

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90034

淡豆豉提取物不同溶剂萃取物的抗氧化活性

Study on antioxidant activity of extracts from different polar solvents of extract of fermented soya beans

刘俊泽 胡力铭 王仁广 王淑敏 王欢

LIU Jun-ze HU Li-ming WANG Ren-guang WANG Shu-min WANG Huan

(长春中医药大学, 吉林 长春 130117)

(Changchun University of Chinese Medicine, Changchun, Jilin 130117, China)

摘要:目的:探究淡豆豉粗提物的不同溶剂萃取物的成分差异、抗氧化活性。方法:以70%乙醇为提取溶剂,利用超声波法对淡豆豉粉末进行提取,挥干溶剂后得粗提物,用水分散,依次用石油醚、二氯甲烷、乙酸乙酯、正丁醇进行萃取,得到不同溶剂萃取物。测定粗提物与不同溶剂萃取物中总黄酮、总多糖含量;运用HPLC法测定大豆苷等6种大豆异黄酮含量,并分析其对DPPH自由基、ABTS自由基、OH自由基的清除作用。结果:乙酸乙酯萃取物中总黄酮含量最高,为 (92.912 ± 1.130) mg/g 萃取物;正丁醇萃取物中总多糖含量最高,为 (83.381 ± 0.754) mg/g 萃取物;正丁醇萃取物中异黄酮总含量高于粗提物及其他萃取物;淡豆豉粗提物及各溶剂萃取物均表现出体外抗氧化活性,其中正丁醇萃取物的体外抗氧化活性最强;总黄酮含量与5种大豆异黄酮含量和抗氧化活性呈显著相关性($P < 0.05$)。结论:正丁醇萃取物对3种自由基表现出较强的清除作用,可作为天然抗氧化剂加以利用。

关键词:淡豆豉;萃取物;总黄酮;总多糖;异黄酮;抗氧化活性

Abstract: Objective: To explore the difference in composition and antioxidant activity of crude extracts of fermented soya beans with different solvent extracts. **Methods:** 70% ethanol was used the extraction solvent, the fermented soya beans powder was extracted by ultrasonic method. After the solvent was evaporated, the crude extract was obtained. The crude extract was dispersed in water and extracted with petroleum ether, dichloromethane,

ethyl acetate, and *n*-butanol in turn to obtain different solvent extracts. The colorimetry was used to determine the content of total flavonoids and total polysaccharides in crude extracts and different solvent extracts, HPLC was used to determine the content of 6 kinds of soybean isoflavones including daidzein. Then their scavenging effects were studied on DPPH free radicals, ABTS free radicals and OH free radicals, and the correlation was analyzed between antioxidant capacity and total flavonoids, total polysaccharides, and 6 kinds of soybean isoflavones. **Results:** The ethyl acetate extract had the highest total flavonoid content, which was (92.912 ± 1.130) mg/g extract; The *n*-butanol extract had the highest total polysaccharide content, which was (83.381 ± 0.754) mg/g extract, and the total content of isoflavones in the *n*-butanol extract was higher than the crude extract and other extracts. The crude extract of fermented soya beans and various solvent extracts showed in vitro antioxidant activity, among which *n*-butanol extract had the strongest in vitro antioxidant activity. The content of total flavonoids was significantly correlated with the content of 5 soybean isoflavones and antioxidant activity ($P < 0.05$). **Conclusion:** The *n*-butanol extract had a strong scavenging effect on three kinds of free radicals and could be used as a natural antioxidant.

Keywords: fermented soya beans; extracts; total flavonoids; total polysaccharides; isoflavones; antioxidant activity

淡豆豉(fermented soya beans)是豆科植物大豆(黑豆)的成熟种子与中药青蒿、桑叶经发酵得到的加工品^[1],是一种历史悠久的健康食品^[2],被卫生部列在中国首批药食两用名单中^[3]。其含有多种天然活性成分,如大豆异黄酮、豆豉多糖、大豆皂苷、大豆低聚糖、维生素以及发酵过程中产生的纤溶酶、 γ -氨基丁酸等^[4-5],具有降血脂、降血压、抗氧化、免疫调节、预防骨质疏松等保健作用^[6-7];临床上还可用于治疗感冒、寒热头痛、烦躁胸闷、虚烦不眠等病症^[8]。目前淡豆豉抗氧化活性的研究主要集中在大豆异黄酮类、豆豉多糖、大豆皂苷等成分,但有

