

蜜瓜籽不同溶剂提取物活性成分及抗氧化能力分析

刘聪¹, 王吉力特¹, 孙义¹, 苏日古格¹, 马捷², 张凡¹, 郭淑文¹

(1. 河套学院农学系 内蒙古巴彦淖尔 015000; 2. 巴彦淖尔市农牧业科学研究所 内蒙古巴彦淖尔 015000)

摘要:以河套地区 5 个不同品种蜜瓜籽(华莱士、银蜜、西州密 25 号、玉妃和红蜜)为研究对象,分别采用蒸馏水、70%乙醇、70%丙酮等不同溶剂进行提取,测定其总黄酮、总多酚和总多糖含量并与抗氧化活性进行相关性分析。结果表明,不同溶剂提取物抗氧化效果不同,70%乙醇提取物清除 DPPH 自由基、ABTS⁺自由基和抗氧化还原能力最强;华莱士瓜籽 70%乙醇提取物中总黄酮和总多酚含量(w,后同)最高,分别为 94.74、35.90 mg·g⁻¹;总多糖含量最高的是华莱士瓜籽水提取物,达 159.29 mg·g⁻¹。相关性分析表明,总多酚含量与 DPPH 自由基清除能力、ABTS⁺自由基能力和还原能力呈显著或极显著正相关,总黄酮含量与 DPPH 自由基清除能力、还原能力呈显著或极显著正相关。建议将 70%乙醇作为河套蜜瓜籽的提取溶剂,为河套蜜瓜副产物的进一步开发、提取和利用提供理论依据。

关键词:蜜瓜籽;抗氧化活性;总黄酮;总多酚;总多糖

中图分类号: S652

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2024)11-101-06

Active ingredients and antioxidant capacity analysis of different solvent extracts from melon seeds

LIU Cong¹, Wangjilite¹, SUN Yi¹, Suriguge¹, MA Jie², ZHANG Fan¹, GUO Shuwen¹

(1. Department of Agriculture, Hetao College, Bayannur 015000, Inner Mongolia, China; 2. Bayannur Institute of Agriculture and Animal Husbandry Science, Bayannur 015000, Inner Mongolia, China)

Abstract: In this study, distilled water, 70% ethanol and 70% acetone respectively were used as solvent to extract flavonoids, polyphenols and polysaccharides from five different cultivars of melon seeds (Hualaishi, Yinmi, Xizhoumi, Yufei and Hongmi). The correlation analysis between bioactive components and their antioxidant ability were explored. The results showed that fractions extracted by 70% ethanol from all samples expressed the best anti-redox capacity by significantly scavenging DPPH and ABTS⁺ radicals. Moreover, fractions extracted by 70% ethanol from Hualaishi melon seeds had the highest amount of total flavonoids (94.74 mg·g⁻¹) and total polyphenols (35.90 mg·g⁻¹) and fractions extracted by distilled water from Hualaishi melon seeds had the highest amount of total polysaccharides (159.29 mg·g⁻¹). The results of correlation analysis showed that the amount of total flavonoids and total polyphenols had significant positive correlations with the ability of scavenging DPPH, ABTS⁺ radicals and anti-redox. In conclusion, 70% ethanol was a potential preferences for extracting bioactive components from melon seeds and the findings would establish a theoretical basis for further research of by-products produced by Hetao melon.

Key words: Melon seed; Antioxidant activity; Total flavonoids; Total polyphenols; Total polysaccharides

蜜瓜为葫芦科甜瓜属厚皮甜瓜^[1],河套蜜瓜在内蒙古河套地区有着悠久的栽培历史,该地区位于黄河沿岸,日照时间长,昼夜温差大,常年干旱少雨,使得所产出的河套蜜瓜香气浓郁,肉厚鲜嫩,醇香甘甜,因其独特的风味以及丰富的营养成分一直备受人们青睐^[2]。

