

3 种植物油脂体外抗氧化及降血脂活性分析

吴秋彤 孟鑫 王美丽 邢慧玉

(锦州医科大学食品与健康学院, 辽宁 锦州 121000)

摘要: [目的] 探究油茶籽油、苦杏仁油、花生油的抗氧化活性及降血脂功能。[方法] 通过体外抗氧化试验、体外降血脂试验对 3 种油脂的抗氧化和降血脂活性进行了评价。[结果] DPPH 自由基清除能力排序为油茶籽油 > 苦杏仁油 > 花生油, 超氧阴离子自由基清除能力排序为油茶籽油 > 苦杏仁油 > 花生油, 羟自由基清除能力排序为油茶籽油 > 苦杏仁油 > 花生油。在 1 mg/mL 的质量浓度下, 油茶籽油对牛磺胆酸盐和甘氨酸胆酸盐的结合率分别为 46.72%, 56.14%; 苦杏仁油对牛磺胆酸盐和甘氨酸胆酸盐的结合率分别为 45.73%, 52.87%; 花生油对牛磺胆酸盐和甘氨酸胆酸盐的结合率分别为 43.67%, 55.23%。[结论] 油茶籽油体外抗氧化能力和降血脂作用皆最佳, 可进一步开发和利用。

关键词: 油茶籽油; 花生油; 苦杏仁油; 抗氧化; 降血脂

Antioxidation and hypolipidemia functions of three oils *in vitro*

WU Qiutong MENG Xin WANG Meili XING Huiyu

(College of Food and Health, Jinzhou Medical University, Jinzhou, Liaoning 121000, China)

Abstract: [Objective] To investigate the antioxidant activity and hypolipidemic function of camellia seed oil, bitter apricot kernel oil, and peanut oil. [Methods] The antioxidant and hypolipidemic activities of the three oils are evaluated through *in vitro* antioxidant tests and *in vitro* hypolipidemic tests. [Results] The order of DPPH free radical scavenging capacity is camellia seed oil > bitter apricot kernel oil > peanut oil. The order of superoxide anion free radical scavenging capacity is camellia seed oil > bitter apricot kernel oil > peanut oil. Additionally, the order of hydroxyl free radical scavenging capacity is camellia seed oil > bitter apricot kernel oil > peanut oil. At a mass concentration of 1 mg/mL, the binding rates of each oil to taurocholate and glycocholate are listed below: 6.72% and 56.14%, respectively, for camellia seed oil, 45.73% and 52.87%, respectively, for bitter apricot kernel oil, and 43.67% and 55.23%, respectively, for peanut oil. [Conclusion] *In vitro* antioxidant and hypolipidemic effects are the best in camellia seed oil, which could be further developed and utilized.

Keywords: camellia seed oil; peanut oil; bitter apricot kernel oil; antioxidation; hypolipidemia

花生是常见油料之一, 含不饱和脂肪酸 80% 以上, 还含有软脂酸、硬脂酸和花生酸等饱和脂肪酸, 易于人体吸收且具有降低胆固醇、减肥、滑肠等作用, 因其营养物质较多和独特的风味而深受消费者的喜爱^[1]。油茶是中国特有的食用油料树种。油茶籽油中不饱和脂肪酸含量超过 80%, 其中油酸含量也超过 70%^[2]。此外, 它还富含多种对人体有益的微量元素和活性物质, 具有很高的营养和健康价值。苦杏仁油营养价值丰富, 含不饱和脂肪酸较多, 可作高级润滑油、化妆品优质原料或辅料^[3]。

课题组^[4]曾通过乙醇氧化模型的方法来研究苦杏仁

油对小鼠血清抗氧化活性的影响, 分析了苦杏仁油的体内抗氧化能力, 发现苦杏仁油具有一定的抗氧化活性。高脂血症是一种以胆固醇和甘油三酯水平升高为特征的系统性代谢障碍^[5], 对人体的危害有很多, 包括诱发心脑血管系统疾病、肥胖、糖尿病等。因此, 通过探究 3 种油体外降血脂和体外抗氧化功能, 从而在食品中寻找安全、高效的降脂物质。

然而, 现有研究多集中于单一油脂的抗氧化^[6]或降血脂^[7]功能, 缺乏对不同油脂的综合比较分析, 并且往往多采用单一指标评价油脂的抗氧化或降血脂效果, 缺乏多