基金项目:长春中医药大学自然科学研究发展基金项目(编号:2019026)

作者简介:刘俊泽,男,长春中医药大学在读硕士研究生。

通信作者:王淑敏(1965—),女,长春中医药大学教授,博士生导师,博士。E-mail: wangsm@ccucm.edu.cn

王欢(1987—),女,长春中医药大学助理研究员,博士。E-mail: wanghuanmyco@163.com

收稿日期:2021-08-29

关淡豆豉粗提物不同溶剂萃取物抗氧化活性成分的研究尚未见报道。

自由基是一种广泛存在于人体细胞中的游离基^[9], 与人体的新陈代谢、正常生长发育以及疾病发生等有着密切的联系。研究发现, 淡豆豉中的多糖^[10]、异黄酮^[11]、大豆皂苷等成分在体外表现出良好的自由基清除能力, 可被用作天然抗氧化剂添加到食品中。试验拟采用 70% 乙醇对淡豆豉进行提取, 并用不同溶剂对粗提物进行萃取, 测定粗提物与各萃取物中总黄酮、总多糖以及 6 种大豆异黄酮含量, 评价粗提物与不同溶剂萃取物对 DPPH 自由基、ABTS 自由基、OH 自由基的清除能力, 并进行相关性分析, 以期为进一步研究和开发淡豆豉抗氧化食品提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

淡豆豉: 批号 36919004, 经长春中医药大学药学院王淑敏教授鉴定为豆科植物大豆 *Glycine max* (L.) Merr. 的干燥成熟种子(黑豆)的发酵加工品, 河北仁心药业有限公司;

芦丁、1,1-二苯基-2-苦基肼(DPPH): 分析纯, 上海源叶生物科技有限公司;

大豆苷元、大豆苷、染料木素、染料木苷、黄豆黄素、黄豆黄苷标准品: 批号分别为 DST191011-020、DST190819-019、DST190915-002、DST200319-003、DST190819-009、DST1903312-008, HPLC $\geq$ 98%, 成都德斯特生物科技有限公司;

2,2'-联氨-双(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二胺盐(ABTS): 分析纯, 上海麦克林生化科技有限公司;

过硫酸钾: 分析纯, 上海沃凯生物技术有限公司;

L-抗坏血酸、硫酸亚铁、水杨酸、过氧化氢、硝酸铝、亚硝酸钠、氢氧化钠: 分析纯, 天津市光复精细化工研究所;

无水乙醇、二氯甲烷、石油醚、乙酸乙酯、正丁醇: 分析纯, 天津市永大化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

高效液相色谱仪: LC-2030 型, 岛津(中国)有限公司;

多功能酶标仪: Infinte M200 Pro 型, TECAN 帝肯(中国)有限公司;

双光束紫外可见分光光度计: TU-1901 型, 北京普析通用仪器有限责任公司;

万分之一电子天平: ME204E 型, 梅特勒—托利多国际有限公司;

旋转蒸发仪: RE-52AA 型, 上海亚荣生化仪器厂。

1.2 方法

1.2.1 样品的制备 称取 200 g 淡豆豉干燥粉末, 以料液比($m_{\text{淡豆豉}}: V_{\text{乙醇}}$)1:10 (g/mL) 加入 70% 乙醇^[12-13], 超声处理(120 W, 40 kHz)1 h, 重复 3 次, 合并提取液, 过

滤, 减压浓缩, 干燥至恒重, 得 50.54 g 浸膏。

取 32.00 g 浸膏, 加水制成悬浊液, 依次用石油醚、二氯甲烷、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 共 3 次, 合并萃取液, 过滤, 减压浓缩, 干燥至恒重得不同极性部位萃取物。分别取适量粗提物及各溶剂萃取物, 用 70% 乙醇配制成 2.0 mg/mL 的溶液作为供试品。

1.2.2 总黄酮含量测定 参照文献^[14-15]稍作修改, 分别吸取 3 mL 粗提物及各溶剂萃取物供试品于 10 mL 具塞试管中, 加入 5% 亚硝酸钠溶液 0.40 mL, 静置 6 min; 加入 10% 硝酸铝溶液 0.40 mL, 静置 6 min; 加入 4% 氢氧化钠溶液 4.0 mL, 混匀, 静置 15 min。以芦丁作为对照品制作标准曲线; 以 70% 乙醇代替各供试品溶液作为空白对照。测定 506 nm 处吸光度, 计算粗提物与各萃取物中总黄酮含量, 结果以每克萃取物含有的总黄酮的毫克数表示(mg/g)。

