

8种食品水提液的抗氧化和抗炎活性比较

Comparative studies on the antioxidant and anti-inflammatory activities of water extracts from eight kinds of foods

杨红¹ 唐莉² 李毅¹ 原红霞¹ 李青山^{1,2}

YANG Hong¹ TANG Li² LI Yi¹ YUAN Hongxia¹ LI Qingshan^{1,2}

(1. 山西中医药大学中药与食品工程学院, 山西 晋中 030619; 2. 山西医科大学药学院, 山西 晋中 030619)

(1. School of Traditional Chinese Medicine and Food Engineering, Shanxi University of Chinese Medicine, Jinzhong, Shanxi 030619, China; 2. School of Pharmacy, Shanxi Medical University, Jinzhong, Shanxi 030619, China)

摘要:目的:研究不同食品水提液的活性成分、抗氧化活性、抗炎活性及其相关性。方法:选择黑米、黑豆、黑芝麻、黑木耳、黑枣、黑玉米、燕麦和小米8种常见食品,测定其水提液中总黄酮与总多酚含量,并比较其活性成分差异;测定其1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基清除能力、羟自由基清除能力及铁离子还原能力并比较其抗氧化活性;测定脂多糖(LPS)诱导的RAW264.7小鼠巨噬细胞中NO及IL-6抑制率,并比较其抗炎活性。结果:8种食品的抗氧化与抗炎活性均与其总黄酮和总多酚含量呈正相关,且两种活性间亦呈正相关性。其中,黑枣的总黄酮和总多酚含量最高,分别为1.716,3.043 mg/g;当样品质量浓度为1 mg/mL时,DPPH自由基清除能力高达89.48%,其抗氧化活性具有显著性优势;当样品质量浓度为5 mg/mL时,其对NO的抑制率为65.92%,对IL-6的抑制率达78.62%而表现出明显的抗炎活性。黑米具有较强的DPPH自由基清除能力与铁离子还原能力,同时对NO和IL-6表现出较强的抑制活性;而作为非黑色食品的小米,其活性虽不及黑枣与黑米,但较黑玉米、黑木耳等黑色食品,在羟自由基清除与抗炎活性上却表现明显的优势。结论:8种食品水提液均具有不同程度的抗氧化作用,也呈现出一定的抗炎活性,但有较大差异;其活性与总黄酮、总多酚含量呈正相关。其中,黑枣的总黄酮、总多酚含量最高,抗氧化、抗炎活性亦最强。

关键词:总黄酮;总多酚;抗氧化;抗炎;相关性分析

Abstract: Objective: This study aimed to investigate the active

ingredients, and their antioxidant and anti-inflammatory activities, as well as the correlation between each other of different food water extracts. **Methods:** Black rice, black soybean, black sesame, *Auricularia auricula*, diospyros lotus, black corn, oat and millet were selected for the comparison study of the content of total flavonoids and polyphenols in the aqueous extract, and then the 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging activity, hydroxyl radical scavenging ability and iron ion reduction capacity were determined to evaluate their antioxidant activity. Furthermore, the NO and IL-6 inhibitory activities on Lipopolysaccharides (LPS) induced RAW264.7 cells were tested to investigate the anti-inflammatory activities. **Results:** The antioxidant and anti-inflammatory activities were positively correlated with the contents of total flavonoids and polyphenols, and the two activities were also positively correlated. Among them, diospyros lotus showed the highest content of total flavonoids and polyphenols with 1.716 mg/g and 3.043 mg/g respectively, and the radical clearance capacity of DPPH was 89.48% at 1 mg/mL which was significantly higher than the others. It also showed anti-inflammatory activity with 65.92% and 78.62% inhibitory rates against NO and IL-6 at 5 mg/mL on LPS induced RAW264.7 cells. Meanwhile, black rice had a strong DPPH scavenging ability and iron ion reducing ability, and it also showed strong inhibitory activities against NO and IL-6. Millet, a non-black food, showed obvious advantages in hydroxyl free radical scavenging activity and anti-inflammatory effect compared with black corn and *A. auricula*. **Conclusion:** Water extracts from eight kinds of food had varying degrees of antioxidant and anti-inflammatory activities which were positively correlated with the contents of total flavonoids and polyphenols. Among them, diospyros lotus had the highest content of total flavonoids and polyphenols with the strongest antioxidant and

基金项目:山西省医学科技创新团队建设项目(编号:2020TD02)

作者简介:杨红,女,山西中医药大学在读硕士研究生。

通信作者:李青山(1965—),男,山西中医药大学教授,博士。

E-mail: sxlqs@163.com

收稿日期:2022-12-28 **改回日期:**2023-10-16

anti-inflammatory activities. Therefore, it is necessary to carry out more in-depth application research on diospyros lotus.