自由基种类繁多,其强反应性与高活性被认为

是疾病发生的第一大危险因素,不少疾病的起因均与自由基有关,对内可造成分子损伤,对外可表现出应激反应、炎症反应等,不利于延缓衰老与预防慢性病^[3]。抗氧化物质可以直接抑制自由基活性或清除生物体内的自由基,并且可以修复生物体内的氧化损伤^[4]。前人研究表明,植物提取物如多酚^[5]、黄酮^[6]、皂苷^[7]、多糖^[8]等活性成分可以有效清除自由

收稿日期: 2024-05-18; 修回日期: 2024-07-06

基金项目: 内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZY23048); 巴彦淖尔市科技创新驱动专项项目(K202115); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-25)

作者简介: 刘聪,女,讲师,研究方向为食品科学与功能因子。E-mail: liucong520wang@163.com

通信作者: 郭淑文,女,讲师,研究方向为农产品加工。E-mail: 275478975@qq.com

基,具有良好的抗氧化作用。中国是世界上最大的甜瓜生产国,而蜜瓜籽作为蜜瓜主要副产物常因籽粒小、口感差且难以加工利用而被丢弃,造成极大的资源浪费以及环境污染^[9]。前人研究表明,苹果籽^[10]、红花籽^[11]、花椒籽^[12]等的提取物具有一定的抗氧化作用,并且富含多种生物活性成分。当前有关蜜瓜籽提取物抗氧化作用的研究比较少,因此,笔者以华莱士、银蜜、西州密 25 号、玉妃和红蜜等 5 种不同河套蜜瓜籽为原料,采用蒸馏水、70%乙醇、70%丙酮等不同溶剂进行提取,并基于 DPPH 自由基清除率、ABTS⁺自由基清除率、还原能力评价等试验研究其抗氧化活性,以期河套蜜瓜籽抗氧化活性的研究提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料

试验采用的华莱士、银蜜、西州密 25 号、玉妃和红蜜等 5 种河套蜜瓜由巴彦淖尔市农牧业科学研究所提供,成熟度为八成熟、大小均匀、无机械损伤的果实。2022 年 7 月 10 日采摘于内蒙古巴彦淖尔市农牧业科学研究所试验田。

1.2 方法

蜜瓜前期处理:随机挑选八成熟的 5 种河套蜜瓜(银蜜、红蜜、玉妃、西州密 25 号、华莱士),取籽清洗干净,烘箱烘干 48 h(50 °C),用粉碎机粉碎,正己烷脱脂,过 60 目筛,密封冷藏备用(4 °C)。

1.2.1 蜜瓜籽不同溶剂提取液的制备 准确称取 1.00 g 不同品种蜜瓜籽样品,分别用不同溶剂(蒸馏水、70%乙醇、70%丙酮),按料液比 1:20(*m/V*),超声提取 40 min(480 W),3000 r·min⁻¹离心 10 min,将残渣再按照相同的试验条件提取 1 次,合并上清液,用相应的提取溶剂定容至 50 mL,进行抗氧化活性测定。

1.2.2 DPPH 自由基清除能力的测定 参考牛培荣等^[13]的方法并稍作修改。取 2 mL 蜜瓜籽提取液及 2.0 mL 20 mmol·L⁻¹的 DPPH 自由基溶液,摇匀后置于暗处化学反应 30 min,于 517 nm 测定吸光值,按照下列公式计算 DPPH 自由基清除能力:

$$\text{DPPH 自由基清除率}/\%=[1-(A_s-A_b)/(A_c-A_b)] \times 100。$$

其中, A_s 为样品 517 nm 处吸光度; A_b 为空白样品在 517 nm 处吸光度; A_c 为对照在 517 nm 处吸光度。

1.2.3 ABTS⁺自由基清除能力的测定 参照张福娟等^[14]并作修改,将 100 μL 蜜瓜籽提取液加入

700 μL 95%乙醇、3.2 mL 吸光值为 0.7 的 ABTS⁺溶液后,在 734 nm 处测定吸光值,记为 A 值。以不加样品为空白 A_0 值。按照下列公式计算 ABTS⁺自由基清除能力:

$$\text{ABTS}^+ \text{清除率}/\%=(A_0-A)/A_0 \times 100。$$

1.2.4 还原能力的测定 参照郭刚军等^[15]的方法并稍作修改,将 1 mL 蜜瓜籽提取液分别加入 1 mL 磷酸缓冲溶液(pH=6.6)和 1 mL 铁氰化钾溶液后 50 °C 水浴 20 min,再加入 1 mL 三氯乙酸、3000 r·min⁻¹离心 10 min 直到没有悬浮物为止。取离心后待测液 1 mL 入去离子水 1 mL 和 0.2 mL 三氯化铁溶液,50 °C 水浴 10 min,在 700 nm 处测定吸光值。