1.2.3 总多糖含量测定 参照文献^[16]稍作修改, 将各供试品溶液稀释至 0.5 mg/mL, 各取 1 mL 于 10 mL 具塞试管中, 加入 5% 苯酚溶液 1 mL, 摇匀; 加入浓硫酸 5 mL, 摇匀, 室温下避光反应 20 min。以无水葡萄糖作为对照品制作标准曲线; 以 70% 乙醇代替各萃取物溶液作为空白对照。测定 490 nm 处吸光度, 计算粗提物与各萃取物中总多糖含量, 结果以每克萃取物含有的总多糖的毫克数表示(mg/g)。

1.2.4 大豆苷等 6 种大豆异黄酮含量测定 色谱柱为安捷伦 ZORBAX Extend-C₁₈ (4.6 mm $\times$ 250 mm, 5 μ m); 流动相为 0.1% 磷酸(A)—乙腈(C); 柱温 30 $^{\circ}$ C; 流速 1 mL/min; 进样量 10 μ L, 检测波长 254 nm; 梯度洗脱程序为 0~5 min, 17% A; 5~26 min, 17%~28% A; 26~30 min, 28% A; 30~33 min, 28%~30% A; 33~38 min, 30%~35% A; 38~43 min, 35% A; 43~45 min, 35%~17% A; 55 min, 17% A。对萃取物中 6 种异黄酮类成分进行指认, 并根据各化合物峰面积与相应化合物标准曲线进行定量, 结果以每克萃取物所含该种异黄酮的毫克数表示(mg/g)。

1.2.5 DPPH 自由基清除能力测定 根据文献^[17], 并按式(1)计算 DPPH 自由基清除率。

$$c = \frac{1 - (A_2 - A_1)}{A_0} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

c ——自由基清除率, %;

A_2 ——供试品溶液吸光度值;

A_1 ——空白对照组溶液吸光度值;

A_0 ——溶剂代替不同供试品溶液吸光度值。

1.2.6 ABTS 自由基清除能力测定 根据文献^[18], 并按式(1)计算 ABTS 自由基清除率。

1.2.7 OH 自由基清除能力测定 根据文献^[19], 并按式(1)计算 OH 自由基清除率。

1.3 数据统计与分析

采用 Excel 2010、SPSS 26.0、GraphPad Prism 8.0 软件对数据进行单因素方差分析(ANOVA)、相关性分析及图像绘制,所有试验重复 3 次,结果表示为($x \pm s$)。

2 结果与分析

2.1 含量分析

2.1.1 总黄酮、总多糖含量 由表 1 可知,乙酸乙酯萃取物的总黄酮含量最高为(92.912 ± 1.130) mg/g,其次为正丁醇萃取物,说明淡豆豉中的黄酮类成分大多为中等极性。正丁醇萃取物中的总多糖含量最高为(83.381 ± 0.754) mg/g,其次是苯余物、70%乙醇粗提物、乙酸乙酯萃取物。说明淡豆豉中所含有的黄酮、多糖类化学物质可被中强极性(乙酸乙酯、正丁醇)溶剂富集,推测这些物质属于中强极性物质。

2.1.2 6 种大豆异黄酮含量 由图 1 和表 2 可知,正丁醇萃取物中的大豆苷、染料木苷、大豆苷元、染料木素含量均显著高于其他萃取物,含量分别为(2.042 ± 0.053), (8.074 ± 0.006), (21.366 ± 0.117), (11.686 ± 0.003) mg/g。黄豆黄苷在乙酸乙酯萃取物中富集最多,达(4.917 ± 0.026) mg/g。黄豆黄素在二氯甲烷萃取物中含量最高,为(4.664 ± 0.011) mg/g。综上,正丁醇可以较好地萃取淡豆豉中的异黄酮成分,其次为乙酸乙酯,而苯余部位中

