。因此,60 ℃ 为荆芥多糖提取的最佳温度。

2.2.2 正交试验 根据单因素试验结果,确定正交试验因素水平取值见表 1。

由表 2 可以看出,各因素对水提法提取荆芥多糖提取率的大小影响顺序为料液比>提取时间>提取温度,最佳提取条件为料液比 1 : 30 (g/mL),提取温度 60 ℃,提取时间 2 h。在最优提取条件下,进行荆芥多糖的提取,重复 3 次,取平均值,最后测得荆芥多糖提取率为 (29.43±0.16) mg/g,低于文献[9]报道的荆芥多糖提取率(18.25%)。这可能与试验原料及提取工艺有关。

2.3 荆芥汁对百合荆梨汁的抑菌能力

2.3.1 百合荆梨汁的抑菌能力 选择细菌、霉菌和酵母菌 3 类菌中的常见 5 株菌作为试验对象,测定了百合荆梨汁对其的抑菌效果。用交叉法测定抑菌圈直径

表 1 荆芥多糖制备的正交试验因素水平

Table 1 Levels and factors in orthogonal test of preparation of *Schizonepeta* polysaccharide

因素水平	A 料液比(g/mL)	B 提取时间/h	C 提取温度/℃
1	1 : 20	1	50
2	1 : 30	2	60
3	1 : 40	3	70

(包括纸片直径),3 次平行试验测量后取平均值,得出结果如表 3 所示。

由表 3 可以看出,随着百合荆梨汁体积分数的增加,对 5 种菌的抑菌效果均在不断增强。尤其是当百合荆梨汁体积分数为 80%时,抑菌效果比较明显,当体积分数达到 100%时,抑菌效果更好。表 3 中还显示,同一体积分数百合荆梨汁溶液对不同菌种的抑菌效果也不同。当体积分数<80%时,同一体积分数的百合荆梨汁对 5 种菌的抑菌比较差,差别也较小。但当体积分数为 80%时,百合荆梨汁仍然对青霉菌、酵母菌抑菌效果较差,但对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌效果较好。当用 100%百合荆梨汁进行抑菌时,百合荆梨汁对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌效果增加得更多。可见,高体积分数的百合荆梨汁对细菌的抑菌效果较好,对霉菌和酵母菌的抑菌效果较差。

2.3.2 荆芥多糖对百合荆梨汁的抑菌能力的影响 对比图 3~图 5 可以看出,在相应温度下,培养相同时间后,测

表 2 水提法提取荆芥多糖的正交试验结果

Table 2 Orthogonal test results of water extraction of *Schizonepeta* polysaccharide

试验号	A	B	C	空列	多糖提取率/(mg·g ⁻¹)
1	1	1	1	1	14.47±0.11
2	1	2	2	2	21.36±0.23
3	1	3	3	3	18.35±0.17
4	2	1	2	3	21.91±0.16
5	2	2	3	1	28.33±0.25
6	2	3	1	2	20.97±0.17
7	3	1	3	2	15.72±0.17
8	3	2	1	3	18.15±0.15
9	3	3	2	1	21.69±0.17
k ₁	18.05	17.37	19.17	21.50	
k ₂	25.04	22.61	21.65	19.35	
k ₃	18.52	21.61	20.77	19.47	
R	7.02	5.25	2.48		

表 3 不同体积分数百合荆梨汁的抑菌效果

Table 3 Antibacterial effects of different concentrations of juice of vitreous pear of lily

百合荆梨汁 体积分数/%	抑菌圈直径/mm				
	青霉菌	酵母菌	大肠杆菌	枯草芽孢杆菌	金黄色球
0	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00
20	5.19±0.08	5.28±0.06	5.80±0.01	5.89±0.03	6.10±0.06
40	5.26±0.04	5.31±0.04	6.78±0.04	6.38±0.02	6.13±0.04
60	5.73±0.06	5.39±0.07	6.94±0.03	6.87±0.06	6.58±0.03
80	6.12±0.07	5.76±0.06	8.13±0.05	8.49±0.04	8.51±0.07
100	7.18±0.06	6.98±0.05	11.21±0.04	10.33±0.05	10.52±0.07