Keywords: total flavonoids; total polyphenols; antioxidant activity; anti-inflammatory activity; correlation analysis

随着社会竞争的日趋激烈、行为和生活方式的改变以及环境污染等因素的影响,亚健康人群呈逐年上升趋势^[1]。亚健康的形成与氧化应激密切相关,而机体内氧化应激稳态的失衡被看作是形成亚健康的主要机理之一。与此同时,慢性炎症是“亚健康”的加速剂,其持续存在会导致慢性疾病发生发展,通过合理饮食可以缓解亚健康状态,提高生活质量及疾病的预防^[2]。

黑米、黑豆、黑芝麻隶属于黑色食品范畴,富含蛋白质、脂肪、氨基酸、维生素等成分,具有延缓衰老与增强造血功能等生物活性。已有研究显示,黑米的总抗氧化能力是普通稻米的4~18倍^[3];黑豆的抗氧化能力远大于黄豆和绿豆^[4];黑芝麻籽及黑芝麻皮的总抗氧化能力均高于白芝麻^[5]。因此,具有保健功能的黑色食品较其他食品呈现出较高的生物学价值,已成为食品市场的重要分支。目前,有关该类食品的研究范畴有限,有关黑木耳、黑玉米及黑枣的相关研究较少,且尚以抗氧化研究为主,其抗炎活性未见报道。

小米中富含蛋白质和维生素等物质^[6],是优质的粮食。燕麦因其丰富的膳食纤维而具有降血脂、促排泄等功效^[7]。目前针对小米与燕麦的研究仍集中在其主要功效方面,对抗氧化与抗炎活性的报道较少。

为了进一步比较黑色食品与非黑色食品在生物学功能上的差异,研究拟以黑米、黑豆、黑芝麻、黑木耳、黑枣、黑玉米6种黑色食品为研究主体,与燕麦、小米2种最常见的非黑色食品进行对比,测定8种食品水提液中总黄酮和总多酚含量、抗氧化活性及其抗炎活性,通过分析其相关性,为上述食品的功效研究及其相关功能食品的创新开发提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

黑米、黑豆、黑芝麻、黑木耳、黑枣、黑玉米、燕麦、小米:市售;

葡萄糖标准品、没食子酸标准品、芦丁标准品:纯度 $\geq 98.0\%$,成都曼斯特生物科技有限公司;

福林酚、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH):上海麦克林生化科技股份有限公司;

脂多糖(LPS):北京索莱宝科技有限公司;

NO试剂盒:上海碧云天生物技术有限公司;

小鼠 IL-6 ELISA 试剂盒:武汉贝茵莱生物科技有限

公司;

可见分光光度计:DU700型,美国 Beckman 公司;

二氧化碳恒温培养箱:CCL-170B-8型,新加坡 ESCO 科技有限公司;

生物安全柜:AC2-4S1型,新加坡 ESCO 科技有限公司;

荧光酶标仪:SpectraMaxI3x型,美国 Molecular Devices 仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 8种食品水提液的制备 将黑米、黑豆、黑芝麻、黑木耳、黑枣、黑玉米、燕麦和小米样品经过筛选、粉碎、过筛后,与蒸馏水按照料液比($m_{\text{样品}}:V_{\text{水}}$)1:10(g/mL)于85℃提取,过滤,于4℃保存备用。

1.2.2 总黄酮含量测定 以芦丁为标准品,采用亚硝酸钠—硝酸铝法^[8]。

1.2.3 总多酚含量测定 以没食子酸为标准品,采用Folin-酚法^[9]。准确移取样品溶液1 mL于10 mL容量瓶中,按标准曲线制备的各项操作,测定吸光度,对照标准曲线,计算样品的总多酚含量。

