

网络出版时间:2016-12-26 11:05
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20161226.1105.052.html>

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2017.02.026

38 种药用植物醇提物对亚硝酸盐的清除作用

赵 岩¹,冷艳涛^{1,2},于 婷¹,郜玉钢¹,
张 岳¹,张连学¹,奚广生²

(1 吉林农业大学 中药材学院,吉林 长春 130118;
2 吉林农业科技学院 中药学院,吉林 吉林 132101)

[摘 要] 【目的】筛选对亚硝酸盐具有清除作用的药用植物,并研究其对亚硝酸根(NO_2^-)的清除率与醇提物总酚含量的相关性,为开发临江地区药用植物资源提供理论依据。【方法】依据 NO_2^- 在弱酸性条件下与对氨基苯磺酸重氮化,再与盐酸萘乙二胺偶合生成偶联化合物,用 WD-2102A 型自动酶标仪测定药用植物醇提物吸光度,计算 NO_2^- 清除率,并对清除率较高的样品进一步测定,并计算其 IC_{50} ;应用简单的线性回归分析药用植物醇提物对 NO_2^- 的清除率与其总酚含量之间的相关性。【结果】38 种药用植物醇提物均对 NO_2^- 具有一定的清除作用,但不同药用植物的清除作用差异很大;药用植物醇提物对 NO_2^- 的清除率(y)与其总酚含量(x)呈正向相关,相关方程为 $y = 0.9155x + 17.644$,相关系数 $R^2 = 0.323$;筛选出对 NO_2^- 清除率大于 55% 的 9 种药用植物(含同种药用植物不同选取部位)进一步进行测定,结果表明药用植物醇提物对 NO_2^- 的清除率随其醇提物质量浓度的增加而增强,其清除作用大小顺序为小花地笋>茜草>野生葡萄(籽)>草本水杨梅>Vc(抗坏血酸)>茶条槭(枝)>仙鹤草>月见草>茶条槭(叶)>茶条槭(果)>宽叶山蒿>意大利苍耳(果)。【结论】临江地区 38 种药用植物中野生葡萄(籽)和茶条槭最有可能被开发;药用植物中的多酚类成分为其 NO_2^- 清除作用的主要活性物质。

[关键词] 药用植物;醇提物;亚硝酸根;清除率;总酚含量
[中图分类号] S567 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2017)02-0189-07

Nitrite scavenging effect of alcohol extracts of thirty-eight medicinal plants

ZHAO Yan¹, LENG Yantao^{1,2}, YU Ting¹, GAO Yugang¹,
ZHANG Yue¹, ZHANG Lianxue¹, XI Guangsheng²

(1 College of Chinese Medicine Material, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China;
2 College of Chinese Medicine, Jilin Academy of Agricultural Science and Technology, Jilin, Jilin 132101, China)

Abstract: 【Objective】This study screened medicinal plants with nitrite scavenging effect and investigated the correlation between NO_2^- scavenging rate and total phenolic content of extracts to provide basis for exploitation of medicinal plant resources in Linjiang. 【Method】According to sulfanilic acid diazotization of nitrite under acidic condition, coupling compound was formed through reaction with hydrochloric acid naphthyl ethylenediamine. WD-2102A automatic microplate reader was used to determine the absorbance of solution, nitrite clearance was calculated, and samples with high clearance rate were further determined to calculate IC_{50} . Simple linear regression analysis was used to analyze the correlation between NO_2^- scaven-

