

朝鲜蓟多酚类化合物研究进展

Research progress of polyphenolic compounds in artichoke

师明月¹ 曹清明^{1,2} 钟文惠¹ 易英建¹

SHI Ming-yue¹ CAO Qing-ming^{1,2} ZHONG Wen-hui¹ YI Ying-jian¹

方艺¹ 张智昆¹ 周文化^{1,2}

FANG Yi¹ ZHANG Zhi-kun¹ ZHOU Wen-hua^{1,2}

(1. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南长沙 410004;

2. 中南林业科技大学特医食品加工湖南省重点实验室, 湖南长沙 410004)

(1. Faculty of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 2. Hunan Key Laboratory of Processed Food for Special Medical Purpose, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

摘要:文章对近年来关于朝鲜蓟中多酚类化合物的提取方法、分析方法、化学成分及生物活性等方面的研究成果进行了综述,希望能够将国内外尤其是国外对朝鲜蓟多酚化合物的研究成果,加以推广利用。现代医学对朝鲜蓟药用价值的认可以及朝鲜蓟产品的推广,将对人们的健康和长寿带来极大的益处。

关键词:朝鲜蓟;多酚;提取;定性定量分析;生物活性

Abstract: Artichoke has important nutritional and medicinal value and great development potential in the application of health food. In this review, the recent research results on extraction methods, analytical methods of artichoke, its chemical components and biological activities of polyphenols were summarized. It is hoped that national and international research results, can be popularized and utilized. The recognition of artichoke medicinal value in modern medicine and the promotion of artichoke products will bring great benefits to people's health and longevity.

Keywords: artichoke; polyphenolic compounds; extraction; qualitative and quantitative analysis; biological activities

朝鲜蓟(*Cynara scolymus* L.)为菊科菜蓟属多年生草本植物,又名菜蓟、洋蓟、菊蓟、荷花百合、法国百合,被誉为“蔬菜之皇”,原产于地中海沿岸,公元前 4 世纪,朝鲜蓟就作为

药食兼用的菊科植物,已被古埃及人、希腊人和罗马人所欣赏,对地中海农业经济作出了重大贡献。中国 19 世纪从法国引进栽培,现已有 100 多年的栽培历史,朝鲜蓟在中国的种植正逐年增加^[1],主要分布在上海、浙江、云南、山东、湖南及北京等地。朝鲜蓟花苞可食用,其提取物长期以来一直用于民间医药^[1]。

朝鲜蓟含有丰富的多酚类化合物^[2-4],其提取物体外具有抗氧化^[5]、抑菌^[6]、抗癌抗肿瘤^[7]、保肝^[8]及改善高胆固醇血症^[9]等功效,试验表明,标准化的朝鲜蓟提取物胶囊临床有降低高胆固醇血症患者血浆胆固醇^[10]、降低肠易激综合征^[11]、减肥^[12]、降低糖尿病患者糖代谢参数^[13]以及改善消化^[14-15]等作用。为了促进中国对该属植物的综合开发和利用,本文拟对其多酚类化合物成分、提取方法、分析测定方法及生物活性等方面的研究成果进行综述,为其开发利用提供参考。

1 朝鲜蓟中的多酚类物质

朝鲜蓟的酚类化合物主要包括黄酮(包括花色素类)和酚酸类化合物(阿魏酸衍生物、奎尼酸衍生物、咖啡酰奎尼酸衍生物)以及香豆素类化合物。

1.1 黄酮类化合物

朝鲜蓟中的黄酮类化合物主要为木犀草素糖苷类化合物、芹菜素糖苷类化合物和花青素类化合物。

Romani 等^[16]通过对品种 Violetto di Toscana 和意大利广泛栽培的品种 Terom 的不同部位(叶片、外苞、花苞和茎)的酚类化合物进行 HPLC-DAD-MS 分析,结果表明,相比于其他部位,叶子的黄酮类化合物含量最高。Dranik 等^[17]最早从朝鲜蓟叶中提取了木犀草素苷、木犀草素芸香苷和木犀草素的三糖苷。木犀草素类化合物是朝鲜蓟叶的主要成分,

基金项目:湖南省自然科学基金(编号:2016JJ5016);湖南省教育厅重点项目(编号:17A2292017);中南林业科技大学大学生研究性学习与创新性实验计划项目(编号:2018075)

作者简介:师明月,女,中南林业科技大学在读硕士研究生。

通信作者:曹清明(1968—),女,中南林业科技大学副教授,博士。

E-mail: cqm2000en@163.com

收稿日期:2018-06-26

而其他部位主要成分不是木犀草素类化合物。Mulinacci等^[18]发现木犀草素苷、木犀草素芸香苷是朝鲜蓟叶中含量最高的2种黄酮类化合物,Orlovskaya等^[19]检测到朝鲜蓟叶中木犀草素-7-糖苷占酚类化合物35.19%,Sarawek等^[20]研究也证实了,朝鲜蓟叶提取物主要黄酮是木犀草素-7-葡萄糖苷,其次是木犀草素-7-葡萄糖苷酸;Gebhardt等^[21]检测到了叶中的木犀草素-7-葡萄糖醛酸。Schütz等^[22]研究朝鲜蓟头、果汁和果渣中的黄酮类化合物发现芹菜素-7-葡萄糖醛酸是所有研究样品中的主要黄酮类化合物,在朝鲜蓟头中为1 002 mg/kg·DM(dry matter),在朝鲜蓟果渣中为1 318 mg/kg·DM;Wang等^[5]也检测到了外苞和头上有芹菜素-7-葡萄糖醛酸苷;Lombardo等^[4]也证明了芹菜素-7-葡萄糖醛酸苷是主要的黄酮类化合物,其含量为6 298 mg/kg·Romanesco clone C3(品种)花托干物质。