1.2.5 总黄酮含量的测定 参照张福娟等^[16]的方法并作修改,将蜜瓜籽提取液分别取 1 mL 于试管中各加 5%亚硝酸钠溶液 0.15 mL 摇匀放置 6 min,加 10%硝酸铝溶液 0.15 mL 摇匀,放置 6 min,加 1 mol·L⁻¹河套蜜瓜(银蜜、红蜜、玉妃、西州密 25 号、华莱士)氢氧化钠溶液 2 mL,再用 1.7 mL 乙醇溶液稀释至 5 mL,放置 15 min 后,分别在 510 nm 处测定其吸光度。

以芦丁为标准品建立方程: $y=1.3173x+0.0033$ ($R^2=0.9991$),其中 y 为待测样品于 510 nm 处的吸光度值, x 为芦丁质量浓度。以此标准方程计算样品总黄酮含量。

1.2.6 总多酚含量的测定 参照许瑞如等^[17]的方法并作修改。取样品溶液 1 mL 于 10 mL 试管中,加入 2.5 mL 10%福林酚试剂,再加 7.5% Na₂CO₃ 溶液 2 mL,中和后加蒸馏水定容至 10 mL,将溶液于 45 °C 水浴下反应 40 min,测定 765 nm 处的吸光度(A 值)。空白对照为不含样品的提取物溶液(以试剂空白做参比,试样平行 3 组)。

以没食子酸为标准品,建立方程: $y=0.0066x+0.0109$ ($R^2=0.9992$),其中 y 为待测样品于 765 nm 处的吸光度值, x 为没食子酸质量浓度。以此标准方程计算样品总多酚含量。

1.2.7 总多糖含量的测定 参照张华等^[18]的方法并作修改。取样品溶液 1 mL,加蒸馏水 1 mL,加 4%苯酚溶液 0.5 mL 及浓硫酸 2.5 mL,混匀,室温放置 20 min 使冷却,于 490 nm 处测定吸光度,根据回归方程(以试剂空白做参比,试样平行 3 组)以葡萄糖为标准品建立方程: $y=4.022x+0.0011$ ($R^2=0.9992$),其中 y 为待测样品于 490 nm 处的吸光度值, x 为葡萄糖质量浓度。以此标准方程计算样品总多糖含量。

1.3 统计分析

采用 Excel 软件对试验数据进行处理,采用 SPSS 21.0 软件进行差异显著统计分析。

2 结果与分析

2.1 5种蜜瓜籽不同溶剂提取物DPPH抗氧化活性分析

由表 1 可知,不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物对 DPPH 自由基均具有一定程度的清除作用。除玉妃和西州密 25 号瓜籽的水和丙酮提取物之间没有显著差异外,其他相同品种不同溶剂提取物清除率均有显著差异,相同品种不同溶剂提取物对

DPPH 自由基清除率高低依次为:70%乙醇提取物>水提取物>70%丙酮提取物。

在 3 种不同溶剂提取物中,华莱士瓜籽对 DPPH 自由基清除率均最高,分别为 77.95%、25.31%、18.61%,与其他品种均有显著差异;红蜜瓜籽对 DPPH 自由基清除率均最低,其中 70%乙醇、水提取物的 DPPH 自由基清除率与其他品种均有显著差异,但 70%丙酮提取物的 DPPH 自由基清除率与银蜜瓜籽无显著差异。总体而言,70%乙醇提取物的 DPPH 自由基清除相对高于水或 70%丙酮提取物的清除率,高低依次为:华莱士>玉妃>西州密 25 号>银蜜>红蜜。