1.2.4 DPPH 自由基清除能力测定 向具塞试管中加入2 mL待测液和2 mL DPPH-乙醇溶液(0.1 mmol/L),摇匀,37℃避光保存30 min,测定517 nm处吸光度。取2 mL乙醇与2 mL DPPH-乙醇溶液(0.1 mmol/L)混匀,测定吸光度;取2 mL待测液与2 mL乙醇混匀,测定吸光度。选取维生素C(0.5 mg/mL)作为阳性对照,并按式(1)计算DPPH自由基清除率^[10]。

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

式中:

R——自由基清除率,%;

A_0 ——空白组吸光度;

A_1 ——样品组吸光度;

A_2 ——对照组的吸光度。

1.2.5 羟自由基清除能力测定 向试管中加入2 mL FeSO_4 溶液(6 mmol/L)、2 mL H_2O_2 溶液(6 mmol/L)、2 mL水杨酸溶液(6 mmol/L)和2 mL待测液,37℃反应1 h,测定517 nm处吸光度。以蒸馏水作为空白对照,以不含 H_2O_2 的待测液为对照组,选取维生素C(0.5 mg/mL)作为阳性对照,并按式(1)计算羟自由基清除率^[11]。

1.2.6 铁离子还原能力测定 取2.5 mL待测液依次加入2.5 mL 0.2 mol/L磷酸盐缓冲液(pH 6.6)、2.5 mL 1%铁氰化钾溶液,混匀,50℃水浴20 min后迅速冷却,加入2.5 mL 10%三氧乙酸(TCA)溶液,混匀,4 000 r/min离心10 min。取上清液2.5 mL,加入2.5 mL蒸馏水和0.5 mL 0.1%的 FeCl_3 溶液,混匀后静置10 min,测定700 nm处吸光度。以维生素C(0.5 mg/mL)作为阳性对

照,还原能力以吸光度值表示。

1.2.7 RAW264.7 细胞存活率测定 取对数期小鼠巨噬细胞 RAW264.7,接种于 96 孔板中,37 °C、5% CO₂ 恒温培养 12 h,分别加入 100 μL 8 种食品水提液,使每个样品孔的终质量浓度为 5 mg/mL。37 °C 培养 24 h,每孔加入 10 μL 5 mg/mL 的 MTT,37 °C 培养 4 h,弃去培养基,加入 150 μL DMSO,避光震荡摇匀,测定 490 nm 处吸光度值,并按式(2)计算细胞存活率。

$$S = \frac{A_1 - A_0}{A_2 - A_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

- S——细胞存活率,%;
- A₀——空白组吸光度;
- A₁——样品组吸光度;
- A₂——模型组吸光度。

1.2.8 RAW264.7 细胞液中 NO 含量测定 取对数生长期细胞接种于 96 孔板中,模型组加入 100 μL 终质量浓度为 1 μg/mL 的 LPS;样品组分别加入 100 μL 同浓度的 LPS 和 8 种食品水提液,使样品终质量浓度为 5 mg/mL;阳性药组加入 100 μL 同浓度的 LPS 和姜黄素溶液,使阳性药终浓度为 25 μmol/L。37 °C 孵育 24 h,吸取 50 μL 上清液,加入 50 μL 的 Griess A、Griess B 试剂,测定 540 nm 处吸光度值,并计算细胞液中 NO 含量。

1.2.9 RAW264.7 细胞液中 IL-6 含量测定 将细胞上清液于 4 °C 离心 10 min(3 000 r/min),按照 IL-6 ELISA 试剂盒操作说明测定细胞液中 IL-6 含量。

1.3 数据统计分析

所有试验均重复 3 次,表示为平均值±标准差,采用 SPSS 26.0 统计软件进行显著性差异分析及组间相关性分析(单因素 ANOVA 检验)。

2 结果与分析

2.1 总黄酮含量比较

以芦丁质量浓度为横坐标,吸光度为纵坐标绘制标准曲线,得回归方程为 $Y = 0.001\ 3X + 0.003\ 9$ ($R^2 = 0.998\ 8$),符合比尔定律,可用于总黄酮含量测定。由图 1 可知,黑枣与黑米的总黄酮含量最高且无显著性差异;黑豆与小米的次之,二者也无显著性差异;黑玉米和黑木耳的黄酮含量较低。