Wang等^[5]用HPLC法分析朝鲜蓟叶片、成熟头苞和未成熟头苞中多酚化合物,检测到,除了木犀草素外,朝鲜蓟中最常见的2种黄酮类化合物木犀草素-7-葡萄糖苷和木犀草素-7-芸香糖苷,以及外苞和头上有芹菜素-7-葡萄糖醛酸苷,外苞还有少量的木犀草素-7-葡萄糖醛酸苷,嫩叶有木犀草素-7-丙二酰基-β-D-葡萄糖苷。

Lombardo等^[4]检测到了柚皮素-7-葡萄糖苷和柚皮素-7-芸香糖苷为朝鲜蓟中的少量酚类化合物。El-Negoumy等^[23]也检测到了朝鲜蓟花中的柚皮素、柚皮素-7-葡萄糖苷、柚皮素-7-芸香糖苷和芹菜素-7-葡萄糖苷以及芹菜素-7-芸香糖苷、芹菜素-7,4'-二葡萄糖苷以及木犀草素-3'-葡萄糖苷、木犀草素-4'-葡萄糖苷和木犀草素-7,4'-二葡萄糖苷等化合物。Hinou等^[24]报道朝鲜蓟叶中有橙皮素、橙皮素-7-芸香糖苷和芦丁。Orlovskaya等^[19]报道了新鲜朝鲜蓟叶中酚类化合物含少量的二氢槲皮素、牡荆素、荜草素、金丝桃苷、橙皮苷,在干燥的朝鲜蓟叶的水提取物中检测到了刺楸苷(1.27%)。

酚类化合物一般以结合态存在。Lattanzio等^[25]研究朝鲜蓟球在生长和冷藏过程中酚类化合物的变化,结果表明,酚类物质都以结合状态存在于新鲜健康的头苞,在新鲜的头苞中,只检测到痕量的游离芹菜素和木犀草素,而在严重受伤的头苞中,发现了可测量的芹菜素和木犀草素。

与酚类和类黄酮的研究相比,花青素的数据很少。Aubert等^[26]鉴定了朝鲜蓟花、苞片和叶中的矢车菊素3,5-二葡萄糖苷、矢车菊素3-咖啡酰槐糖苷-5-葡萄糖苷、矢车菊素3-槐糖苷、矢车菊素3-葡萄糖苷、矢车菊素3-咖啡酰槐糖苷和矢车菊素3-咖啡酰葡萄糖苷。Schütz等^[27]鉴定了13个花色苷。包括矢车菊素衍生物10个,芍药素衍生物2个和1种飞燕草素衍生物。13种花色苷中,有6种带丙二酰葡萄糖取代基团,1种为丙二酰槐糖苷。

1.2 咖啡酰奎宁酸类化合物

咖啡酰奎宁酸类化合物,是一类由奎宁酸与数目不等的咖啡酸通过酯键连接而成的酚酸类天然成分^[28]。朝鲜蓟是咖啡酰奎宁酸类化合物的丰富来源,朝鲜蓟累积咖啡酸(3,4-二羟基-肉桂酸)残基,单和二咖啡酰奎宁酸作为主要化学

成分。朝鲜蓟的单咖啡酰化合物主要有1-O-咖啡酰奎宁酸、3-O-咖啡酰奎宁酸(新绿原酸)、4-O-咖啡酰奎宁酸(隐绿原酸)和5-O-咖啡酰奎宁酸(绿原酸),其中绿原酸含量最丰富^[3];二咖啡酰奎宁酸主要有1,3-二咖啡酰奎宁酸、1,4-二咖啡酰奎宁酸、1,5-二咖啡酰奎宁酸、3,4-O-二咖啡酰奎宁酸和3,5-O-二咖啡酰奎宁酸,其中1,5-二咖啡酰奎宁酸含量最丰富,其次是3,4-O-二咖啡酰奎宁酸^[1]。

洋蓟素是朝鲜蓟提取物(头和叶)最常提及的一种咖啡酰奎宁酸类衍生物,具有保肝、促进胆汁分泌和降低胆固醇的作用。Panizzi等^[29]1954年首次从朝鲜蓟叶子提取得到洋蓟素单体化合物,并将其解析为1,4-O-二咖啡酰奎宁酸。1965年Panizzi重新解析其结构为1,5-O-二咖啡酰奎宁酸,根据现行有机化合物命名法其名称为1,3-O-二咖啡酰奎宁酸^[1]。Zhu等^[30]将朝鲜蓟叶的提取液进行分离也得到了洋蓟素。洋蓟素的活性很强,但含量不高^[1],所以有时检测不到。Lattanzio等^[31]研究表明朝鲜蓟头中的洋蓟素含量为61.2 mg/100 g·DW,是其他几种二咖啡酰奎宁酸的0.07~0.42倍;Azzini等^[32]研究朝鲜蓟头酚类成分,在烹饪后才检测到了洋蓟素。