的 6 种异黄酮含量低于检测限。

2.2 抗氧化活性

2.2.1 DPPH 自由基清除活性 由图 2 可知,淡豆豉粗提物与各溶剂萃取物对 DPPH 自由基的清除作用均呈现一定的量效关系。其中,正丁醇萃取物与乙酸乙酯萃取物对 DPPH 自由基的清除能力较强, IC_{50} 分别为(0.371 ± 0.007), (0.499 ± 0.007) mg/mL,在质量浓度范围内,二者对 DPPH 自由基的清除作用虽弱于抗坏血酸,但随着质量浓度的升高,其对 DPPH 自由基清除作用可能会进一步增强;其次为 70%乙醇粗提物,其对 DPPH 自由基清除率的 IC_{50} 为(0.867 ± 0.020) mg/mL;苯余物与二氯甲烷萃取物对 DPPH 自由基的清除作用较接近, IC_{50} 分别为(1.216 ± 0.098), (1.814 ± 0.037) mg/mL;石油醚萃取物对 DPPH 自由基的清除能力最弱。

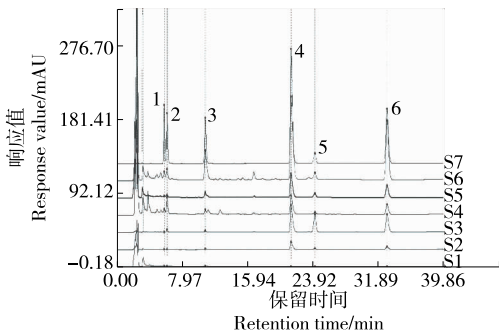
2.2.2 ABTS 自由基清除活性 由图 3 可知,随着粗提物与各溶剂萃取物质量浓度的升高,ABTS 自由基的清除能力也增强,其中抗坏血酸对 ABTS 自由基的清除能力明显高于粗提物和各萃取物。正丁醇萃取物对 ABTS 自由基的清除能力优于粗提物与其他萃取物,其 IC_{50} 为(0.199 ± 0.003) mg/mL;其次为乙酸乙酯萃取物和 70%

表 1 粗提物与不同溶剂萃取物中总黄酮、总多糖含量测定结果[†]

Table 1 Determination results of total flavonoids, and total polysaccharides in crude extract and different solvent extracts

组分	总黄酮	总多糖
70%乙醇粗提物	30.545 ± 0.399^c	33.331 ± 0.828^c
石油醚萃取物	19.400 ± 0.320^e	17.268 ± 0.493^e
二氯甲烷萃取物	23.681 ± 0.293^d	17.981 ± 0.665^e
正丁醇萃取物	68.113 ± 0.720^b	83.381 ± 0.754^a
乙酸乙酯萃取物	92.912 ± 1.130^a	24.230 ± 0.578^d
苯余物	18.847 ± 0.557^e	40.293 ± 0.987^b

[†] 同列字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。



1. 大豆苷 2. 黄豆黄苷 3. 染料木苷 4. 大豆苷元 5. 黄豆黄素 6. 染料木素 S1. 苯余物 S2. 石油醚萃取物 S3. 二氯甲烷萃取物 S4. 乙酸乙酯萃取物 S5. 70%乙醇粗提物 S6. 正丁醇萃取物 S7. 6 种大豆异黄酮混标

图 1 粗提物与各溶剂萃取物 HPLC 色谱图

Figure 1 HPLC chromatograms of the crude extract and the solvent extracts

表 2 粗提物与各溶剂萃取物中 6 种异黄酮含量[†]

Table 2 Determination results of 6 isoflavones in crude extract and solvent extracts

组分	大豆苷	黄豆黄苷	染料木苷	大豆苷元	黄豆黄素	染料木素
70%乙醇粗提物	0.498 ± 0.018^c	1.324 ± 0.004^c	1.771 ± 0.012^b	3.806 ± 0.023^c	1.129 ± 0.008^c	2.575 ± 0.013^c
石油醚萃取物	0.049 ± 0.002^e	0.662 ± 0.001^e	0.695 ± 0.002^e	1.144 ± 0.004^e	0.331 ± 0.005^e	0.722 ± 0.006^e
二氯甲烷萃取物	0.046 ± 0.004^e	1.133 ± 0.002^e	0.810 ± 0.015^d	4.277 ± 0.019^b	4.664 ± 0.011^a	3.606 ± 0.006^b
正丁醇萃取物	2.042 ± 0.053^a	3.225 ± 0.010^b	8.074 ± 0.006^a	21.366 ± 0.117^a	1.861 ± 0.004^b	11.686 ± 0.003^a
乙酸乙酯萃取物	1.299 ± 0.023^b	4.917 ± 0.026^a	1.575 ± 0.025^c	3.280 ± 0.104^d	0.723 ± 0.095^d	2.194 ± 0.002^d
苯余物	0.158 ± 0.004^d	0.744 ± 0.019^d	0.529 ± 0.002^f	—	0.115 ± 0.001^f	—