2.2 总多酚含量比较

以没食子酸质量浓度为横坐标,吸光度为纵坐标绘制标准曲线,得回归方程为 $Y = 0.011\ 9X - 0.02$ ($R^2 = 0.996\ 7$),符合比尔定律,可用于总多酚含量测定。由图 2 可知,黑豆与黑枣的总多酚含量最高,显著高于其总黄酮含量;其次为黑米,与总黄酮含量相当;小米的总多酚含量与总黄酮相当,但黑玉米的总多酚含量明显高于总黄

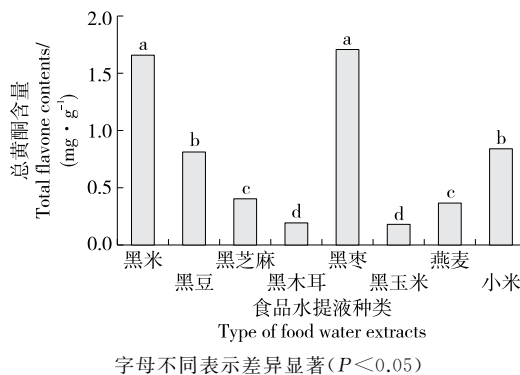


Figure 1 Total flavone contents of water extracts from eight kinds of food

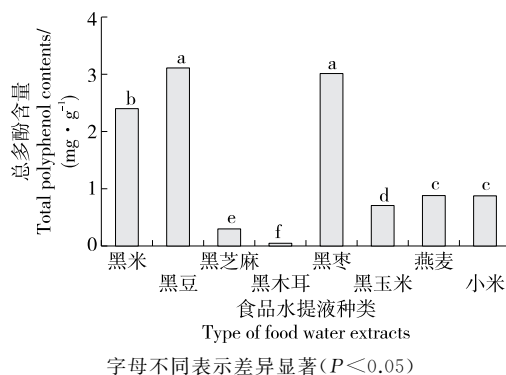


Figure 2 Total polyphenol content of water extracts from eight kinds of food

酮;黑木耳的总多酚含量仅为 0.083 mg/g。

2.3 抗氧化能力比较

2.3.1 DPPH 自由基清除能力 以维生素 C 作为阳性对照,当其质量浓度为 0.5 mg/mL 时,对 DPPH 自由基的清除率高达 98.56%,证明试验方法可行。由图 3 可知,当样品质量浓度为 1 mg/mL 时,黑枣的 DPPH 自由基清

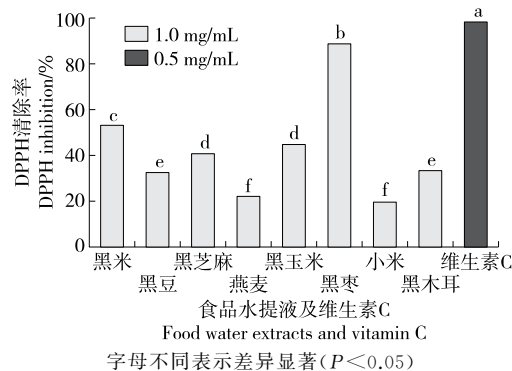


Figure 3 DPPH radical scavenging ability of water extracts from eight kinds of food

除能力最高达 89.48%，且与其他各组相比有显著性差异。其次是黑米，其清除率为 53.69%。黑玉米和黑芝麻也呈现出一定的抗氧化活性，其清除率分别为 45.27%，41.56%。而作为非黑色食品的小米和燕麦的 DPPH 自由基清除率最低，仅为 18.41% 和 22.74%。DPPH 自由基活性高低与总黄酮、总多酚含量基本一致，但黑玉米的却呈现较高活性，可能与其含有大量的具有强 DPPH 自由基清除能力的花青苷色素有关^[12]。

2.3.2 羟自由基清除能力 质量浓度为 0.5 mg/mL 的维生素 C 溶液对羟自由基的清除率为 50.51%，证明试验方法可行。由图 4 可知，羟自由基清除能力由高到低排序为黑枣>小米>黑豆>黑木耳>燕麦>黑米>黑芝麻>黑玉米。当样品质量浓度为 8 mg/mL 时，黑枣对羟自由基的清除率为 47.37%，而 DPPH 自由基清除率不佳的小米，其活性与黑枣的相当，达 46.46%，二者之间无显著性差异，可能是因为小米富含水溶性膳食纤维，其清除羟自由基的能力强于 DPPH^[13]。总黄酮、总多酚含量较少的黑木耳，其羟自由基清除能力却较好，可能与曹慧馨等^[14]发现的具有较高羟自由基清除活性的黑木耳多糖有关。