绿原酸是朝鲜蓟的主要单咖啡酰奎宁酸类化合物。Lombardo等^[4]研究朝鲜蓟的多酚成分发现,每千克Violetto di Sicilia内苞片干物质中,含有14 841 mg。Schütz等^[22]研究朝鲜蓟头、果汁和果渣中的咖啡酸类化合物表明绿原酸含量丰富,其含量仅次于1,5-O-二咖啡酰奎宁酸,在朝鲜蓟头中含有3 143 mg/kg·DM,在果渣中含量为2 033 mg/kg·DM。

Schütz等^[22]研究朝鲜蓟头、果汁和果渣中的咖啡酰奎宁酸发现1,5-O-二咖啡酰奎宁酸代表主要的羟基肉桂酸,在朝鲜蓟头中含有3 890 mg/kg·DM,在果渣中含量为3 269 mg/kg·DM,而在果汁中1,3-O-二咖啡酰奎宁酸(洋蓟)占主导地位,可能是加工期间的异构化造成的。

朝鲜蓟组织的咖啡酰奎宁酸衍生物含量取决于组织的生理阶段。Wang等^[5]研究了3个品种朝鲜蓟(绿球、帝王星和紫罗兰)叶、头的抗氧化酚类化合物,结果表明:叶子含有最高浓度的总酚,未成熟头苞的比成熟头苞的更高;3种洋蓟品种中,帝王星叶含有最高浓度的酚,而紫罗兰含量最低。

朝鲜蓟主要酚类化合物在贮藏加工过程中会发生转化。Lattanzio等^[25]研究表明,朝鲜蓟的健康头部在20℃下贮藏2周或在4℃下贮藏1个月时,咖啡酸显著增加,在20℃下增加最明显。受伤的头苞(内部黑色化)在20℃贮藏2周,咖啡酸和其他大多数酚类物质均有所减少,而头部严重受损时,储存同一时间段,发现咖啡酸为存在于新鲜适销的头苞咖啡酸总量的1/2以下。然而,在4℃贮藏1个月的受伤头苞,咖啡酸的减少进程较慢。Gil-Izquierdo等^[33]研究表明,朝鲜蓟经贮藏后其内苞中总酚、绿原酸和1,4-二咖啡酰奎宁酸+4,5-二咖啡酰奎宁酸含量升高,特别是在2,5,7℃而1,5-二咖啡酰奎宁酸+3,5-二咖啡酰奎宁酸从260 mg/kg降低到150 mg/kg,说明酚类化合物已经发生了转化。Azzini等^[32]研究发现朝鲜蓟烹饪后,绿原酸含量稍有增加,单咖啡酰奎宁酸和二咖啡酰奎宁酸的增加。

1.3 香豆素类化合物

Hinou 等^[24]报道朝鲜蓟叶中有 7-羟基-6-甲氧基香豆素和 7-羟基-6-*O*- β -葡萄糖-香豆素。Orlovskaya 等^[19]报道了 4-羟基-香豆素。Vigh 等^[34]也报道了朝鲜蓟干叶中含有 7-羟基-6-甲氧基香豆素。

1.4 其他酚酸

Orlovskaya 等^[19]研究表明,在新鲜朝鲜蓟叶的酚类化合物中,咖啡酸为 38.55%、熊果苷为 9.31%;而朝鲜蓟干燥叶的水提取物中酚类化合物中含没食子酸(23.48%)、菊苣酸(5.86%)和阿魏酸(5.54%)。Azzini 等^[32]研究朝鲜蓟生物活性分子的吸收和代谢发现,口服朝鲜蓟后 8 h 血液二氢咖啡酸和二氢阿魏酸水平显著升高,证实了摄取朝鲜蓟后羟基肉桂酸代谢物的吸收利用。

2 朝鲜蓟中多酚物质的提取

多酚化合物常见的提取方法有溶剂提取法、超声辅助提取法、微波辅助提取法、酶辅助提取法以及超临界流体萃取法等。其主要化合物绿原酸易溶于乙醇、丙酮、甲醇等极性溶剂,微溶于乙酸乙酯,难溶于氯仿、乙醚、苯等亲脂性有机溶剂。由于自身的不稳定性,提取时不能高温、强光及长时间加热。

在多酚化合物提取过程中,可根据所用溶剂的不同,将溶剂提取法分为热水提取法、醇(甲醇或乙醇)提取法等。由于热水提取法会造成提取物中含有较多杂质,故不常用。目前,对于朝鲜蓟中多酚化合物的提取,可根据多酚化合物的成分选择适当浓度的醇溶剂进行提取。

宋曙辉等^[35]采用甲醇、乙醇等溶剂对朝鲜蓟中的多酚进行超声波提取,结果表明,最佳条件为提取功率 650 W,提取时间 20 min,提取温度 30 °C,料液比 1:20 (g/mL),70% 乙醇作为溶剂,该条件下多酚提取率为 4.06%。

由于朝鲜蓟中的多酚化合物比较复杂,对其提取不止局限于一种方法,通常将 2 种或 2 种以上的方法相结合来提高提取率。张俊等^[36]采用微波辅助与溶剂提取相结合的方法,并通过单因素试验和正交试验,确定最佳条件为料液比 1:8 (g/mL),提取液 pH 7,微波功率 700 W 及处理时间 90 s,在此条件下,朝鲜蓟叶多酚提取率可达 2.27%。赵友谊等^[37]选用溶剂回流提取的方法,对影响朝鲜蓟叶中黄酮及酚酸提取率(以咖啡酸含量为指标)的因素进行了考察,得到最佳提取工艺为 60% 乙醇,液料比 10:1 (mL/g),提取 3 次,每次 2 h,最佳工艺条件下,总酚酸的平均含量为 5.01%,总黄酮及酚酸的平均提取率为 95.74%。