表 1 5种蜜瓜籽不同溶剂提取物 DPPH 自由基清除率

Table 1 DPPH scavenging activity from different solvent extracts of five melon seeds %

溶剂 Solvent	银蜜 Yinmi	玉妃 Yufei	华莱士 Hualaishi	西州密 25 号 Xizhoumi 25	红蜜 Hongmi
70%乙醇 70% ethanol	57.43±2.66 aB	62.56±3.98 aB	77.95±2.19 aA	61.12±3.78 aB	47.44±2.72 aC
水 Water	21.42±0.94 bB	17.46±0.32 bC	25.31±1.64 bA	17.91±0.16 bC	12.27±1.06 bD
70%丙酮 70% acetone	3.24±0.50 cC	9.45±0.67 bB	18.61±0.11 cA	10.62±0.49 bB	2.79±0.41 cC

注:同列不同小写字母表示相同品种不同溶剂之间在 0.05 水平差异显著;同行不同大写字母表示相同溶剂不同品种之间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences between different solvents of the same variety at 0.05 level; different capital letters in the same line indicate significant differences between different varieties of the same solvent at 0.05 level. The same below.

2.2 5种蜜瓜籽不同溶剂提取物ABTS⁺自由基清除能力分析

由表 2 可知,不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物对 ABTS⁺自由基均有良好的清除作用,其大小依

次为:70%乙醇提取物>70%丙酮提取物>水提取物。除红蜜瓜籽提取物外,其他品种之间不同溶剂提取物的 ABTS⁺自由基清除率均有显著差异。

表 2 5种蜜瓜籽不同溶剂提取物 ABTS⁺自由基清除率

Table 2 ABTS⁺ scavenging activity of different solvent extracts of five melon seeds %

溶剂 Solvent	银蜜 Yinmi	玉妃 Yufei	华莱士 Hualaishi	西州密 25 号 Xizhoumi 25	红蜜 Hongmi
70%乙醇 70% ethanol	86.54±1.98 aB	73.94±2.67 aC	95.35±0.38 aA	76.38±1.43 aC	62.71±0.81 aD
水 Water	35.22±0.81 cA	39.01±0.97 cA	13.39±1.85 cB	33.00±0.43 cA	15.32±1.79 bB
70%丙酮 70% acetone	58.98±0.33 bB	60.42±1.05 bB	76.88±0.44 bA	50.25±0.71 bC	60.63±2.77 aB

5 种蜜瓜籽 70%乙醇提取物中,除玉妃与西州密 25 号瓜籽没有显著差异外,其他各品种之间均存在显著差异。华莱士瓜籽的 ABTS⁺自由基清除率最高,达 95.35%。水提取物中,玉妃瓜籽提取物对 ABTS⁺自由基清除率最高,达 39.01%。70%丙酮提取物中,ABTS⁺自由基清除率最高的是华莱士瓜籽,达 76.88%,华莱士瓜籽与其他品种均有显著差异;清除率最低的是西州密 25 号瓜籽提取物,达 50.25%。说明 70%乙醇提取物和 70%丙酮提取物对 ABTS⁺自由基有较强的清除能力,并且华莱士瓜籽的清除能力最高。

2.3 5种蜜瓜籽不同溶剂提取物对Fe³⁺还原能力分析

抗氧化剂可以将铁三吡啶三嗪 Fe 复合物还原为有色亚铁三吡啶三嗪络合物,吸光度越大,表明总还原能力越强^[9]。由表 3 可知,不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物都具有一定的 Fe³⁺还原能力,除了华莱士水提取物和 70%丙酮提取物外,相同品种不同溶剂提取物 Fe³⁺还原能力均有显著差异且大小依次为 70%乙醇提取物>水提取物>70%丙酮提取物。

5 种蜜瓜籽 70%乙醇提取物中,除银蜜与玉妃瓜籽没有显著差异外,其他不同品种蜜瓜籽之间均

表3 5种蜜瓜籽不同溶剂提取物 Fe³⁺还原能力

Table 3 Fe³⁺ reduction capacity of different solvent extracts from five melon seeds