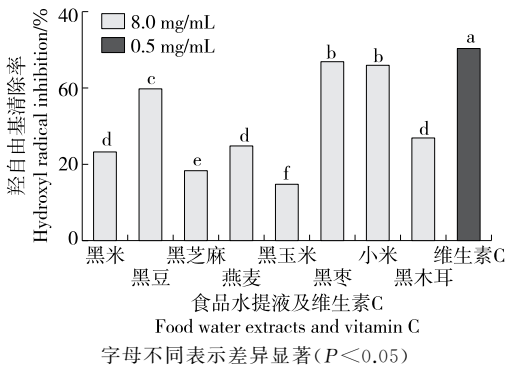


图 4 8 种食品水提液的羟自由基清除能力

Figure 4 Hydroxyl radical scavenging ability of water extracts from eight kinds of food

2.3.3 铁离子还原能力 质量浓度为 0.5 mg/mL 的维生素 C 溶液对铁离子的还原能力为 0.701 4，证明试验方法可行。由图 5 可知，铁离子还原能力由高到低排序为黑枣>黑米>小米>黑豆>黑芝麻>黑玉米>燕麦>黑木耳，与总黄酮含量排序基本保持一致，与何国云等^[15]的研究结果一致。同时，作为非黑色食品的小米表现出优于其他食品的还原能力。

2.4 抗炎能力比较

2.4.1 对 RAW264.7 细胞存活率的影响 由图 6 可知，当食品水提液质量浓度为 5 mg/mL、姜黄素为 25 μmol/L 时，其对细胞活力无显著抑制作用。根据细胞存活率结果，8 种食品水提液可使用 5 mg/mL 这一质量浓度进行

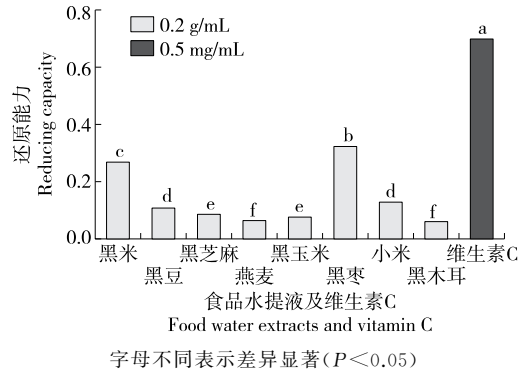


图 5 8 种食品水提液的还原能力

Figure 5 Reducing power of water extracts from eight kinds of food

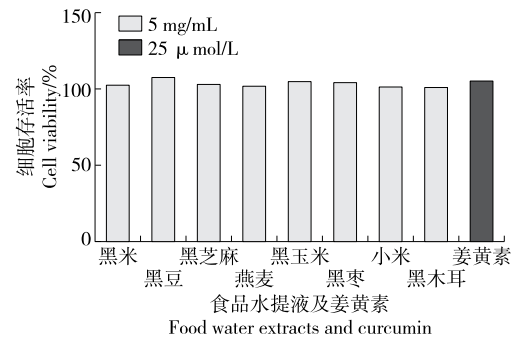


图 6 8 种食品水提液对 RAW264.7 细胞存活率的影响
Figure 6 Effects of water extracts from eight kinds of food on survival rate of RAW264.7 cells

后续细胞试验。

2.4.2 对 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞液中 NO 含量的影响 以姜黄素作为阳性对照，当其质量浓度为 25 μmol/L 时，NO 抑制率达 60.12%，证明试验造模成功且方法可行。由图 7 可知，当样品质量浓度为 5 mg/mL