3 朝鲜蓟中多酚的定性和定量分析

常用于多酚化合物分析测定的方法有:分光光度法、高效液相色谱法、液相色谱-质谱联用法等。分光光度法可以用来对总酚进行定性和定量分析,高效液相色谱法和液相色谱-质谱联用法可以对柱分离后的单体化合物进行定性和定量分析。

3.1 分光光度法

分光光度法包括紫外-可见分光光度法、Folin-Ciocalteu

比色法、原子吸收分光光度法和酒石酸亚铁分光光度法^[38]等,分光光度法可以测定天然产物中的总酚含量^[39]。冯丽等^[40]研究 3 个品种朝鲜蓟(帝王、绿宝石、德引)的总酚含量,Fratianni 等^[41]研究朝鲜蓟不同部位的总酚含量以及 Rezazadeh 等^[42]研究盐度对洋蓟叶片酚类成分的影响,都采用了 Folin-Ciocalteu 法。

3.2 高效液相色谱法

高效液相色谱法常用于多酚类化合物的分离,结合标准样品分析单体化合物的含量,此法具有灵敏度高、线性范围宽、分析快速等优点^[43]。曹佩琴等^[44]建立了同时测定朝鲜蓟叶中绿原酸(3-咖啡酰奎尼酸)和洋蓟素(1,5-二咖啡酰奎尼酸)的高效液相色谱方法,测定了朝鲜蓟叶中绿原酸和洋蓟素的含量分别为 1.01% 和 0.026%。Gil-Izquierdo 等^[33]用 HPLC 法测定了内部苞叶总酚含量大大高于外部含量(鲜叶中分别为 618,74 mg/kg)。Azzini 等^[32]采用 HPLC-DAD 测定了生、熟朝鲜蓟头的多酚含量变化。张俊等^[45]采用 UPLC 法外标法测得朝鲜蓟叶中绿原酸含量(质量分数)为 1.52%。Orlovskaya 等^[19]用液相色谱法测定新鲜朝鲜蓟叶中酚类化合物含量,结果表明,木犀草素-7-葡萄糖苷为 35.19%、芦丁为 0.08%、二氢槲皮素为 0.91%、牡荆素(Apigenin 8-*C*- β -*D*-glucoside) 5.31%、荜草素(木犀草素-8-*C*-葡萄糖苷)为 0.46%、金丝桃苷(槲皮素 3- β -*D*-半乳糖甙)为 0.01%、橙皮苷为 2.33%、4-羟基香豆素为 0.88%、绿原酸为 0.10%、新绿原酸为 6.88%、咖啡酸为 38.55%、熊果苷为 9.31%。而朝鲜蓟干燥叶的水提取物中酚类化合物与新鲜朝鲜蓟叶相比,没有检测到二氢槲皮素、牡荆素、荜草素、橙皮苷、4-羟基香豆素和熊果苷,但新检测到的酚类物质为芹菜素(0.89%)、刺槐苷(1.27%)、没食子酸(23.48%)、菊苣酸(5.86%)和阿魏酸(5.54%)。其结果证实了木犀草素-7-葡萄糖苷为朝鲜蓟叶中主要的黄酮类化合物。

3.3 液相色谱-质谱联用法

高效液相色谱-质谱联用法,可将天然产物的粗提取物进行快速分离、基于碎片离子信息的组分鉴定,以及定量分析,具有灵敏度高,样品用量少,分析速度快等特点。Lombardo 等^[4]采用 HPLC-DAD-ESI/MSⁿ 法鉴定了 19 种酚类化合物,Mulinacci 等^[18]利用 HPLC/MS 法鉴定了 4 个单咖啡酰奎尼酸酯、5 种二咖啡基奎尼酸酯和 5 种木犀草素衍生物。罗葵等^[46]采用液相色谱-电喷雾串联四极杆质谱方法(LC-MS/MS)研究发现朝鲜蓟罐头食品中绿原酸含量最高,平均值为 625.701 μ g/g,洋蓟素平均值为 315.823 μ g/g。Pandino 等^[47]用 HPLC-DAD-MS/MS 法分析了不同品种朝鲜蓟(Blanc Hyerois、Nobre、Tema 2000、Tempo F1、Tondo di Paestum、Violetto di Sicilia)在不同部位的多酚分布,结果表明,品种和部位不同的酚类含量差异显著,其中,绿原酸含量范围为:2 278 mg/kg · DM(Tondo di Paestum)至痕量(Nobre);1,5-*O*-二咖啡酰奎尼酸含量范围为:83 mg/kg · DM(Blanc Hyerois)至 1 986 mg/kg · DM(Tondo di Paestum)。Schütz 等^[27]对 4 个栽培种头苞提取物进行质谱分析,结果表明,不同品种之间花青素含量差别很大,总含量范围为 8~