[收稿日期] 2015-11-20
[基金项目] 国家公益性行业科研专项(201303111);吉林省科技发展计划项目(20140204013YY, 20150307012YY)
[作者简介] 赵 岩(1979—),男,吉林长春人,副教授,博士,硕士生导师,主要从事天然药物化学成分与生物活性研究。
E-mail: zhyjlu79@163.com
[通信作者] 郜玉钢(1969—),男,吉林长春人,教授,博士,硕士生导师,主要从事药用植物栽培与加工研究。
E-mail: gaoyugang2006@163.com

ging rate and contents of total phenols in the extracts.【Result】The ethanol extracts from 38 medicinal plants had different NO₂⁻ scavenging effects. The scavenging rates were positively related to the contents of total phenols following equation $Y=0.915\ 5x+17.644$ with correlation coefficient R^2 of 0.323. The 9 species with NO₂⁻ scavenging rate greater than 55% (including different parts of same plant) were further measured. The NO₂⁻ removal rate increased with the increase of concentrations of alcohol extracts. The NO₂⁻ scavenging abilities of plants were in the decreasing order of *Lycopus parviflorus* Maxim. > *Rubia cordifolia* Linn. > *Vitis vinifera* (seed) > *Geum aleppicum* Jacq. > Vc > *Acer ginnala* Maxim. (branch) > *Agrimonia pilosa* Ledeb. > *Oenothera erythrosepala* Borb. > *Acer ginnala* Maxim. (leaf) > *Acer ginnala* Maxim. (fruit) > *Artemisia stolonifera* (Maxim.) Komar > *Xanthium italicum* Moretti (fruit).【Conclusion】*Vitis vinifera* (seed) and *Acer ginnala* Maxim. had the most promising potential for development of NO₂⁻ scavenger among the 38 species in Linjiang and polyphenolic constituents were the main active substance for NO₂⁻ scavenging.

Key words: medicinal plant; alcohol extract; NO₂⁻; clearance rate; total phenolic content

亚硝胺(NAS)是人和动物的强致癌物质,一般可通过食品和饮品进入机体内^[1-2]。近些年来胃癌、食道癌、鼻咽癌、直肠癌和膀胱癌等癌症频发,与机体内的 N-亚硝基化合物有直接关系^[3-4],其中 N-二甲基亚硝胺(NDMA)是食品中最常见的 NAS^[5-7]。二甲胺(DMA)和亚硝酸盐是致癌物 NDMA 的直接前体,而二甲胺、二乙胺、三甲胺和三甲胺氧化物多存在于鱼类和海洋生物中,如鱿鱼、章鱼等;亚硝酸盐主要来源于硝酸盐的结构转换,硝酸盐主要来源于蔬菜制品、腌制品及熏制品等^[8-10],硝酸盐本身基本是无毒的,但其摄入量的 5% 会在口腔中转化为毒性更强的亚硝酸盐,而亚硝酸盐可与仲胺在胃的酸性条件下生成 NAS^[11-13]。

因亚硝酸盐是致癌物 NDMA 的直接前体,所以对亚硝酸盐具有清除作用的物质理应具备防癌作用。目前已有许多调节内源性 N-亚硝基化合物的化学催化剂,如硫氰酸盐等;也有清除剂,如抗坏血酸(Vc)、烯丙基硫化物和酚类化合物等^[6]。但从天然药用植物中筛选亚硝酸盐清除剂的报道极少,仅有少量关于金樱子^[14]、肉苁蓉^[15]、淫羊藿^[16]、桑白皮^[17]等对亚硝酸盐清除作用的报道,且关于药用植物中起到亚硝酸盐清除作用的具体活性成分的报道则更少。鉴于此,本研究以临江地区 38 种(同种药用植物不同选取部位,在本试验中记作 1 种药用植物)特色药用植物为材料,研究其醇提物在体外模拟胃液条件下对亚硝酸盐的清除作用,以及该清除能力与其醇提物中总酚类化合物含量的相关性,旨在寻找安全有效的天然亚硝酸盐清除剂,同时明确药用植物中多酚类成分可能为其 NO₂⁻ 清除作用的主要活性物质,为亚硝酸盐清除剂的筛选提供了新

思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

38 种药用植物均采自于吉林省临江地区,经胡全德教授一一鉴定,阴干粉碎后过孔径为 178 μm 筛,备用;Vc、对氨基苯磺酸、盐酸萘乙二胺、亚硝酸钠、磷酸氢二钠、柠檬酸、乙醇等试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