基金项目: 辽宁省自然科学基金 (编号: 20180550487); 中科院开放实验室项目 (编号: BMF-2020-05)

通信作者: 孟鑫 (1981—), 女, 锦州医科大学副教授, 博士。E-mail: woxing1981@163.com

收稿日期: 2024-07-03 **改回日期:** 2025-08-11

引用格式: 吴秋彤, 孟鑫, 王美丽, 等. 3 种植物油脂体外抗氧化及降血脂活性分析[J]. 食品与机械, 2025, 41(10): 121-125.

Citation: WU Qiutong, MENG Xin, WANG Meili, et al. Antioxidation and hypolipidemia functions of three oils *in vitro*[J]. Food & Machinery, 2025, 41(10): 121-125.

指标综合评价体系。此外,关于油脂的体外抗氧化和降血脂功能研究较少,尤其是针对不同植物油脂的体外抗氧化和降血脂能力的系统性比较。为此,研究拟从测定 DPPH 自由基清除能力、超氧阴离子自由基清除能力和羟自由基清除能力 3 个方面评价油茶籽油、苦杏仁油、花生油 3 种植物油的抗氧化功能,并结合 3 种油脂与牛磺胆酸钠、甘氨酸胆酸钠结合率的高低来判定油脂降血脂功能,以期为油茶籽油、苦杏仁油及花生油的综合开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

油茶籽油、苦杏仁油、花生油:食品级,市售;

甘氨酸胆酸钠、牛磺胆酸钠:分析纯,上海伊卡生物技术有限公司;

人工胃液、人工肠液:北京索莱宝科技有限公司;

DPPH:分析纯,天津市华盛化学试剂有限公司;

邻苯三酚:分析纯,天津聚恒达化工有限公司;

辛伐他汀:山东鲁抗医药集团赛特有限公司;

磷酸盐缓冲液:分析纯,卡迈舒(上海)生物科技有限公司;

过氧化氢:分析纯,厦门海标科技有限公司;

硫酸亚铁:分析纯,天津市恒兴化学试剂制造有限公司;

氢氧化钠:分析纯,山东鲁抗医药集团赛特有限公司。

1.2 仪器与设备

紫外分光光度计:G9型,南京菲勒仪器有限公司;

恒温振荡培养箱摇床:YZ-103B型,上海龙跃有限公司;

超高速离心机:TC-MG-1650型,南京炯创科技有限公司;

全温度振荡培养摇床:THZ-300型,成都市苏净科学器材有限公司;

磁力搅拌器:CL-200型,巩义市予华仪器有限责任公司;

超声波清洗器:JP300型,武汉嘉鹏电子有限公司;

气相色谱—质谱联用仪:GCMS-9000型,深圳市乐买宜电子有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 油茶籽油、苦杏仁油、花生油对 DPPH 自由基的清除作用 称取 50 mg 油茶籽油置于具塞试管中,用无水乙醇稀释配制 5 个不同质量浓度梯度的待测液(5, 10, 15, 20, 25 mg/mL)。以维生素 E、苦杏仁油和花生油作为对照。设置 3 个反应体系:空白对照组将 2 mL 80% 甲醇溶液与 3 mL 0.5 mmol/L DPPH 甲醇溶液混合;测定组将 2 mL 待测液与 3 mL 0.5 mmol/L DPPH 甲醇溶液混合;对照组将 2 mL 待测液与 3 mL 80% 甲醇溶液混合^[8]。在室温避光条件下静置 30 min,离心 5 min,于 517 nm 处测定吸光值,无水乙醇调零。超氧阴离子自由基清除率的计算参照文献[9]。

1.3.2 油茶籽油、苦杏仁油、花生油对超氧阴离子自由基的清除作用 称取 50 mg 油茶籽油置于具塞试管中,用无水乙醇配制不同质量浓度(5, 10, 15, 20, 25 mg/mL)的样品溶液。以维生素 E、苦杏仁油和花生油作为对照。在每支试管中加入 4.5 mL 的 Tris-HCl 缓冲液(浓度为 50 mmol/L),并将试管置于 30 °C 水浴 15 min。在测定管和对照管中分别加入 1.0 mL 样品溶液和 0.4 mL 邻苯三酚(浓度为 25 mmol/L),在空白管中则加入 1.0 mL 蒸馏水作为对照。将所有试管再次置于 25 °C 水浴 15 min。反应结束后,向每支试管中加入 1.0 mL 的 HCl(浓度为 10 mmol/L)以终止反应。使用蒸馏水作为调零基准,在 325 nm 处测定各试管的吸光度。超氧阴离子自由基清除率的计算参照文献[9]。