溶剂 Solvent	银蜜 Yinmi	玉妃 Yufei	华莱士 Hualaishi	西州密 25 号 Xizhoumi 25	红蜜 Hongmi
70%乙醇 70% ethanol	0.69±0.01 aC	0.71±0.01 aC	1.22±0.01 aA	0.81±0.03 aB	0.52±0.01 aD
水 Water	0.27±0.01 bB	0.35±0.01 bA	0.32±0.01 cA	0.29±0.02 bB	0.26±0.01 bB
70%丙酮 70% acetone	0.19±0.01 cC	0.26±0.01 cB	0.71±0.01 bA	0.23±0.01 cB	0.19±0.00 cC

有显著差异,其中华莱士瓜籽提取物 Fe³⁺还原能力最高,为 1.22。水提取物中,华莱士与玉妃瓜籽没有显著差异,但与其他品种均有显著差异。70%丙酮提取物中,华莱士瓜籽与其他各品种均有显著差异,华莱士瓜籽对 Fe³⁺还原能力最强。总体而言,70%乙醇提取物的 Fe³⁺还原能力大小依次为华莱士>西州密 25 号>玉妃>银蜜>红蜜。

2.4 不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物总黄酮含量

由表 4 可知,不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物的总黄酮含量为 36.16~94.74 mg·g⁻¹,5 种蜜瓜籽不同溶剂提取物的总黄酮含量均为 70%乙醇提取物

>水提取物>70%丙酮提取物,除银蜜外,其他 4 个品种不同溶剂提取物之间均有显著差异。

5 种蜜瓜籽 70%乙醇提取物中的总黄酮含量,玉妃与西州密 25 号瓜籽不存在显著差异,其他各品种之间均存在显著差异,其中华莱士瓜籽总黄酮含量最高,达 94.74 mg·g⁻¹。水提取物中,华莱士瓜籽总黄酮含量最高,达 78.95 mg·g⁻¹。70%丙酮提取物中,银蜜瓜籽总黄酮含量高达 70.21 mg·g⁻¹,显著高于其他品种;但是华莱士与西州密 25 号、玉妃与红蜜瓜籽无显著差异。70%乙醇提取物中,华莱士总黄酮含量显著高于其他品种,其高低依次为华莱

表4 蜜瓜籽不同溶剂提取物中总黄酮含量

Table 4 Total flavonoids in different solvent extract of melon seeds

(mg·g⁻¹)

溶剂 Solvent	银蜜 Yinmi	玉妃 Yufei	华莱士 Hualaishi	西州密 25 号 Xizhoumi 25	红蜜 Hongmi
70%乙醇 70% ethanol	75.13±0.44 aC	82.53±0.57 aB	94.74±0.50 aA	82.05±0.47 aB	70.13±0.97 aD
水 Water	70.72±0.97 bB	67.82±0.92 bB	78.95±0.85 bA	61.75±0.84 bC	53.83±0.95 bD
70%丙酮 70% acetone	70.21±0.82 bA	36.16±0.41 cC	58.52±0.90 cB	52.00±0.92 cB	38.28±0.49 cC

士>玉妃>西州密 25 号>银蜜>红蜜。

2.5 不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物总多酚含量

由表 5 可知,不同溶剂对蜜瓜总多酚的提取效果有很大程度的影响,其范围值在 2.88~35.90 mg·g⁻¹;不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物的总多酚含量均表现为:70%乙醇提取物>70%丙酮提取物>水提取物,且均有显著差异。

5 种蜜瓜籽 70%乙醇提取物及 70%丙酮提取物中,各品种之间均有显著差异,其中华莱士及银蜜瓜籽 70%乙醇提取物中的总多酚含量较高,分别为 35.90、33.58 mg·g⁻¹。水提取物中,华莱士与除西州密 25 号瓜籽外的其他品种均有显著差异,但其含量较低,说明不同品种蜜瓜籽的总多酚提取不适合选用水溶剂。