[†] 同列字母不同表示差异显著($P < 0.05$);“—”表示未检出。

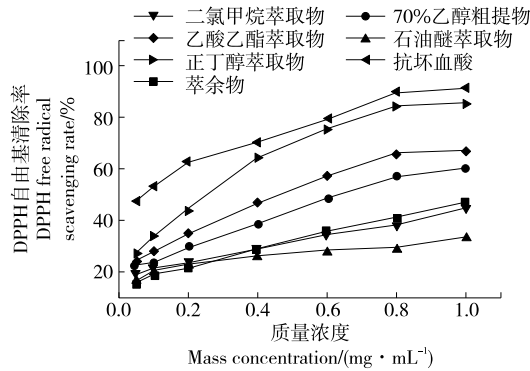


图2 粗提物、各溶剂萃取物的DPPH自由基清除活性
Figure 2 DPPH free radical scavenging activity of crude extracts and solvent extracts

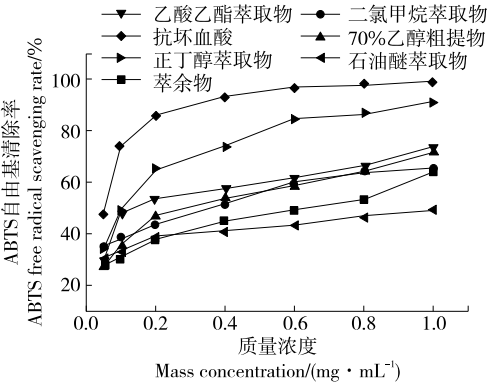


图3 粗提物、各溶剂萃取物的ABTS自由基清除活性
Figure 3 ABTS free radical scavenging activity of crude extracts and solvent extracts

乙醇粗提物, IC_{50} 分别为 (0.203 ± 0.008) , (0.264 ± 0.003) mg/mL;除正丁醇萃取物外,其余萃取物在质量浓度为 $0.0 \sim 0.2$ mg/mL 时,对 ABTS 自由基的清除能力接近,当质量浓度 > 0.2 mg/mL 时,乙酸乙酯萃取物的清除能力略高于 70% 乙醇粗提物和二氯甲烷萃取物;萃余物与二氯甲烷萃取物清除 ABTS 自由基的 IC_{50} 分别为 (0.405 ± 0.010) , (0.336 ± 0.008) mg/mL,较为接近;石油醚萃取物对 ABTS 自由基的清除能力最弱。

2.2.3 OH 自由基清除活性 由图 4 可知,淡豆豉粗提物与各溶剂萃取物对 OH 自由基均具有一定的清除作用,且趋势相近,其中正丁醇萃取物清除 OH 自由基能力优于粗提物及其他萃取物, IC_{50} 为 (0.162 ± 0.002) mg/mL,当样品质量浓度 < 0.4 mg/mL 时,正丁醇萃取物与抗坏血酸对 OH 自由基的清除能力相近,当质量浓度 > 0.4 mg/mL 时,抗坏血酸的清除能力优于正丁醇萃取物;其次为乙酸乙酯萃取物, IC_{50} 为 (0.166 ± 0.006) mg/mL,略低于正丁醇萃取物;70% 乙醇粗提物、二氯甲烷萃取物、石油醚萃取物及萃余物对 OH 自由基的清除能力较

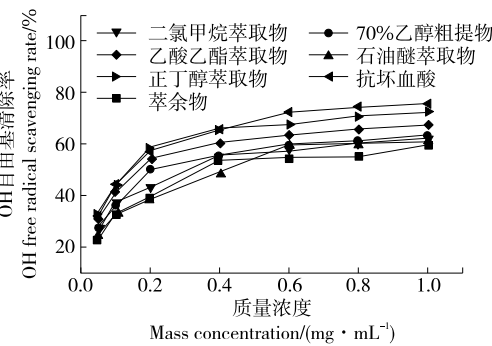


图4 粗提物、各溶剂萃取物的OH自由基清除活性
Figure 4 OH radical scavenging activity of crude extract and solvent extracts