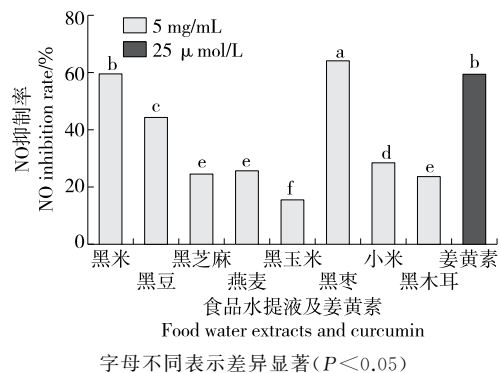


图 7 8 种食品水提液对 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞的 NO 抑制率

Figure 7 NO inhibitory rate of water extracts from eight kinds of food on LPS-induced RAW264.7 cells

时,黑枣与黑米的 NO 抑制率最强,达 64.92%,60.15%,且黑枣的 NO 抑制率显著大于黑米的($P < 0.05$)。其次为黑豆,其 NO 抑制率为 44.95%。同时,黑芝麻、燕麦、黑木耳和小米也表现出一定的 NO 抑制活性。

2.4.3 对 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞液中 IL-6 含量的影响 当姜黄素浓度为 25 $\mu\text{mol/L}$ 时,其 IL-6 抑制率为 50.16%,证明试验造模成功且方法可行。由图 8 可知,当样品质量浓度为 5 mg/mL 时,黑枣的 IL-6 抑制率高达 78.62%,显著高于其他组($P < 0.05$)。其次为黑米与黑豆,分别为 64.87%,56.98%,其活性趋势与 NO 抑制率基本一致。IL-6 抑制率活性由高到低排序为黑枣>黑米>黑豆>小米>黑芝麻>黑玉米>黑木耳>燕麦,与总黄酮、总多酚含量排序基本一致,其中小米因其富含特有的醇溶蛋白肽而呈现出良好的抗炎活性^[16]。

2.5 总黄酮、总多酚含量与抗氧化、抗炎活性之间的相关性

利用 SPSS 26.0 统计软件对 8 种不同食品的总黄酮、总多酚含量及其 DPPH 自由基清除能力、羟自由基清除

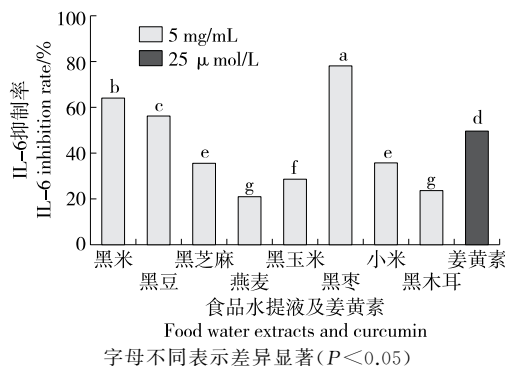


图 8 8 种食品水提液对 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞的 IL-6 抑制率

Figure 8 IL-6 inhibitory rate of water extracts from eight kinds of food on LPS-induced RAW264.7 cells

能力、铁离子还原能力、NO 抑制率和 IL-6 抑制率之间进行双变量相关性分析,所得 Pearson 相关系数及双侧显著性检验结果见表 1。

由表 1 可知,8 种食品水提液的总黄酮含量与总多酚

表 1 8 种食品水提液的总多酚、总黄酮含量与抗氧化、抗炎活性之间的相关性[†]

Table 1 Correlation between total polyphenol, total flavonoid content and antioxidant and anti-inflammatory activities of water extracts from eight kinds of food

指标	总黄酮含量	总多酚含量	DPPH 自由基清除率	羟自由基清除率	还原能力	NO 抑制率	IL-6 抑制率
总黄酮含量	1.000	0.810*	0.670	0.452	0.966**	0.960**	0.926**
总多酚含量		1.000	0.536	0.501	0.741*	0.873**	0.930**
DPPH 自由基清除率			1.000	0.156	0.827*	0.675	0.745*
羟自由基清除率				1.000	0.341	0.433	0.426
还原能力					1.000	0.925**	0.914**
NO 抑制率						1.000	0.950**
IL-6 抑制率							1.000

† ** 表示两者之间存在极显著相关性($P < 0.01$); * 表示两者之间存在显著相关性($P < 0.05$)。

含量呈显著正相关($P < 0.05$);总黄酮和总多酚含量与 DPPH 自由基清除能力、羟自由基清除能力和铁离子还原能力呈正相关,其中与还原能力之间的相关性最高($P < 0.01$)。同时,总黄酮、总多酚含量与 NO、IL-6 抑制率之间呈极显著正相关($P < 0.01$),表明多酚和黄酮是其发挥抗氧化和抗炎活性的主要物质基础。同时,8 种食品的抗氧化活性与抗炎活性也呈正相关。