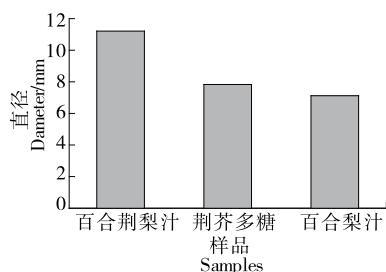


图3 百合荆梨汁、百合雪梨汁和荆芥汁对大肠杆菌菌抑菌效果

Figure 3 Inhibitory effect of the juice of *Lily Schizonepeta Pear* juice, *Lily Pear* juice and *Schizonepeta* juice on *Escherichia coli*

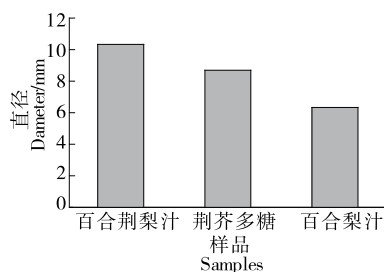


图4 百合荆梨汁、百合雪梨汁和荆芥汁对枯草芽孢杆菌抑菌效果

Figure 4 Inhibitory effect of the juice of *Lily Schizonepeta Pear* juice, *Lily Pear* juice and *Schizonepeta* juice on *Bacillus subtilis*

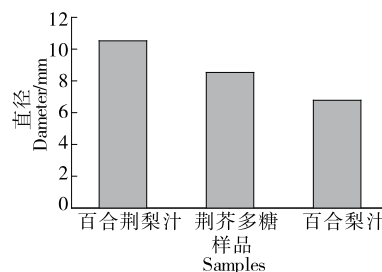


图5 百合荆梨汁、百合雪梨汁和荆芥汁对金黄色葡萄球菌抑菌效果

Figure 5 Inhibitory effect of the juice of *Lily Schizonepeta Pear* juice, *Lily Pear* juice and *Schizonepeta* juice on *Staphylococcus aureus*

得的百合荆梨汁、荆芥多糖、百合梨汁细菌都有一定抑制作用,但百合梨汁大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌的抑菌效果最差,百合荆梨汁的抑菌效果最强。因此可得,荆芥多糖的加入,增强了百合荆梨汁抑制细菌的能力。比较百合荆梨汁和荆芥多糖的抑菌活性发现,百合荆梨汁的抑菌效果还是较强。可见,荆芥多糖和百合梨汁混合后,有增强混合果汁抑菌功效的作用,从而使混合物呈现出高于两种原料的抑菌活性,而不是呈现介于二者之间的抑菌活性。

3 结论

以荆芥多糖含量提取率为指标,通过单因素正交试验对荆芥汁的制备工艺进行了优化,得出最佳制备工艺参数为:料液比 1:30 (g/mL),提取温度 60℃,提取时间 2 h。在最优提取条件下,荆芥多糖提取率为 (29.43 ± 0.16) mg/g。与其他提取方法比较,此方法简便经济,且制备的提取液用于食品非常安全,可以直接应用到各种食品中。抑菌试验表明,百合荆梨汁对青霉菌、酵母菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌和金黄色葡萄球菌都有较好抑制作用,但是对细菌的抑菌效果相对较好。进一步比较分析荆芥汁、百合梨汁和百合荆梨汁的抑菌能力,发现百合荆梨汁抑菌能力最强,荆芥汁的加入大大增强了百合荆梨汁抑菌能力。研究结果显示,荆芥可以应用到饮品中以增强其抑菌活性。后续可以继续对荆芥多糖进行进一步的分离纯化,研究其抑菌机理、抗氧化活性等,为荆芥多糖的深入研究及进一步开发应用提供更多依据。

参考文献

- [1] 周莹, 赵永娟, 黄丽瑾, 等. 荆芥幼苗对盐胁迫的生理响应[J]. 核农学报, 2019, 33(1): 166-175.
ZHOU Ying, ZHAO Yong-juan, HUANG Li-jin, et al. Physiological responses of *Schizonepeta tenuifolia* briq. seedlings to salt stress[J].

Journal of Nuclear Agricultural Science, 2019, 33(1): 166-175.