表5 蜜瓜籽不同溶剂提取物中的总多酚含量

Table 5 Total polyphenols content in different solvent extract of melon seeds

(mg·g⁻¹)

溶剂 Solvent	银蜜 Yinmi	玉妃 Yufei	华莱士 Hualaishi	西州密 25 号 Xizhoumi 25	红蜜 Hongmi
70%乙醇 70% ethanol	33.58±0.12 aB	31.03±0.19 aD	35.90±0.07 aA	30.39±0.16 aE	31.87±0.05 aC
水 Water	3.01±0.01 cB	2.88±0.05 cB	4.12±0.02 cA	3.53±0.07 cAB	3.23±0.08 cB
70%丙酮 70% acetone	10.84±0.07 bA	10.37±0.05 bB	9.56±0.04 bC	7.45±0.03 bE	8.80±0.01 bD

2.6 不同品种蜜瓜籽提取物中总多糖含量

由表 6 可知,不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物中总多糖含量在 10.48~159.29 mg·g⁻¹,其中华莱士瓜籽水提取物总多糖含量最高,达 159.29 mg·g⁻¹。提取溶剂对蜜瓜籽多糖含量影响较大,从高到低基本顺序为水提取物>70%乙醇提取物>70%丙酮提取物。

2.7 蜜瓜籽中活性成分含量与抗氧化能力的相关性分析

由表 7 可知,3 种评价体外抗氧化活性方法之间具有显著相关性,与反应机制相符。不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物 DPPH 自由基清除率与总多酚、总黄酮含量均呈极显著正相关,相关系数分别为 0.958、0.766,与总多糖含量呈显著正相关,相关

表 6 蜜瓜籽不同溶剂提取物中的总多糖含量

溶剂 Solvent	银蜜 Yinmi	玉妃 Yufei	华莱士 Hualaishi	西州密 25 号 Xizhoumi 25	红蜜 Hongmi
70%乙醇 70% ethanol	145.97±1.86 bA	123.57±0.60 bD	135.31±1.09 bC	141.54±1.71 aB	140.05±0.95 aB
水 Water	152.29±0.55 aB	150.31±0.33 aC	159.29±0.51 aA	141.89±0.19 aD	142.32±0.64 aD
70%丙酮 70% acetone	10.48±0.30 cE	18.91±0.39 cB	51.01±0.32 cA	13.33±0.44 bD	16.28±0.38 bC

表 7 蜜瓜籽中活性成分含量与抗氧化能力的相关性分析

Table 7 Correlation coefficient of active ingredient content and antioxidant capacity in melon seeds

指标 Index	DPPH	ABTS ⁺	还原能力 Reducing capacity	总多酚含量 Total polyphenols content	总黄酮含量 Total flavonoids content	总多糖含量 Total polysaccharides content
DPPH	1					
ABTS ⁺	0.604*	1				
还原能力 Reducing capacity	0.884**	0.740**	1			
总多酚含量 Total polyphenols content	0.958**	0.522*	0.758**	1		
总黄酮含量 Total flavonoids content	0.766**	0.183	0.616*	0.726**	1	
总多糖含量 Total polysaccharides content	0.582*	0.196	0.375	0.642**	0.706**	1

注:**表示在 0.01 水平极显著相关;*表示在 0.05 水平显著相关。

Note: ** indicates extremely significant correlation at 0.01 level; * indicates significant correlation at 0.05 level.