弱,最弱为石油醚萃取物。

2.3 抗氧化能力与总黄酮、总多糖及 6 种异黄酮含量的相关性

由表 3 可知,总黄酮含量与 DPPH 自由基、ABTS 自由基和 OH 自由基的清除能力显著相关 ($P < 0.05$);总多

表 3 抗氧化能力与总黄酮、总多糖及 6 种异黄酮含量的相关性[†]

Table 3 Correlation analysis of antioxidant capacity and content of total flavonoids, total polysaccharides and 6 kinds of isoflavones

指标	总黄酮	总多糖	大豆苷	大豆苷元	染料木苷	染料木素	黄豆黄甘	黄豆黄素	DPPH 自由基清除能力	ABTS 自由基清除能力	OH 自由基清除能力
总黄酮	1.000	0.201	0.670 **	0.636 *	0.676 **	0.638 *	0.758 **	0.468 *	0.854 **	0.847 **	0.838 **
总多糖		1.000	0.013	0.138	0.080	0.139	0.513	0.345	0.692 **	0.578 *	0.277
大豆苷			1.000	0.357	0.764 **	0.368	0.811 **	0.018	0.950 **	0.889 **	0.980 **
大豆苷元				1.000	0.686 **	0.979 **	0.304	0.896 **	0.806 **	0.843 **	0.848 **
染料木苷					1.000	0.682 **	0.671 **	0.407	0.840 **	0.846 **	0.898 **
染料木素						1.000	0.296	0.879 **	0.796 **	0.854 **	0.810 **
黄豆黄甘							1.000	0.096	0.715 **	0.620 *	0.703 **
黄豆黄素								1.000	0.596	0.486	0.532
DPPH 自由基清除能力									1.000	0.943 **	0.939 **
ABTS 自由基清除能力										1.000	0.939 **
OH 自由基清除能力											1.000

[†] * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

糖含量与 DPPH 自由基的清除能力极显著相关 ($P < 0.01$), 与 ABTS 自由基的清除能力显著相关 ($P < 0.05$)。总黄酮含量与 6 种大豆异黄酮含量均表现出相关性, 异黄酮中的大豆苷、大豆苷元、染料木苷及染料木素含量与 3 种自由基的清除能力极显著相关 ($P < 0.01$); 黄豆黄苷含量与 DPPH 自由基和 OH 自由基的清除能力极显著相关 ($P < 0.01$), 与 ABTS 自由基的清除能力显著相关 ($P < 0.05$)。

3 结论

采用 3 种体外抗氧化活性评价方法, 对淡豆豉粗提物的不同极性溶剂萃取物的抗氧化活性进行了研究。结果表明, 正丁醇萃取物的抗氧化活性高于其他萃取物, 其总多糖含量最高, 总黄酮含量仅次于乙酸乙酯萃取物的, 且其中的大豆苷、大豆苷元、染料木苷、染料木素含量明显高于粗提物及其他萃取物的。由相关性分析结果可知, 总黄酮含量与 3 种抗氧化活性指标的相关性最大, 总多糖含量的次之。3 种抗氧化活性指标与大豆异黄酮中的大豆苷、大豆苷元、染料木苷、染料木素含量极显著相关 ($P < 0.01$), 与黄豆黄苷含量显著相关 ($P < 0.05$)。综上, 总黄酮中的大豆异黄酮类成分是发挥抗氧化活性的主要物质, 特别是大豆苷、大豆苷元、染料木苷、染料木素这 4 种大豆异黄酮, 而正丁醇可以较好地萃取淡豆豉中的这 4 种大豆异黄酮, 是抗氧化成分的最优萃取溶剂。淡豆豉在发酵过程中, 结合型的大豆异黄酮糖苷转化成游离型的大豆异黄酮苷元, 使其具备更强的抗氧化能力; 此外, 淡豆豉的发酵工艺以及引入的辅料青蒿、桑叶对淡豆豉的抗氧化活性影响有待进一步探究; 后续将继续探究淡豆豉的炮制工艺, 以及淡豆豉中大豆皂苷、大豆蛋白等其他成分与抗氧化活性间的关系以及作用机理。