1.3.3 油茶籽油、苦杏仁油、花生油对羟自由基的清除作用 称取 50 mg 油茶籽油置于具塞试管中,用无水乙醇配制不同质量浓度(10, 20, 30, 40, 50 mg/mL)的样品溶液。以维生素 E、苦杏仁油和花生油作为对照。各管中加入 2.0 mL 磷酸盐缓冲溶液(0.2 mol/L)和 1.5 mL 邻二氮菲。空白试管的配制:向试管中加入 1.0 mL 浓度为 7.5 mmol/L 的硫酸亚铁溶液,随后加入 5.5 mL 蒸馏水进行稀释。对照管的配制:取 1.0 mL 相同浓度的硫酸亚铁溶液,加入 4.5 mL 蒸馏水,并补充 1.0 mL 浓度为 0.1% 的过氧化氢溶液。测定管加入 2.0 mL 硫酸亚铁溶液(7.5 mmol/L), 1.0 mL 待测样品溶液,2.5 mL 蒸馏水,用 0.1% 过氧化氢溶液补充至 1.0 mL。所有试管在 30 °C 恒温条件下反应 20 min,使用分光光度计在 510 nm 处测定各溶液的吸光度值,其中以蒸馏水作为调零基准。羟自由基清除率的计算参照文献[10]。

1.3.4 胆酸盐结合试验

(1) 胆酸盐标曲线绘制:参照吴慎威等^[11]的方法。分别配制 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 mmol/mL 的甘氨酸胆酸钠标准溶液和牛磺胆酸钠标准溶液,在 387 nm 处测量,重复 3 次试验。分别以甘氨酸胆酸钠和牛磺胆酸钠浓度和吸光度为横纵坐标绘制标准曲线。

(2) 试验方法:参照芦宇等^[12]的方法。分别取质量浓度为 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 mg/mL 的 3 mL 油茶籽油和辛伐他汀溶液各两份于烧杯中,根据 3 种油脂与牛磺胆酸钠和甘氨酸胆酸钠的结合率来判定油脂的降血脂能力。

(3) 胆酸盐结合率测定:根据标曲计算牛磺胆酸钠和甘氨酸胆酸钠剩余量,油脂与胆酸盐结合率的计算参照文献[11]。

1.3.5 油茶籽油脂肪酸组成分析

(1) 油脂甲酯化:称取 50 mg 油茶籽油于试管中,加入 5 mL 正己烷(色谱纯),充分搅拌,再加入 2 mL 0.8 mol/L 的氢氧化钾—甲醇溶液,混匀,30 °C 恒温水浴至油完全溶解。试管静置待其分层后,加入约 0.5 g 无水硫酸钠,用针头过滤器抽吸上层正己烷相,用 0.22 μm 滤膜

过滤,滤液置于进样器内待测定。

(2) 色谱条件:色谱柱为J&W DB-5石英毛细柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);升温程序:150℃保持1 min,以5℃/min升至210℃,保持3 min,再以5℃/min升至250℃;载气为高纯氮;流量1 mL/min;分流比10:1。

(3) 质谱条件:电子轰击(EI)离子源;电子能量70 eV;传输线温度250℃;离子源温度250℃;质量扫描范围 m/z 35~500。

1.4 数据处理

使用SPSS 25软件中的双因素ANOVA检验进行组间差异显著性分析,差异显著时采用Duncan氏法进行多重比较,采用Origin 2023软件统计作图,并运用Excel 2019软件作图。数据统计类试验均重复3次,并以“平均值±标准差”形式表示。