1 705 mg/kg·干基。矢车菊素 3-(6"-丙二酰)葡萄糖苷是所有分析样品中的主要花色苷。

4 朝鲜蓟酚类化合物的生物活性

4.1 抗氧化活性

氧自由基参与许多疾病的病理生理学,如炎症、缺血性心脏病、癌症等^[48]。朝鲜蓟可能由于多酚化合物的存在而具有良好的自由基清除能力,能够防止脂类的过氧化,抑制过氧化氢引起的溶血以及过氧化物对细胞的氧化。

宋曙辉等^[49]采用 DPPH 法、ABTS 法对朝鲜蓟叶提取物进行了体外抗氧化试验,结果表明,朝鲜蓟叶片提取物清除 DPPH· 的 IC_{50} 值为 $(283.5 \pm 0.69) \mu\text{g/mL}$ 、 IC_{75} 值为 $(443.6 \pm 0.74) \mu\text{g/mL}$; ABTS⁺ 的 50% 为 $104 \mu\text{g/mL}$ 时,随着提取物浓度的增加,对 ABTS⁺ 自由基的抑制率也逐渐增大。杨海英等^[50]通过超氧阴离子法研究了朝鲜蓟叶提取物的抗氧化活性。当朝鲜蓟叶提取物浓度为 0.8 mg/mL 时,朝鲜蓟提取物对超氧阴离子的清除率达到 92.92%。

通过对朝鲜蓟提取物活性的物质基础的研究表明,抗氧化活性与酚羟基的数量有关,多羟基数目显示出高抗氧化物活性,邻位或对位加入第二个羟基也能增加抗氧化物活性。Wang 等^[5]对分离得到的化合物用 DPPH 法进行活性检测,其活性为洋蓟素(每个酚环上有 2 个相邻羟基) > 木犀草苷、木犀草素-7-芸香糖苷(1 个环上有 2 个相邻的羟基,第二个环上只有 1 个羟基) > 绿原酸、1-咖啡酰奎宁酸(同一酚环上 2 个相邻羟基) > 芹菜素-7-芸香糖苷、柚皮芸香苷(2 个羟基在分开的酚环上)。Ševčíková 等^[51]用 DPPH 法测得多酚的活性为:二咖啡酰奎宁酸 > 木犀草素-7-葡萄糖苷 > 绿原酸。Jun 等^[52]通过 HPLC-MS 和 NMR(¹H 和 ¹³C) 鉴定了朝鲜蓟中显示抗氧化活性的物质为洋蓟素,并采用 DPPH 法和 ABTS 法测定了其抗氧化活性, EC_{50} 分别为 5.56, 15.83 $\mu\text{g/mL}$ 。Gil-Izquierdo 等^[33]研究表明朝鲜蓟是天然抗氧化剂的重要来源,朝鲜蓟内部苞片中的酚类物质比外部苞片高 10 倍。在收获后,贮藏后内苞总酚为 618 mg/kg,绿原酸为 143 mg/kg,1,4-二-咖啡酰奎尼酸 + 4,5-二咖啡酰奎尼酸为 207 mg/kg,1,5-二咖啡酰奎尼酸 + 3,5-二咖啡酰奎尼酸为 260 mg/kg。Pérez-García 等^[53]研究发现,朝鲜蓟叶提取物和纯组分的洋蓟素,咖啡酸,绿原酸和木犀草素都以浓度依赖型降低了 H₂O₂ 诱导的人白细胞氧化,朝鲜蓟叶提取物浓度在 10~100 $\mu\text{g/mL}$ 时抑制率为 50%。测定的纯组分在较低浓度 3.5~9.0 $\mu\text{g/mL}$ 下显示相同的抑制水平,绿原酸为 3.5 $\mu\text{g/mL}$ (抑制率 66.1%),洋蓟素为 5.2 $\mu\text{g/mL}$ (55.2%),咖啡酸为 5.7 $\mu\text{g/mL}$ (55.9%) 和木犀草素为 9.0 $\mu\text{g/mL}$ (51.6%)。

4.2 抑菌活性

Vamanu 等^[54]以多酚含量为考核指标优化了提取条件,得到了朝鲜蓟叶 75% 乙醇提取物,抑菌试验表明,提取物对无害李斯特菌 CMGB 218、蜡状芽孢杆菌 CMGB 215 的测试菌株显示出显著的抑制活性, MIC 均为 5 mg/mL,但对其他菌株的 MIC 为 15 mg/mL。杨克沙^[55]对朝鲜蓟叶片乙醇提

取粗多酚和纯化后多酚进行抑菌试验,结果发现,粗多酚对供试菌的 MIC 值分别为 25.0, 22.5, 20.0, 32.5, 27.5, 30.0 mg/mL,纯化后多酚对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、芽孢杆菌、绿脓杆菌、乳杆菌和白色念珠菌的抑菌活性强于粗多酚,纯化后多酚对供试菌的 MIC 值分别为 10, 8, 12, 13, 12, 13 mg/mL。Zhu 等^[30]研究了 3 种提取溶剂(氯仿、乙酸乙酯和正丁醇)的提取物以及分离得到的单体化合物的抑菌活性;其中,正丁醇提取物对三类微生物(7 种细菌,4 种酵母和 4 种霉菌)显示出最显著的抗微生物活性;对正丁醇提取物进行分离纯化制备得到了咖啡酰奎宁酸衍生物和 4 种黄酮,其中,绿原酸,洋蓟素,木犀草素-7-芸香糖苷和木犀草苷表现出比其他化合物相对较高的活性;它们对真菌的作用比细菌更有效,其最低抑制浓度为 50~200 $\mu\text{g/mL}$ 。