系数为 0.582。ABTS⁺与总多酚含量呈显著正相关,相关系数为 0.522。还原能力与总多酚含量呈极显著正相关,与总黄酮含量呈显著正相关。说明不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物中总多酚类物质对其体外 3 种抗氧化能力都起着重要的作用。

3 讨论与结论

笔者首次以河套地区蜜瓜籽为研究对象,基于 DPPH 自由基清除率、ABTS⁺自由基清除率和铁还原能力等试验方法评价了 5 种不同品种蜜瓜籽不同溶剂提取物的抗氧化作用。试验结果表明,河套地区不同品种蜜瓜籽提取物的抗氧化能力不同。其中,华莱士蜜瓜籽 70%乙醇提取物与水或 70%丙酮提取物相比较,其 DPPH 自由基、ABTS⁺自由基的清除率更高和铁还原能力更强,说明其抗氧化能力与品种和溶剂相关。刘庆等^[20]研究表明,不同溶剂对石榴籽提取物的抗氧化活性影响较大,乙醇提取物的抗氧化活性比水提取物的更高。赵玉红等^[21]研究表明,鲁赫刺蔷薇叶不同溶剂提取物 DPPH 自由基清除能力、羟基自由基清除能力、总还原力作用依次为乙醇提取物>水提取物>丙酮提取物,该结果与本研究结果类似。穆兴燕等^[22]对刺梨不同溶剂提取物进行抗氧化活性评价,发现 60%乙醇提取

物的抗氧化活性最强。朱雨馨等^[23]研究表明,70%乙醇提取物的综合抗氧化能力最佳,其次是水提取物,抗氧化能力最弱的是乙酸乙酯提取物。本研究结果表明,华莱士瓜籽乙醇提取物 ABTS⁺自由基清除率高达 95.35%,可达到传统抗氧化剂维生素 C 的体外抗氧化水平^[24]。总体而言,不同溶剂提取物抗氧化能力不一致,极性大的溶剂提取物的抗氧化能力强,极性小的抗氧化能力弱一些。活性物质的抗氧化机制在于清除自由基、抑制酶促氧化反应等,其抗氧化作用的大小与总多糖、总黄酮和总酚含量有关。一般来说,多酚或黄酮含量越高,化合物抗氧化能力越强。本试验结果表明,不同品种蜜瓜籽 70%乙醇提取物中总黄酮、总多酚含量最高;总多酚含量与 DPPH 自由基清除率、ABTS⁺自由基清除率和还原能力均呈显著正相关,总黄酮含量与 DPPH 自由基清除率、还原能力均呈显著正相关,且总黄酮含量与 ABTS⁺自由基清除率未达显著正相关水平。研究发现,乙醇溶液中含有羟基,多酚类化合物可能与羟基结合产生氢键,增强相互作用,促使多酚类化合物在有机溶剂中更容易溶解^[25]。宋亚静等^[26]研究表明,总多酚、总多糖含量与 DPPH 自由基、羟基自由基清除能力呈显著相关,与本试验结果一致。在本研究中,由于不同活性成分之间存