2 结果与分析

2.1 3种植物油脂体外抗氧化试验

如图1所示,油茶籽油、苦杏仁油、花生油对DPPH自由基、超氧阴离子自由基、羟自由基均具有一定的清除能力。当油脂质量浓度为25 mg/mL时,维生素C对DPPH自由基的清除率最高,为95.887%;维生素C、油茶籽油、苦杏仁油、花生油对DPPH自由基清除率的半抑制浓度(IC_{50})分别为0.844, 1.062, 1.163, 1.289 mg/mL,对DPPH自由基清除率效果排序为维生素C>油茶籽油>苦杏仁油>花生油。当油脂质量浓度为25 mg/mL时,维生素C对羟自由基的清除率最高,为95.090%;维生素C、油茶籽油、苦杏仁油、花生油对羟自由基清除率的 IC_{50} 分别为0.851, 0.969, 1.026, 1.152 mg/mL,对羟自由基清除率效果排序为维生素C>油茶籽油>苦杏仁油>花生油。当油脂质量浓度为25 mg/mL时,维生素C对超氧阴离子自由基的清除率最高,为96.073%;维生素C、油茶籽油、苦杏仁油、花生油对超氧阴离子自由基清除率的 IC_{50} 分别为0.663, 0.880, 0.882, 0.999 mg/mL,对超氧阴离子自由基清除率效果排序为维生素C>油茶籽油>苦杏仁油>花生油。

油茶籽油显著的清除效果可能与其高含量的多酚类化合物和维生素E有关^[13],这些成分具有较强的抗氧化能力。苦杏仁油中虽然含有一定的抗氧化成分,但其含量和活性可能不如油茶籽油,苦杏仁油和花生油中抗氧化成分较少,且可能存在其他抑制抗氧化的物质,导致清除效果最差。综上,3种植物油脂中油茶籽油对3种自由基清除效果最好。

2.2 3种植物油脂体外降血脂作用

2.2.1 结合胆酸盐能力 胆酸盐又称胆汁酸盐,是胆汁中由胆固醇衍生而来的具有甾核结构的一类两性大分子,可以通过对胆固醇和脂肪的消化吸收引起血脂水平升高。在代谢和吸收人及动物体内的脂质、胆固醇、脂溶性维生素等物质的过程中充当着重要角色^[14],胆固醇通常以胆汁酸的形式从体内排出,随后与牛磺酸、甘氨酸分别结合胆酸盐^[15]。因此,可以用油脂与这两种胆酸盐的结合率来反映其降血脂能力^[16]。

从图2和图3可以看出,随着样品质量浓度的增加,3种油脂对牛磺胆酸钠和甘氨酸胆酸钠两种胆酸盐的结合率均有升高的趋势。在0.6 mg/mL质量浓度下,油茶籽油、苦杏仁油、花生油与牛磺胆酸钠的结合率分别为30.74%, 29.74%, 26.67%,与甘氨酸胆酸钠的结合率分别为41.83%, 39.23%, 36.62%;在1.0 mg/mL质量浓度下,油茶籽油、苦杏仁油、花生油与牛磺胆酸钠的结合率分别为45.73%, 43.67%, 41.72%,与甘氨酸胆酸钠的结合率分别为55.23%, 52.87%, 48.14%。

试验结果显示,油茶籽油对牛磺胆酸钠和甘氨酸胆酸钠的结合能力相较于花生油和苦杏仁油较好。这可能是由于油茶籽油的不饱和脂肪酸含量高于苦杏仁油和花生油,这些脂肪酸能与胆酸盐形成稳定的复合物,促进结合。此外,油茶籽油中的甘油酯在消化过程中分解为单酰甘油和游离脂肪酸,这些产物更容易与胆酸盐结合,所以油茶籽油与牛磺胆酸钠和甘氨酸胆酸钠的结合率较高。