4.3 保肝作用

朝鲜蓟在西方作为药食两用的菊科植物,其叶提取物长期以来一直用于民间医药,特别是用于肝脏疾病^[1]。目前商业化的药物主要用于治疗肝病。

以大鼠 CCU 中毒作为试验模型,Speroni 等^[8]通过测定脂质过氧化、天冬氨酸转移酶和丙氨酸转氨酶的活性来评估朝鲜蓟提取物的保肝作用,结果表明,提取物对胆汁流动和肝脏保护起作用。Gebhardt 等^[56]研究表明,将大鼠原代肝细胞暴露于叔丁基氢过氧化物(t-BHP),测试组朝鲜蓟水提取物降低了培养物中的脂质过氧化作用(丙二醛的产生量)和细胞毒性,表明其具有抗氧化及肝保护潜力。常食用朝鲜蓟有治疗慢性肝炎的功效,大多数是针对朝鲜蓟提取物来阐述的,对于朝鲜蓟单个物质保肝特性局限于洋蓟素的研究,Adzet 等^[2]建立离体大鼠肝细胞 CCl₄ 中毒模型,通过 GOT 和 GPT 酶渗漏检测,证明了洋蓟素对肝细胞具有明显的保护作用。

4.4 降胆固醇、高血脂症

高血脂症常诱发动脉粥样硬化、冠心病等心血管疾病严重威胁人们的健康,可以通过 TG、TC、LDL-C 以及 HDL-C 等指标来监测。近年来,国内外对朝鲜蓟的研究表明,其提取物具有降低胆固醇、降低高血脂症的功效。Bundy 等^[10]进行了一项随机双盲安慰剂对照试验,结果表明,朝鲜蓟叶提取物血浆总胆固醇平均下降 4.2%,对照组平均增加 1.9%。姚敏等^[57]进一步研究朝鲜蓟提取物对高脂血症有治疗作用,以及其主要活性物质木犀草素,证实了朝鲜蓟叶提取物可以增强胆固醇的排出,降低肝中胆固醇的合成,其中木犀草素抑制胆固醇的生物合成有效率达 60%。宋曙辉等^[58]通过动物试验考察了血液与肝中的 TG、TC、HDL、LDL、MDA 含量及肝中的脂蛋白脂酶(LPL)和肝脂酶(HL)活性,也发现朝鲜蓟叶提取物具有一定的降血脂功能。

5 展望

现阶段保健食品绝大部分都是添加了化学合成添加剂,其安全隐患与对消费者健康的潜在危害是不言而喻的。

朝鲜蓟在保健食品方面的应用具有很大的开发潜力。一方面,如果能够利用国内外对朝鲜蓟多酚化合物研究的现

有成果,加以消化并投入生产,将产生巨大的经济效益,并将促进中国植物源天然抗氧化剂产业的蓬勃发展。另一方面,随着现代医学对朝鲜蓟药用价值开发力度的加大,以及人们对朝鲜蓟保健功能认识的提高,朝鲜蓟茶包、朝鲜蓟保健食品、朝鲜蓟干粉、朝鲜蓟提取物的需求量也会逐步增加。