- [2] 权美平. 荆芥挥发油药理作用的研究进展[J]. 现代食品科技, 2013, 29(6): 1 459-1 462.
QUAN Mei-ping. Researches on pharmacologic effect of essential oil in *Schizonepeta tenuifolia* briq[J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(6): 1 459-1 462.
- [3] 苏雪锋, 冯军伟, 黄继红, 等. 亚临界萃取技术在提取荆芥中活性物质的应用研究[J]. 食品工业, 2013, 34(7): 55-58.
SU Xue-feng, FENG Jun-wei, HUANG Ji-hong, et al. Research of the technology of subcritical extraction applied in extracting the active substances of *Nepeta*[J]. Food Industry, 2013, 34(7): 55-58.
- [4] 聂小妮, 梁宗锁, 段琦梅, 等. 土荆芥挥发油的化学成分及抗菌活性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(11): 151-155.
NIE Xiao-ni, LIANG Zong-suo, DUAN Qi-mei, et al. Chemical constituents and antimicrobial activities of essential oil from *Chenopodium ambrosioides* L.[J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2010, 38(11): 151-155.
- [5] 陈利军, 夏新奎, 刘红敏, 等. 新鲜土荆芥挥发油的抑菌活性及成分分析[J]. 江苏农业科学, 2010(5): 452-454.
CHEN Li-jun, XIA Xi-kui, LIU Hong-min, et al. Antimicrobial activity and component analysis of essential oil from fresh *Schizonepeta chinensis*[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2010(5): 452-454.
- [6] 张百刚, 钟旭美, 刘晓风, 等. 甘草多糖的提取及其抑菌试验的研究[J]. 粮油加工, 2010(8): 137-140.
ZHANG Bai-gang, ZHONG Xu-mei, LIU Xiao-feng, et al. Study on extraction and antibacterial test of *Glycyrrhiza* polysaccharide[J]. Grain And Oil Processing, 2010(8): 137-140.
- [7] 方晓晖, 但德苗, 钱时权, 等. 红皮火龙果皮多糖过氧化氢脱色工艺及抑菌活性研究[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 149-153, 181.
FANG Xiao-hui, DAN De-miao, QIAN Shi-quan, et al. Effect of hydrogen peroxide on decolorization of polysaccharide from red dragon fruit peel and its antibacterial activity[J]. Food & Machinery, 2018, 34(1): 149-153, 181.

(下转第 148 页)