3 结论

通过对比研究了黑米、黑豆、黑芝麻、黑木耳、黑枣、黑玉米、燕麦、小米 8 种食品水提液的总黄酮、总多酚含量与抗氧化、抗炎活性的相关性。结果表明,8 种食品水提液均含有总黄酮和总多酚,且含量差异较大,其抗氧化能力与抗炎能力亦存在一定的差异,且总黄酮、总多酚含量与抗氧化、抗炎活性之间存在一定的相关性。总体上,

黑枣的总黄酮和总多酚含量最高,黑枣的自由基清除力最强,其 DPPH 自由基清除能力、羟自由基清除能力和铁离子还原能力分别为 89.48%,47.37%和 0.331 6。同时,黑枣对 NO 和 IL-6 亦表现出较强的抑制活性。

综上,黑枣含有丰富的黄酮类和多酚类物质,并具有较强的抗氧化、抗炎活性,相比其他食品具有显著性优势。对于开发程度尚不高的黑枣,需进一步深入研究其活性成分及功效。

参考文献

[1] 罗芳丽, 申治富, 廖伯年, 等. 中医药治疗亚健康失眠的研究进展[J]. 黔南民族医学学报, 2022, 35(3): 232-235.
 LUO F L, SHEN Z F, LIAO B N, et al. Progress in the treatment of sub-health insomnia[J]. Journal of Qiannan Ethnic Medicine, 2022, 35(3): 232-235.