参考文献

- [1] LATTANZIO V, KROON P A, LINSALATA V, et al. Globe artichoke: a functional food and source of nutraceutical ingredients[J]. *Journal of Functional Foods*, 2009, 1(2): 131-144.
- [2] ADZET T, CAMARASA J, LAGUNA J C. Hepatoprotective activity of polyphenolic compounds from *Cynara scolymus* against CCl₄ toxicity in isolated rat hepatocytes[J]. *Journal of Natural Products*, 1987, 50(4): 612-617.
- [3] ADZET T, PUIGMACIA M. High-performance liquid chromatography of caffeoylquinic acid derivatives of *Cynara scolymus* L. leaves[J]. *Journal of Chromatography A*, 1985, 348: 447-453.
- [4] LOMBARDO S, PANDINO G, MAUROMICALE G, et al. Influence of genotype, harvest time and plant part on polyphenolic composition of globe artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori][J]. *Food Chemistry*, 2010, 119(3): 1 175-1 181.
- [5] WANG Ming-fu, SIMON J E, AVILES I F, et al. Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.)[J]. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51(3): 601-608.
- [6] ZHU Xian-feng, ZHANG Hong-xun, LO R. Antifungal activity of *Cynara scolymus* L. extracts[J]. *Fitoterapia*, 2005, 76(1): 108-111.
- [7] MILEO A M, Di VENERE D, LINSALATA V, et al. Artichoke polyphenols induce apoptosis and decrease the invasive potential of the human breast cancer cell line MDA-MB231[J]. *Journal of Cellular Physiology*, 2012, 227(9): 3 301-3 309.
- [8] SPERONI E, CERVELLATI R, GOVONI P, et al. Efficacy of different *Cynara scolymus* preparations on liver complaints[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2003, 86(2): 203-211.
- [9] SHIMODA H, NINOMIYA K, NISHIDA N, et al. Anti-hyperlipidemic sesquiterpenes and new sesquiterpene glycosides from the leaves of artichoke (*Cynara scolymus* L.): structure requirement and mode of action[J]. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2003, 13(2): 223-228.
- [10] BUNDY R, WALKER A F, MIDDLETON R W, et al. Artichoke leaf extract (*Cynara scolymus*) reduces plasma cholesterol in otherwise healthy hypercholesterolemic adults; A randomized, double blind placebo controlled trial[J]. *Phytotherapy Research*, 2008, 15(9): 668-675.
- [11] WALKER A F, MIDDLETON R W, PETROWICZ O. Artichoke leaf extract reduces symptoms of irritable bowel syndrome in a post-marketing surveillance study[J]. *Phytotherapy Research*, 2001, 15(1): 58-61.
- [12] MISAEL P C E, DE GUADALUPE T, DEL CSGM P, et al. Effect of *Cynara scolymus* (artichoke) in homeopathic doses on body mass index in obese and overweight patients[J]. *Biomed Pharmacol J*, 2014, 7: 525-533.
- [13] RONDANELLI M, OPIZZI A, FALIVA M, et al. Metabolic management in overweight subjects with naive impaired fasting glycaemia by means of a highly standardized extract from *cynara scolymus*: a double-blind, placebo-controlled, randomized clinical trial[J]. *Phytotherapy Research*, 2014, 28(1): 33-41.
- [14] HOLTSMANN G, ADAM B, HAAG S, et al. Efficacy of artichoke leaf extract in the treatment of patients with functional dyspepsia: a six-week placebo-controlled, double-blind, multicentre trial[J]. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 2003, 18(11/12): 1 099-1 105.
- [15] KIRCHHOFF R, BECKERS C H, KIRCHHOFF G M, et al. Increase in choleresis by means of artichoke extract[J]. *Phytotherapy Research*, 1994, 1(2): 107-115.
- [16] ROMANI A, PINELLI P, CANTINI C, et al. Characterization of Violetto di Toscana, a typical Italian variety of artichoke (*Cynara scolymus* L.)[J]. *Food Chemistry*, 2006, 95(2): 221-225.
- [17] DRANIK L I. Phenol compounds from some plants of the Compositae family: Artichoke (*Cynara scolymus*) [J]. *Fenol'nye Soedineniya i Ikh Biologicheskie Funktsii, Materialy Vsesoyuznogo Simpoziuma po Fenol'nym Soedineniyam*, 1968, 12: 53-60.
- [18] MULINACCI N, PRUCHER D, PERUZZI M, et al. Commercial and laboratory extracts from artichoke leaves: estimation of caffeoyl esters and flavonoidic compounds content[J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2004, 34(2): 349-357.
- [19] ORLOVSKAYA T V, LUNEVA I L, CHELOMBIT KO V A. Chemical composition of *Cynara scolymus* leaves[J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 2007, 43(2): 239-240.
- [20] SARAWEK S, FEISTEL B, PISCHEL I, et al. Flavonoids of *Cynara scolymus* possess potent xanthinoxidase inhibitory activity in vitro but are devoid of hypouricemic effects in rats after oral application[J]. *Planta Medica*, 2008, 74(3): 221-227.
- [21] GEBHARDT R. Prevention of taurothiocholate-induced hepatic bile canalicular distortions by HPLC-characterized extracts of artichoke (*Cynara scolymus*) leaves[J]. *Planta Medica*, 2002, 68(9): 776-779.
- [22] SCHÜTZ K, KAMMERER D, CARLE R, et al. Identification and quantification of caffeoylquinic acids and flavonoids from artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads, juice, and pomace by HPLC-DAD-ESI/MSⁿ [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(13): 4 090-4 096.
- [23] EL-NEGOUMY S I, EL-SAYED N H, SALEH N A M. Flavonoid glycosides of *Cynara scolymus*[J]. *Fitoterapia*, 1987, 58(3): 178-180.
- [24] HINOJ J, HARVALA C, PHILIANOS S. Polyphenolic substances of *Cynara scolymus* L. leaves[J]. *Annales Pharmaceutiques Francaises*, 1989, 47(2): 95-98.