在协同或拮抗作用,且不同活性成分在不同溶剂中的溶解性不同,因此,不同溶剂提取对河套蜜瓜籽活性物质含量和体外抗氧化活性的影响较大。

综上所述,建议将70%乙醇作为河套地区蜜瓜籽提取溶剂。本研究结果可为河套地区蜜瓜副产品在食品和保健品等方面的应用提供理论基础和参考依据。

参考文献

- [1] 徐莉莉,刘海英,刘静,等.成熟度及1-MCP对河套蜜瓜软化中物质代谢的影响[J].食品工业,2017,38(10):150-154.
- [2] 刘聪,李亚珍,尹嘉敏,等.不同贮藏温度对磴口华莱士蜜瓜质构特性、理化指标、感官品质变化及相关性分析[J].中国瓜菜,2022,35(1):47-53.
- [3] DI M S, VENDITTI P. Evolution of the knowledge of free radicals and other oxidants[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2020:9829176.
- [4] 李兴太,纪莹.线粒体氧化应激与天然抗氧化剂研究进展[J].食品科学,2015,36(7):268-277.
- [5] TADESSE D, RETTA N, GIRMA M, et al. *In vitro* antioxidant activities of plant polyphenol extracts and their combined effect with flaxseed on raw and cooked breast muscle fatty acid content, lipid health indices and oxidative stability in slow-growing sasso chickens[J]. Foods, 2023, 12(1):115.
- [6] GUO X L, REN T Z, LI H B, et al. Antioxidant activity and mechanism exploration for microwave-assisted extraction of flavonoids from *Scutellariae radix* using natural deep eutectic solvent[J]. Microchemical Journal, 2024, 200:110300.
- [7] LI H, ZHAI B T, SUN J, et al. Antioxidant, anti-aging and organ protective effects of total saponins from *Aralia taibaiensis*[J]. Drug Design Development and Therapy, 2021, 15:4025-4042.
- [8] 桂意云,贤武,梁强,等.甘蔗叶片多糖的提取及体外抗氧化作用[J].西南农业学报,2012,25(4):1218-1221.
- [9] 欧小球,唐瀚,谢向阳,等.我国西瓜甜瓜种业发展存在的问题及对策[J].中国瓜菜,2014,27(4):75-76.
- [10] 徐颖,樊明涛,冉军舰,等.不同品种苹果籽总酚含量与抗氧化相关性研究[J].食品科学,2015,36(1):79-83.
- [11] 何玉柱,王琼琼,崔瑞国,等.不同提取方法对红花籽油品质的影响及其抗氧化性的研究[J].食品工业科技,2024,45(20):262-270.
- [12] 慕钰文,黄玉龙,张辉元.花椒籽不同溶剂提取物的活性成分及抗氧化性比较[J].包装与食品机械,2021,39(3):21-26.
- [13] 牛培荣,李炜,夏美如,等.河套小麦胚芽源多肽的抗氧化活性研究[J].粮油食品科技,2023,31(4):87-94.
- [14] 张福娟,孙成行,李思凡,等.绿豆皮在不同溶剂中提取物的抗氧化成分及抗氧化活性研究[J].粮食与油脂,2021,34(4):151-155.
- [15] 郭刚军,胡小静,付稼榕,等.澳洲坚果青皮不同极性溶剂分步提取物功能成分与抗氧化活性及其相关性分析[J].食品科学,2021,42(7):74-82.
- [16] 张福娟,苏靖昕,王炜琪,等.花红果渣不同溶剂提取物的抗氧化成分及性能分析[J].粮食与油脂,2021,34(6):141-145.
- [17] 许瑞如,张秀玲,李振,等.桔梗根提取物不同溶剂萃取物的抗氧化活性[J].食品研究与开发,2021,42(1):31-36.
- [18] 张华,郑建东,马田林,等.响应面法优化微波提取夏枯草多糖及其抗氧化活性[J].化学研究与应用,2020,32(2):264-272.
- [19] 刘佳,向卓亚,朱柏雨,等.赶黄草叶不同溶剂提取物中活性成分、抗氧化活性及胰脂肪酶抑制活性对比[J].食品工业科技,2024,45(20):223-231.
- [20] 刘庆,陈琼,李化强,等.不同溶剂对石榴籽提取物抗氧化活性的影响[J].邵阳学院学报(自然科学版),2020,17(4):70-76.
- [21] 赵玉红,师帅帅,张立钢.‘鲁赫’刺蔷薇叶不同溶剂提取物的活性成分及抗氧化性比较[J].现代食品科技,2019,35(5):159-166.
- [22] 穆兴燕,吴胜,郭银萍,等.不同溶剂提取对刺梨物质含量变化及抗氧化活性的影响[J].食品研究与开发,2023,44(17):68-75.
- [23] 朱雨馨,王文斌,王佳婧,等.富锗木耳菌丝体不同溶剂提取物的体外抗氧化能力[J].食品工业科技,2024,45(8):21-28.
- [24] 徐韶棠,杨轶滢,王艺瑾,等.4种植物提取物的体外抗氧化活性比较[J].食品研究与开发,2022,43(24):66-72.
- [25] LOPES A P, PETENUCCI M E, GALUCH M B, et al. Evaluation of effect of different solvent mixtures on the phenolic compound extraction and antioxidant capacity of bitter melon (*Momordica charantia*) [J]. Chemical Papers, 2018, 72 (11) : 2945-2953.
- [26] 宋亚静,林前锦,吴妍欣,等.茭白提取物及不同溶剂萃取物的抗氧化活性研究[J].粮食与油脂,2023,36(11):138-143.