- [2] 曹清明, 王蔚婕, 张琳, 等. 国居民平衡膳食模式的践行:《中国居民膳食指南(2022)》解读[J]. 食品与机械, 2022, 38(6): 22-29.
CAO Q M, WANG W J, ZHANG L, et al. The practice of balanced diet model for Chinese residents: Interpretation of dietary guidelines for Chinese residents (2022)[J]. Food & Machinery, 2022, 38(6): 22-29.
- [3] ZHANG M W, ZHANG R F, ZHANG F X, et al. Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(13): 7 580-7 587.
- [4] KUMAR V, RANI A, DIXIT A K, et al. A comparative assessment of total phenolic content, ferric reducing-anti-oxidative power, free radical-scavenging activity, vitamin C and isoflavones content in soybean with varying seed coat colour [J]. Food Research International, 2010, 43(1): 323-328.
- [5] 李亚会, 汪学德, 李晨曦, 等. 黑芝麻与白芝麻各组分抗氧化物质及抗氧化活性研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(4): 37-41.
LI Y H, WANG X D, LI C X, et al. Study on the difference of function and quality between white sesame and black sesame [J]. Chinese Fats, 2018, 43(4): 37-41.
- [6] 张鑫鑫, 杨燕强, 花锦, 等. “沁州黄”小米营养成分及应用研究进展[J]. 食品与机械, 2022, 38(1): 222-229.
ZHANG X X, YANG Y Q, HUA J, et al. Research progress on nutrient components and application of the exported “Qinzhou Huang” millet[J]. Food & Machinery, 2022, 38(1): 222-229.
- [7] 代安娜, 张丽媛, 闵广柳, 等. 不同产地裸燕麦代谢产物差异分析[J]. 食品与机械, 2022, 38(3): 32-37.
DAI A N, ZHANG L Y, MIN G L, et al. Analysis on the difference of metabolites of naked oats from different produced areas[J]. Food & Machinery, 2022, 38(3): 32-37.
- [8] 吴芳, 李莉, 黄彭, 等. 艳山姜叶片和果实化学成分预试验及总黄酮含量测定[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(9): 172-174.
WU F, LI L HUANG P, et al. Preliminary test of chemical components and content determination of total flavonoids in leaves and fruits of alpinia zerumbet[J]. Anhui Agricultural Science, 2021, 49(9): 172-174.
- [9] 陈建国, 梁寒峭, 李雪, 等. 西沙诺尼果汁不同极性多酚及抗氧化活性的分析[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(2): 163-166.
CHEN J G, LIANG H Q, LI X, et al. Antioxidant activity of polyphenols with different polarities from Xisha noni juice[J]. Food and Fermentation Industry, 2015, 41(2): 163-166.
- [10] 屠万倩, 张留记, 夏曼玉, 等. 杜仲叶清除 DPPH 自由基动力学特性及抗氧化活性成分筛选[J]. 中国药理学杂志, 2022, 57(4): 264-268.
TU W Q, ZHANG L J, XIA M Y, et al. DPPH kinetic characteristics and identification of antioxidant compounds in Eucommia ulmoides leaves [J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2022, 57(4): 264-268.
- [11] 杭书扬, 杨留枝, 史苗苗, 等. 山药皮残渣多糖结构表征及抗氧化活性测定[J]. 食品与机械, 2023, 39(2): 153-158, 206.
HANG S Y, YANG L Z, SHI M M, et al. Characterization and antioxidant activity determination of polysaccharide from yam peel residue[J]. Food & Machinery, 2023, 39(2): 153-158, 206.
- [12] 路欣, 梁霞, 孟婷婷, 等. 山西主栽黑玉米营养成分及其抗氧化作用[J]. 现代食品科技, 2021, 37(1): 73-83.
LU X, LIANG X, MENG T T, et al. Nutritional components and antioxidant effects of main black maize in Shanxi[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(1): 73-83.
- [13] 王娟, 曹龙奎, 魏春红, 等. 小米硒化水溶性膳食纤维的抗氧化活性及对小鼠肠道菌群产色氨酸能力的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(11): 144-153.
WANG J, CAO L K, WEI C H, et al. Antioxidant activity of milletselenated water-soluble dietary fiber and its effect on tryptophan production capacity of intestinal flora in mice[J]. Food Science, 2021, 42(11): 144-153.
- [14] 曹慧馨, 吴迪, 王旭升, 等. 黑木耳多糖的降解及其产物抗氧化性[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(10): 15-21.
CAO H X, WU D, WANG X S, et al. Degradation of Auricularia auriculata polysaccharide and antioxidant activity of its products [J]. Food Research and Development, 2022, 43(10): 15-21.
- [15] 何国云, 耿红梅. 欧亚旋覆花不同溶剂提取物总多酚、总黄酮含量及还原能力测定[J]. 中国处方药, 2015, 13(12): 7-8.
HE G Y, GENG H M. Determination of the contents of total polyphenols and total flavonoids and their reducing capacity in different solvent extracts of Inula florica [J]. China Prescription Drugs, 2015, 13(12): 7-8.
- [16] 姬中伟, 戴甜甜, 毛健. 小米谷蛋白及醇溶蛋白结构特征[J]. 食品与机械, 2018, 34(6): 1-4.
JI Z W, DAI T T, MAO J. Structural characteristics of millet glutenin and gliadin[J]. Food & Machinery, 2018, 34(6): 1-4.

欢迎订阅 2024 年《粮油科学与工程》

《粮油科学与工程》期刊是经国家新闻出版署批准,《现代面粉工业》更名的期刊,由江苏省教育厅主管、江苏科技大学主办。被中国核心期刊(遴选)数据库、万方数据库、知网数据库、维普期刊数据库全文收录。

《粮油科学与工程》是一本中文科技期刊,是中国粮食行业协会小麦分会、江苏省粮油学会会刊。期刊为粮油领域的研究和学术交流搭建了新平台,旨在推动粮油领域的科学研究和技术创新,保障国家粮食安全。

《粮油科学与工程》主要刊载粮食、油脂、食品等方面的研究成果,栏目包括:粮油科学与工程、粮油质量与安全、粮油生产与管理、粮油经济与市场、粮油文化与教育、粮油营养与健康、粮油节约与减损、粮油创新与改良。

《粮油科学与工程》是国内外公开发行的刊物,邮发代号:28-343,国内统一连续出版物号:CN 32-1912/TS,国际标准连续出版物号:ISSN 2097-3551。双月刊,每月 15 日出版,大 16 开 56 页,每期定价 8.00 元,全年定价 48.00 元。

地址:江苏省镇江市丹徒区长晖路 666 号(邮编:212100)

投稿邮箱:xdmfgy@163.com jsmftx@163.com

编辑部电话:0511-84401750 13295222192(微信)