KH-300DB 型数控超声波清洗器(昆山禾创超声仪器有限公司),LD-34 流水式中药粉碎机(中国温岭市大海药材器械厂),LA114 型电子天平(百灵天平仪器有限公司),HH-W-600 型数显恒温水箱(金坛市江南仪器厂),SHZ-D(Ⅲ)循环水式真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司),WD-2102A 型自动酶标仪(北京市六一仪器厂)。

1.3 试验方法

1.3.1 药用植物醇提物的制备 分别取同批次药用植物 10 g,按 10,8,6 倍的液(mL)固(g)比加入体积分数 75% 的乙醇-水溶液,每次超声提取 30 min,过滤,合并滤液,蒸干备用。

1.3.2 供试品溶液的制备 取 1.3.1 节醇提物适量,加甲醇配制成质量浓度为 2 mg/mL 的溶液,用于总酚含量的测定。

取 1.3.1 节醇提物适量,加磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲液(pH=3)配制成质量浓度为 10 mg/mL 的溶液,用于亚硝酸根清除率的测定。

1.3.3 总酚含量的测定 采用比色法测定药用植物醇提物总酚含量。精密吸取供试品溶液与对照品溶液(质量浓度为 0.25 mg/mL 没食子酸甲醇溶液)

各 0.1 mL,置于 10 mL 试管中,加福林酚试剂 0.5 mL,碳酸钠水溶液(75 g/L)0.4 mL,50 ℃水浴加热 5 min,冷却后加蒸馏水 4 mL,在 760 nm 波长下测定吸光度值。采用外标一点法计算药用植物醇提物中的总酚含量。

1.3.4 NO₂⁻ 清除率的测定原理 NO₂⁻ 在弱酸性条件下,先与对氨基苯磺酸重氮化,再使其与盐酸萘乙二胺偶合生成偶联化合物,用 WD-2102A 型自动酶标仪测定溶液吸光度,计算 NO₂⁻ 清除率^[18-19]。

1.3.5 体外模拟胃液 pH 条件下的 NO₂⁻ 清除反应 取一定量的供试品溶液(空白对照以等体积缓冲液替代)于 1.5 mL 离心管中,加磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲液(pH=3)100 μL,加 5 μg/mL NaNO₂应用液 20 μL,加蒸馏水 40 μL,混合均匀,37 ℃水浴反应 1 h,取出冷却至室温。准确吸取上述液体,在 492 nm 处,运用酶标仪进行测定^[20-21]。按下式计算样品对 NO₂⁻ 的清除率。

清除率= $\frac{A_0 - A_a}{A_0} \times 100\%$ 。

式中:A₀ 为空白对照的吸光度;A_a 为样品反应体系的吸光度。

对 NO₂⁻ 清除率高于 55% 的醇提物,进一步测定其 IC₅₀ 值。具体方法是取供试品溶液,用缓冲液分别稀释成 5,2.5,1.25,0.625,0.312 5 mg/mL 的溶液,测定其对 NO₂⁻ 的清除率,每个样品测定 3

次,取平均值。

1.3.6 Vc 对 NO₂⁻ 的清除作用 将 Vc 配制成质量浓度为 0.1,0.3,0.6,1.0,1.5 和 2.0 mg/mL 的溶液,按 1.3.5 节测定其对 NO₂⁻ 的清除率。

1.4 数据统计分析

试验数据用“平均值±标准误”表示,运用 ORIGIN 软件计算 IC₅₀ 值,IC₅₀ 值越小,表示其清除 NO₂⁻ 的能力越强。

2 结果与分析

2.1 38 种药用植物醇提物的总酚含量及其对 NO₂⁻ 的清除率

由表 1 可知,38 种药用植物醇提物对 NO₂⁻ 均有清除作用,但其对 NO₂⁻ 的清除能力具有很大差异,清除能力最强的是草本水杨梅,清除率为 84.73%,清除能力最弱的是刺五加(嫩叶),清除率为 0.09%,两者相差 900 余倍。其中草本水杨梅、茶条槭(枝)、茶条槭(叶)、茜草、仙鹤草、小花地笋、野生葡萄(籽)、月见草的醇提物对 NO₂⁻ 的清除率均大于 80.00%,显示出很强的 NO₂⁻ 清除能力;茶条槭(果)、宽叶山蒿、意大利苍耳(果)的醇提物对 NO₂⁻ 清除率大于 55.00%,也具有较强 NO₂⁻ 清除能力。上述结果说明草本水杨梅、茶槭等药用植物具有进一步研究的价值。