2.2.2 油茶籽油、辛伐他汀对胆酸盐的结合能力 辛伐他汀是降脂药中的重要组分,能与胆酸盐结合,清除胆汁

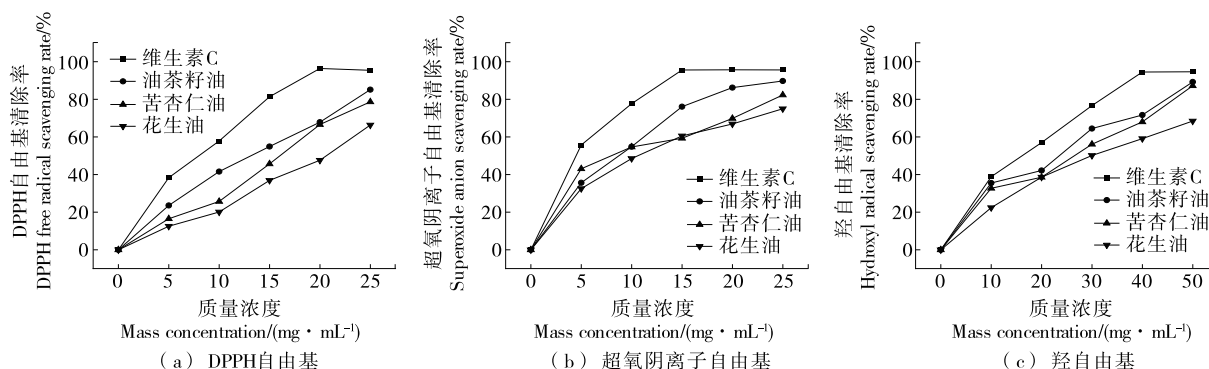


图1 3种油脂对不同自由基清除能力的比较

Figure 1 Comparison of scavenging capacities of three kinds of oil on different free radicals

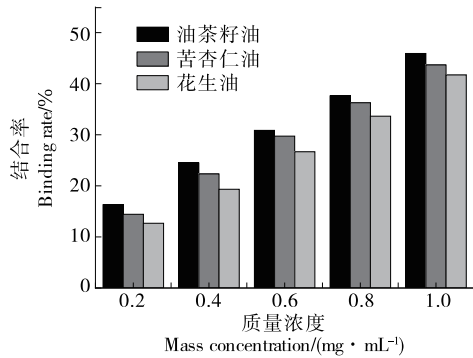


图2 3种油脂对牛磺胆酸钠的结合率比较
Figure 2 Comparison of the binding rates of three oils with sodium taurocholate

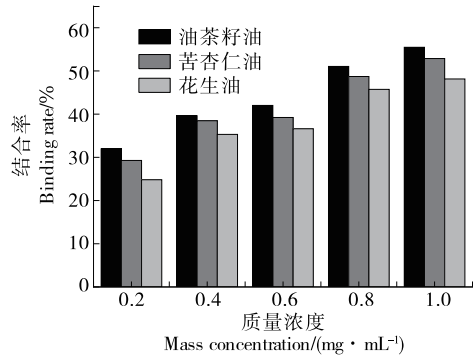


图3 3种油脂对甘氨酸胆酸钠的结合率比较
Figure 3 Comparison of the binding rates of three oils to sodium glycocholate

酸,从而减少机体胆固醇。使用相同质量浓度的油茶籽油和辛伐他汀溶液分别对牛磺胆酸钠和甘氨酸胆酸钠的结合能力进行比较^[17]。从图4和图5可以看出,在同样质量浓度下油茶籽油与胆酸盐结合率虽低于辛伐他汀,但仍具有较高的结合率,表明油茶籽油的降血脂效果较好,可以用于机体血脂代谢水平调节^[18]。

2.3 油茶籽油脂肪酸组成分析

油茶籽油脂肪酸甲酯的总离子流如图6所示。由表1

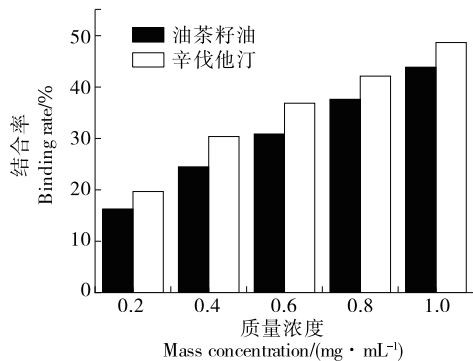


图4 油茶籽油、辛伐他汀对牛磺胆酸钠的结合率
Figure 4 Binding rates of camellia seed oil and simvastatin to sodium taurocholate