参考文献

- [1] 陈青峰, 贺婧, 谢小梅, 等. 淡豆豉炮制中 γ -氨基丁酸含量测定及其抗抑郁作用研究[J]. 药物评价研究, 2021, 44(4): 688-694.
CHEN Qing-feng, HE Jing, XIE Xiao-mei, et al. Determination of content of γ -aminobutyric acid and its antidepressant effect at different time points during processing of Sojae Semen Praeparatum[J]. Drug Evaluation Research, 2021, 44(4): 688-694.
- [2] 郭婕, 李季平. 微波辅助法提取淡豆豉中的多糖[J]. 中国果菜, 2019, 39(9): 1-4, 15.
GUO Jie, LI Ji-ping. Microwave-assisted extraction of polysaccharide from Sojae Semen Praeparatum[J]. China Fruit & Vegetable, 2019, 39(9): 1-4, 15.
- [3] 李春玲, 贺婧, 王立元, 等. 淡豆豉炮制过程中拮抗菌对黄曲霉毒素 B₁ 的拮抗能力考察[J]. 中草药, 2021, 52(12): 3 544-3 551.
LI Chun-ling, HE Jing, WANG Li-yuan, et al. Antagonistic ability of aflatoxin B₁ antagonistic microorganism in processing of Sojae Semen Praeparatum[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(12): 3 544-3 551.
- [4] 陈怡, 刘洋, 覃业优, 等. 淡豆豉的生理活性和生产工艺研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(17): 5 948-5 954.
CHEN Yi, LIU Yang, TAN Ye-you, et al. Research progress on physiological activity and processing technology of Semen sojae-Praeparatum[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(17): 5 948-5 954.
- [5] WENG Mei-zhi, DENG Xiong-wei, CHEN Qing-feng, et al. Discovery and content variation analysis of fibrinolytic enzyme in Semen Sojae Praeparatum Fermentation[J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2020, 25(1): 87-92.
- [6] 陈丽艳, 官雪莲, 张蕾, 等. 淡豆豉对人体肠道六种常住菌的调节作用[J]. 中国微生态学杂志, 2017, 29(10): 1 122-1 126.
CHEN Li-yan, GUAN Xue-lian, ZHANG Lei, et al. Regulatory effect of Semen Sojae Praeparatum on 6 common gut microbes[J]. Chinese Journal of Microecology, 2017, 29(10): 1 122-1 126.
- [7] DAS S K. Free radicals, antioxidants and nutraceuticals in health, disease & radiation biology. Preface[J]. Indian Journal of Biochemistry & Biophysics, 2012, 49(5): 291-292.
- [8] 王思齐, 王满元, 关怀, 等. 淡豆豉炮制历史沿革的研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(10): 1 985-1 989.
WANG Si-qi, WANG Man-yuan, GUAN Huai, et al. History of processing of Sojae Semen Praeparatum[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2018, 43(10): 1 985-1 989.
- [9] 蒋志勇, 刘文彬, 陈艳娇, 等. 中药抗氧化活性成分研究进展[J]. 湖南中医杂志, 2016, 32(10): 223-225.
JIANG Zhi-yong, LIU Wen-bin, CHEN Yan-jiao, et al. Research progress of antioxidant active ingredients in traditional Chinese medicine[J]. Hunan Journal of Traditional Chinese Medicine, 2016, 32(10): 223-225.
- [10] 劳风云, 刘正猛, 王洪波. 淡豆豉多糖的提取及其清除自由基的活性研究[J]. 现代预防医学, 2008(10): 1 909-1 910.
LAO Feng-yun, LIU Zheng-meng, WANG Hong-bo. Study on the extraction of polysaccharide in fermented soybean and its activity of clearing the free radical[J]. Modern Preventive Medicine, 2008(10): 1 909-1 910.
- [11] 徐彬人, 黄林艳, 杨翠萍, 等. 淡豆豉异黄酮的提取分离及对 DPPH 自由基清除能力的研究[J]. 贵州中医药大学学报, 2020, 42(3): 91-94, 103.
XU Bin-ren, HUANG Lin-yan, YANG Cui-ping, et al. The isoflavone extraction and separation of SSP and their capacity of DPPH radical scavenging[J]. Journal of Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, 2020, 42(3): 91-94, 103.
- [12] 王爱月, 翟志雷, 卢素格. 高效液相色谱法同时测定保健食品中六种大豆异黄酮和葛根素[J]. 中国卫生检验杂志, 2013, 23(2): 301-303.
WANG Ai-yue, ZHAI Zhi-lei, LU Su-ge. Simultaneous determination of soybean isoflavones and puerarin in health foods by high performance liquid chromatography[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2013, 23(2): 301-303.

(下转第 196 页)