表 1 药用植物醇提物的总酚含量及其对 NO₂⁻ 的清除率

药用植物 Medicinal plant	总酚含量/% Total phenols content	NO ₂ ⁻ 清除率/% Clearance rate of NO ₂ ⁻
白头翁 <i>Pulsatilla chinensis</i> (Bunge) Regel	8.77	27.82±2.23
苍耳子 <i>Anthium sibiricum</i>	5.26	11.56±1.13
草本水杨梅 <i>Geum aleppicum</i> Jacq.	40.65	84.73±8.21
朝鲜一枝黄花 <i>Solidago pacifica</i> JuZ. <i>Solidago uirgaurea</i> L. var. <i>coreana</i> Nakia	5.61	1.00±0.12
茶条槭(枝) <i>Acer ginnala</i> Maxim. (branch)	67.40	84.20±8.29
茶条槭(果) <i>Acer ginnala</i> Maxim. (fruit)	82.16	63.05±7.23
茶条槭(叶) <i>Acer ginnala</i> Maxim. (leaf)	51.38	83.80±9.02
刺五加(芽孢) <i>Acanthopanax senticosus</i> (bacillus)	18.82	0.14±0.02
刺五加(嫩叶) <i>Acanthopanax senticosus</i> (leaf)	12.23	0.09±0.01
东北凤仙花 <i>Impatiens furcillata</i> Hemsl.	6.83	14.74±1.82
短瓣蓍 <i>Achillea ptarmicoides</i>	5.12	45.41±5.21
毒芹(地上) <i>Cicuta virosa</i> Linn. (ground)	18.34	5.60±0.78
毒芹(根) <i>Cicuta virosa</i> Linn. (root)	2.53	11.28±1.31
复序橐吾 <i>Ligularia jaluensis</i> Kom.	12.90	45.40±5.23
核桃(枝) <i>Juglans regia</i> (branch)	11.44	24.00±2.65
核桃(叶) <i>Juglans regia</i> (leaf)	9.56	5.80±0.76
核桃(外果皮) <i>Juglans regia</i> (Pericarp)	2.66	0.20±0.03
黄花草木樨 <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.	0.43	0.67±0.08