- 分析及抗氧化研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(15): 150-156.
- WAN M, YAO Y F, FU W W, et al. Extraction process optimization, composition analysis of essential oil from *Chimonanthus nitens* Oliv and its antioxidant activity[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(15): 150-156.
- [10] 夏雪娟, 李冠楠, 罗东升, 等. 不同提取方法对丹桂挥发油成分的影响[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(1): 67-73.
- XIA X J, LI G N, LUO D S, et al. Analysis of essential oil extracted by different methods from *Osmanthus fragrans* [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2017, 32(1): 67-73.
- [11] 王国蕊, 逢锦龙, 张德蒙, 等. 龙须菜挥发油的提取及抗菌杀虫活性研究[J]. 食品与机械, 2018, 34(2): 149-153, 175.
- WANG G R, PANG J L, ZHANG D M, et al. Extract of volatile oil and antibacterial & insecticidal activity of large red alga *Gracilaria lemaneiformis* [J]. Food & Machinery, 2018, 34(2): 149-153, 175.
- [12] 姜红宇, 刘郁峰, 谢国飞, 等. 陆英挥发油超临界 CO₂ 萃取工艺优化及其成分分析[J]. 食品与机械, 2017, 33(10): 154-157.
- JIANG H Y, LIU Y F, XIE G F, et al. Extraction optimization of volatile oil from Chinese elder herb by supercritical CO₂ and its composition analysis [J]. Food & Machinery, 2017, 33(10): 154-157.
- [13] 薛山. 不同提取方法下紫苏叶精油成分组成及抗氧化功效研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(19): 67-74.
- XUE S. Research of the composition and antioxidant activity of essential oil from *Folium Perillae* extracted by different methods [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(19): 67-74.
- [14] 曾虹燕, 蒋丽娟, 唐艳林, 等. 超临界 CO₂ 萃取石香薷挥发油工艺的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2003, 15(1): 51-54.
- ZENG H Y, JIANG L J, TANG Y L, et al. Studies on the volatile oil of *Molise chinensis* by supercritical CO₂ extraction [J]. Natural Product Research and Development, 2003, 15(1): 51-54.
- [15] 陈铁壁, 全沁果, 段丽萍, 等. 超临界 CO₂ 萃取肉桂皮中肉桂油[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(12): 229-234.
- CHEN T B, QUAN Q G, DUAN L P, et al. Extraction of *Cinnamomum cassia* oil from *Cinnamomum cassia* by supercritical carbon dioxide [J]. Food and Fermentation Industries, 2015, 41(12): 229-234.
- [16] 周昊, 薛兴颖, 叶建中, 等. 响应面法优化漆籽油提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 中国油脂, 2021, 46(9): 5-10.
- ZHOU H, XUE X Y, YE J Z, et al. Optimization of extraction technology of lacquer seed oil by response surface method and its antioxidant activity [J]. China Oils and Fats, 2021, 46(9): 5-10.
- [17] 陆冉冉, 刘慧燕, 潘琳, 等. 响应面法优化乳酸片球菌 TK530 发酵红枣浆工艺[J]. 南方农业学报, 2020, 51(9): 2 245-2 253.
- LU R R, LIU H Y, PAN L, et al. Optimization of fermentation process of jujube pulp by *Pediococcus acidilactici* TK530 using response surface methodology [J]. Journal of Southern Agriculture, 2020, 51(9): 2 245-2 253.
- (上接第 141 页)
- [8] 许海燕, 彭修娟, 王珊, 等. 桦菌芝多糖抗氧化性及抑菌活性研究[J]. 食品与机械, 2020, 36(7): 171-174.
- XU Hai-yan, PENG Xiu-juan, WANG Shan, et al. Study on antioxidant and antibacterial activities of polysaccharides in *Phroloporys fomentarius* [J]. Food & Machinery, 2020, 36(7): 171-174.
- [9] 孙立卿, 李香梅, 叶菊, 等. 蓝花荆芥多糖提取工艺研究[J]. 上海农业报, 2015, 31(3): 86-88.
- SUN Li-qing, LI Xiang-mei, YE Ju, et al. Extraction process of polysaccharide from *Nepeta coerulea* [J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2015, 31(3): 86-88.
- [10] 朱瑜丹, 李仲昆, 梁月琴, 等. 荆芥穗多糖的免疫调节活性[J]. 医药导报, 2021, 40(2): 187-192.
- ZHU Yu-dan, LI Zhong-kun, LIANG Yue-qin, et al. Immunomodulatory activity of polysaccharides from *Herba Schizonepetae* [J]. Herald of Medicine, 2021, 40(2): 187-192.
- [11] 温子帅, 李新蕊, 范忠星, 等. 荆芥多糖提取物抗氧化活性研究[J]. 河北中医药学报, 2019, 34(1): 53-56.
- WEN Zi-shuai, LI Xin-rui, FAN Zhong-xing, et al. Study on antioxidant activity of extract of *Schizonepeta* polysaccharide [J]. Journal of Hebei TCM and Pharmacology, 2019, 34(1): 53-56.
- [12] 彭玲, 赵云, 焦文佳, 等. 红枣雪梨汁复合奶啤的研制[J]. 食品工业, 2017, 38(4): 67-72.
- PENG Ling, ZHAO Yun, JIAO Wen-jia, et al. Study on development of milk beer with added compound red dates juice and snow pear juice [J]. Food Industry, 2017, 38(4): 67-72.
- [13] 赵锁军, 孙瑞敏. 赵州雪梨的营养价值与食疗法[J]. 河北农业科技, 2008(10): 50.
- ZHAO Suo-jun, SUN Rui-min. Nutritional value and dietary therapy of snow pear in Zhaozhou [J]. Hebei Agricultural Technology, 2008(10): 50.
- [14] 李健, 姚志永, 周振强. 雪花梨果汁防褐变研究[J]. 食品安全导刊, 2015(12): 62.
- LI Jian, YAO Zhi-yong, ZHOU Zhen-qiang. Study on anti-browning of pear juice from xuehua pear [J]. Food Safety Guide, 2015(12): 62.
- [15] 冉晓燕, 梁志远, 李永忠, 等. 百合花挥发油的提取及抗氧化活性的研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2014, 32(6): 67-70.
- RAN Xiao-yan, LIANG Zhi-yuan, LI Yong-zhong, et al. Extraction and antioxidant activity of volatile oil from the flower of *Lilium brownii* [J]. Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences), 2014, 32(6): 67-70.
- [16] 高洁, 董文宾, 王勇, 等. 山皂荚多糖的提取工艺及抑菌活性[J]. 食品与机械, 2017, 33(3): 145-149, 206.
- GAO Jie, DONG Wen-bin, WANG Yong, et al. Extraction of polysaccharide from *Gleditsia japonica* and its antibacterial activities [J]. Food & Machinery, 2017, 33(3): 145-149, 206.