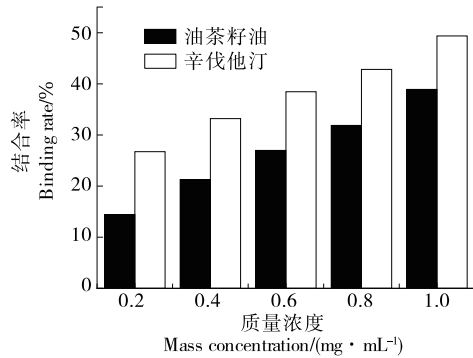


图5 油茶籽油、辛伐他汀对甘氨酸胆酸钠的结合率
Figure 5 Binding rates of camellia seed oil and simvastatin to sodium glycocholate

可知,油茶籽油中主要脂肪酸为油酸(72.74%)、亚油酸(12.58%)、棕榈油酸(8.67%)、硬脂酸(6.01%)等,其不饱和脂肪酸含量高达93.99%,有助于改善血脂代谢,预防动脉粥样硬化等心血管疾病。这也使其在植物油中具有显著的健康优势。

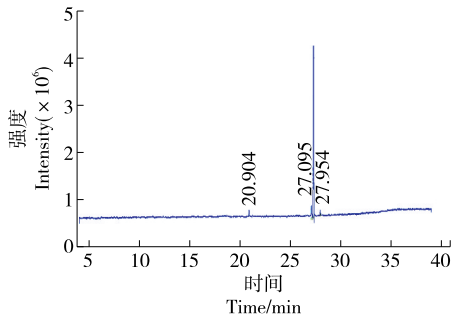


图6 油茶籽油脂肪酸甲酯的总离子流图
Figure 6 Total ion chromatograms of fatty acid methyl esters in camellia seed oil

表1 油茶籽油主要脂肪酸组成及含量

Table 1 Main fatty acid composition and content of Camellia seed oil

脂肪酸	保留时间/min	相对含量/%
棕榈酸	20.904	8.67
亚油酸	27.095	12.58
油酸	27.281	72.74
硬脂酸	27.954	6.01

3 结论

体外抗氧化试验和降血脂试验皆表明油茶籽油的综合性质优于花生油和苦杏仁油。气相色谱质谱联用法对油茶籽油主要脂肪酸成分鉴定结果表明,油茶籽油的不饱和脂肪酸含量较高。油茶籽油综合性质较好,可作为油脂化学或化学中间体。油茶籽油的油酸含量高达

72.74%,是油茶籽油的主要不饱和脂肪酸成分,具有抗氧化、降血脂、促进心血管健康、预防心血管疾病等保健功能。然而,目前对油酸的性质还未深入研究,可通过电感耦合等离子体发射光谱仪结合气相色谱在相关性分析、聚合分层聚类分析、主成分分析等方面对油茶籽油的脂肪酸成分进行研究,以期提供优质油脂资源。