- [25] LATTANZIO V, VAN SUMERE C F. Changes in phenolic compounds during the development and cold storage of artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads[J]. Food Chemistry, 1987, 24(1): 37-50.
- [26] AUBERT S, FOURY C. Couleur et pigmentation anthocyanique de l'artichaut (*Cynara scolymus* L.)[J]. Studi Sul Carciofo, 1981, 31: 57-76.
- [27] SCHÜTZ K, PERSIKE M, CARLE R, et al. Characterization and quantification of anthocyanins in selected artichoke (*Cynara scolymus* L.) cultivars by HPLC-DAD-ESI-MSⁿ[J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2006, 384(7/8): 1 511-1 517.
- [28] 朱乃亮, 彭平, 赵丽敏, 等. 植物中常见咖啡酰奎宁酸类化合物研究进展[C]// 中华中医药学会中药化学分会第八届学术年会. 北京: 中华中医药学会中药化学分会, 2013: 192-201.
- [29] PANIZZI L, SCARPATI M L. Constitution of cynarine, the active principle of the artichoke[J]. Nature, 1954, 174: 1 062.
- [30] ZHU Xian-feng, ZHANG Hong-xun, LO R. Phenolic compounds from the leaf extract of artichoke (*Cynara scolymus* L.) and their antimicrobial activities[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(24): 7 272-7 278.
- [31] LATTANZIO V, CARDINALI A, DI VENERE D, et al. Browning phenomena in stored artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads: enzymic or chemical reactions? [J]. Food Chemistry, 1994, 50(1): 1-7.
- [32] AZZINI E, BUGIANESI R, ROMANO F, et al. Absorption and metabolism of bioactive molecules after oral consumption of cooked edible heads of *Cynara scolymus* L. (cultivar Violetto di Provenza) in human subjects: a pilot study[J]. British Journal of Nutrition, 2007, 97(5): 963-969.
- [33] GIL-IZQUIERDO A, GIL M I, CONESA M A, et al. The effect of storage temperatures on vitamin C and phenolics content of artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2001, 2(3): 199-202.
- [34] VIGH S, CZIAKY Z, SINKA L T, et al. Comparative chemomapping of phytoconstituents from different extracts of globe artichoke-*Cynara scolymus* L. [J]. Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Chemia, 2017, 62(2): 125-143.
- [35] 宋曙辉, 何洪巨, 唐晓伟, 等. 运用超声波技术提取朝鲜蓟中多酚类化合物的研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(30): 9 694-9 695.
- [36] 张俊, 邵敏, 陈剑兵, 等. 微波辅助提取朝鲜蓟中多酚类物质工艺条件的研究[J]. 食品工业科技, 2008(11): 173-175.
- [37] 赵友谊, 王奇志, 张建华, 等. 正交试验法优化朝鲜蓟中总酚酸的提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(20): 15-17.
- [38] 杨柳. 茶叶中多酚的分析测定研究[D]. 太原: 山西大学, 2005: 22-23.
- [39] 薛阿辉, 崔萌, 邹华杰, 等. 桂花多酚类化合物电喷雾萃取电离质谱分析[J]. 食品科学, 2018, 39(16): 221-226.
- [40] 冯丽, 宋曙辉. Folin-Ciocalteu 比色法测定朝鲜蓟叶片中多酚含量[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(1): 62-64.
- [41] FRATIANNI F, TUCCI M, De PALMA M, et al. Polyphenolic composition in different parts of some cultivars of globe artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori)[J]. Food Chemistry, 2007, 104(3): 1 282-1 286.
- [42] REZAZADEH A, GHASEMNEZHAD A, BARANI M, et al. Effect of salinity on phenolic composition and antioxidant activity of artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaves[J]. Research Journal of Medicinal Plant, 2012, 6(3): 245-252.
- [43] 梁莉芳. 黄酮类化合物和抗生素类药物的高效液相色谱检测技术研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008: 21.
- [44] 曹佩琴, 黄建安, 李银花, 等. 高效液相色谱法同时测定朝鲜蓟叶中绿原酸和洋蓟素含量[J]. 湖南农业科学, 2014(7): 8-10.
- [45] 张俊, 杜刚, 田孟华, 等. UPLC 法测定朝鲜蓟叶中绿原酸含量[J]. 北方园艺, 2011(20): 46-48.
- [46] 罗葵, 魏阳吉, 杨丽丽, 等. 朝鲜蓟加工品中多酚含量研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(33): 273-279.
- [47] PANDINO G, LOMBARDO S, MAUROMICALE G, et al. Profile of polyphenols and phenolic acids in bracts and receptacles of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) germplasm[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2011, 24(2): 148-153.
- [48] TROUILLAS P, CALLISTE C, ALLAIS D, et al. Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative properties of sixteen water plant extracts used in the Limousin countryside as herbal teas[J]. Food Chemistry, 2003, 80(3): 399-407.
- [49] 宋曙辉, 张丽梅, 鲍善芬, 等. 朝鲜蓟提取物的体外抗氧化作用[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(5): 41-45.
- [50] 杨海英, 李金银, 王雪梅, 等. 朝鲜蓟提取物抗氧化性能研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20): 8 641-8 642.
- [51] ŠEVCÍKOVÁ P, GLATZ Z, SLANINA J. Analysis of artichoke (*Cynara cardunculus* L.) extract by means of micellar electrokinetic capillary chromatography[J]. Electrophoresis, 2002, 23(2): 249-252.
- [52] JUN Neung-jae, JANG Ki-chang, KIM Seong-cheol, et al. Radical scavenging activity and content of cynarin (1, 3-dicaffeoylquinic acid) in Artichoke (*Cynara scolymus* L.) [J]. Journal of Applied Biological Chemistry, 2007, 50(4): 244-248.
- [53] PÉREZ-GARCÍA F, ADZET T, CAÑIGUERAS S. Activity of artichoke leaf extract on reactive oxygen species in human leukocytes[J]. Free Radical Research, 2000, 33(5): 661-665.
- [54] VAMANU E, VAMANU A, NITA S, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extracts of *Cynara scolymus* (*Cynarae folium*, Asteraceae family)[J]. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 2011, 10(6): 777-783.
- [55] 杨克沙. 朝鲜蓟的化学成分和活性研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2015: 45-46.
- [56] GEBHARDT R, FAUSEL M. Antioxidant and hepatoprotective effects of artichoke extracts and constituents in cultured rat hepatocytes[J]. Toxicology in Vitro, 1997, 11(5): 669-672.
- [57] 姚敏, 李兴斌, 郑军. 治疗高血脂症的植物药[J]. 国外医药: 植物药分册, 2003, 18(3): 107-109.
- [58] 宋曙辉, 赵霖, 王文琪, 等. 朝鲜蓟叶提取物抗高血脂作用的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(12): 194-197.