参考文献

- [1] 初丽君,张睿,曲明磊,等.不同压榨工艺花生油储藏稳定性、风味及营养组成研究[J].粮食与食品工业,2024,31(5):39-43.
CHU L J, ZHANG R, QU M L, et al. Study on the storage stability, flavor and nutrient composition of peanut oil by different pressing techniques[J]. Cereal & Food Industry, 2024, 31(5): 39-43.
- [2] ZENG W, ENDO Y. Lipid characteristics of camellia seed oil[J]. Journal of Oleo Science, 2019, 68(7): 649-658.
- [3] EL BERNOUSSI S, BOUJEMAA I, HARHAR H, et al. Evaluation of oxidative stability of sweet and bitter almond oils under accelerated storage conditions[J]. Journal of Stored Products Research, 2020, 88: 101662.
- [4] 韩金承,孟鑫,吴慎威,等.苦杏仁油微胶囊制备工艺优化及氧化稳定性研究[J].保鲜与加工,2023,23(1):38-46.
HAN J C, MENG X, WU S W, et al. Study on preparation process optimization and oxidation stability of bitter almond oil microcapsules[J]. Storage and Process, 2023, 23(1): 38-46.
- [5] 徐慧敏,王佳佳,孟鑫.奇亚籽油提取工艺优化及降血脂功能研究[J].食品工业,2024,45(3):1-4.
XU H M, WANG J J, MENG X. Optimization of extraction process and hypolipidemic function of chia seed oil[J]. The Food Industry, 2024, 45(3): 1-4.
- [6] 龚娣,陈程莉,常馨月,等.核桃油氧化及抗氧化调控研究进展[J].中国油脂,2021,46(5):58-62.
GONG D, CHEN C L, CHANG X Y, et al. Progress in oxidation and antioxidant regulation of walnut oil[J]. China Oils and Fats, 2021, 46(5): 58-62.
- [7] 张君萍.沙葱籽油和多糖的提取及其降血脂作用[D].南京:南京农业大学,2011:89-94.
ZHANG J P. Extraction of seed oil and seed polysaccharides of *Allium mongolicum* regel and effect of reducing blood lipids [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011: 89-94.
- [8] 陈建双,李佳欣,杨洋,等.山药水提物提取工艺优化及抗氧化活性分析[J].粮食与油脂,2021,34(6):155-159.
CHEN J S, LI J X, YANG Y, et al. Optimization of water extract process from yam and its antioxidant activity analysis[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(6): 155-159.
- [9] 冯红霞,朱立红,韩跃军,等.采用双歧杆菌发酵迷迭香扣碗酪的工艺及抗氧化研究[J].食品研究与开发,2020,41(12):84-89.
FENG H X, ZHU L H, HAN Y J, et al. Development of
- rosmarinus officinalis Kouwan lao fermented by bifidobacterium and its antioxidant activity[J]. Food Research and Development, 2020, 41(12): 84-89.
- [10] 杨卓,王艳辉,尹宝颖,等.不同干燥方法对香菇柄多糖的体外抗氧化研究[J].中国调味品,2018,43(6):6-12.
YANG Z, WANG Y H, YIN B Y, et al. Effects of drying methods on antioxidant activity of lentinan from the stems of *lentinus edodes*[J]. China Condiment, 2018, 43(6): 6-12.
- [11] 吴慎威,孟鑫,韩金承,等.苦杏仁油体内体外降血脂作用的研究[J].粮食与饲料工业,2023(3):34-40.
WU S W, MENG X, HAN J C, et al. Study on blood lipid lowering effect of bitter almond oil *in vivo* and *in vitro*[J]. Cereal & Feed Industry, 2023(3): 34-40.
- [12] 芦宇,纪秀凤,吕长鑫,等.大孔树脂纯化红树莓籽黄酮及其体外结合胆酸盐能力评价[J].食品工业科技,2018,39(23):7-11.
LU Y, JI X F, LV C X, et al. Purification of flavonoids from red raspberry seed by macroporous resin and the ability of bile salt-binding *in vitro*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(23): 7-11.
- [13] 莫燕婷,曹清明.油茶籽油中组成成分及其影响因素研究进展[J].粮食与油脂,2023,36(9):10-13,18.
MO Y T, CAO Q M. Research progress on the composition of oil-tea camellia seed oil and its influencing factors[J]. Cereals & Oils, 2023, 36(9): 10-13, 18.
- [14] 唐茹萌,焦文雅,桑亚新,等.裙带菜多糖体外和体内降血脂活性[J].食品科学,2022,43(1):142-149.
TANG R M, JIAO W Y, SANG Y X, et al. In vitro and in vivo hypolipidemic effect of undaria pinnatifida polysaccharide[J]. Food Science, 2022, 43(1): 142-149.
- [15] YANG Z X, YIN J Y, WANG Y F, et al. The fucoidan A3 from the seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances RCT-related genes expression in hyperlipidemic C57BL/6J mice[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 134: 759-769.
- [16] 叶丹红.降血脂保健品的作用机理研究及分析[J].食品安全导刊,2020(21):39-40.
YE D H. Study and analysis of the action mechanism of lipid-lowering health care products[J]. Food Safety Guide, 2020 (21): 39-40.
- [17] 王敏,阙文轩,陈刚领.辛伐他汀预防小鼠高脂血症合并脑缺血损伤及其对时钟基因的调控[J].中国药理学与毒理学杂志,2024,38(7):496-503.
WANG M, QU W X, CHEN G L. Simvastatin prevents cerebral ischemia-reperfusion injury and regulates clock genes in hyperlipidemia mice[J]. Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology, 2024, 38(7): 496-503.
- [18] PROMMACHART R, BELEM T S, URIYAPONGSON S, et al. The effect of black rice water extract on surface color, lipid oxidation, microbial growth, and antioxidant activity of beef patties during chilled storage[J]. Meat Science, 2020, 164: 108091.