表 1(续) Continued table 1

药用植物 Medicinal plant	总酚含量/% Total phenols content	NO ₂ ⁻ 清除率/% Clearance rate of NO ₂ ⁻
箭叶蓼 <i>Polygonum sieboldii</i> Meisn.	9.64	6.02±0.54
宽叶山蒿 <i>Artemisia stolonifera</i> (Maxim.) Komar	11.83	59.39±5.11
蓝靛果忍冬(枝) <i>Lonicera caerulea</i> L. var. <i>enulis</i> Turcz et Herd(branch)	31.56	5.00±0.32
蓝靛果忍冬(叶) <i>Lonicera caerulea</i> Linn. var. <i>enulis</i> Turcz et Herd(leaf)	28.19	26.60±2.22
毛穗藜芦 <i>Veratrum maackii</i> Regel	5.86	0.10±0.02
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> Hand. -Mazz.	3.69	49.47±4.21
浅瓣剪秋萝 <i>Lychnis wilfordii</i> (Regel) Maxim.	6.37	8.27±0.73
茜草 <i>Rubia cordifolia</i> Linn.	6.84	83.45±8.31
球子蕨 <i>Onoclea sensibilis</i> Linn.	6.35	50.83±6.01
山萝花 <i>Melampyrum roseum</i> Maxim.	4.99	11.43±1.34
山茄子 <i>Lonicera caerules</i> var. <i>edulis</i>	2.94	35.34±3.29
松蒿 <i>Loose artemisia</i>	6.17	48.27±3.97
沙松(枝) <i>Abies holophylla</i> Maxim. (branch)	0.09	5.00±0.32
沙松(叶) <i>Abies holophylla</i> Maxim. (leaf)	0.14	49.00±5.21
水金凤(枝) <i>Impatiens noli-tangere</i> Linn. (branch)	2.54	0.40±0.03
水金凤(叶) <i>Impatiens noli-tangere</i> Linn. (leaf)	4.97	2.10±0.29
仙鹤草 <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.	14.34	81.12±6.89
小花地笋 <i>Lycopus parviflorus</i> Maxim.	20.70	81.50±7.45
小蓟(果) <i>Cirsium setosum</i> (fruit)	10.39	8.27±0.92
小蓟(叶) <i>Cirsium setosum</i> (leaf)	5.91	35.34±4.26
野生葡萄(籽) <i>Vitis viniifera</i> (seed)	61.60	80.00±9.17
意大利苍耳(茎) <i>Xanthium italicum</i> Moretti(branch)	8.01	43.20±3.78
意大利苍耳(果) <i>Xanthium italicum</i> Moretti(fruit)	8.44	58.40±6.33
意大利苍耳(叶) <i>Xanthium italicum</i> Moretti(leaf)	16.65	39.80±4.12
益母草 <i>Leonurus artemisia</i> Houtt	6.91	0.60±0.04
圆锥绣球 <i>Hydrangea paniculata</i> Sieb.	6.14	36.60±4.01
鼬瓣花 <i>Galeopsis bifida</i> Boenn.	6.02	0.50±0.04
榆树(果) <i>Ulmus pumila</i> (fruit)	1.17	9.95±1.21
月见草 <i>Oenothera erythrosepala</i> Borb.	46.94	83.53±6.31
早开堇菜 <i>Viola prionantha</i>	1.18	2.50±0.35
珍珠菜 <i>Lysimachia clethroides</i> Duby	22.98	20.40±2.12
紫菀 <i>Aster tataricus</i> Linn. f.	1.53	21.50±1.93

2.2 药用植物醇提物对 NO₂⁻ 的清除率与其总酚含量的相关性

多酚类化合物对 NO₂⁻ 具有一定的清除作用^[22-24],但其均为对单一植物的研究,不具有广泛的代表性。本研究运用简单的线性回归分析 38 种药用植物醇提物对 NO₂⁻ 的清除率与其醇提物中总酚含量之间的相关性,结果如图 1 所示。

由图 1 可知,药用植物醇提物对 NO₂⁻ 的清除率与其总酚含量呈正向相关,其相关系数 $R^2 = 0.323$ 。该相关性结果表明,植物醇提物对 NO₂⁻ 的清除率与其总酚含量有一定关系,但不同药用植物中含有的多酚类成分不同,不同多酚类化合物所含的酚羟基数量及位置不同,都会影响到其对 NO₂⁻ 的清除作用,所以药用植物醇提物对 NO₂⁻ 的清除

率与其总酚含量的相关系数不是特别高。对于多酚类物质 NO₂⁻ 清除作用的构效关系还有待进一步研究。

2.3 Vc 对 NO₂⁻ 的清除能力

由图 2 可知,随着 Vc 质量浓度的增加,其对 NO₂⁻ 的清除率呈增加趋势。其中 Vc 质量浓度在 0.1~0.6 mg/mL 时,对 NO₂⁻ 的清除率随 Vc 质量浓度的增加而迅速升高;Vc 质量浓度在 0.6~2.0 mg/mL 时,对 NO₂⁻ 的清除率随 Vc 质量浓度增加而升高的趋势渐趋平缓,Vc 质量浓度在 2.0 mg/mL 时对 NO₂⁻ 清除率最高,达到 88.66%。其 IC₅₀ 值为 0.267 mg/mL,与文献^[25]报道的结果相近。其可能的清除机制为:Vc(C₆H₈O₆)为酸性还原性物质,将大部分的 NO₂⁻ 还原^[26]。

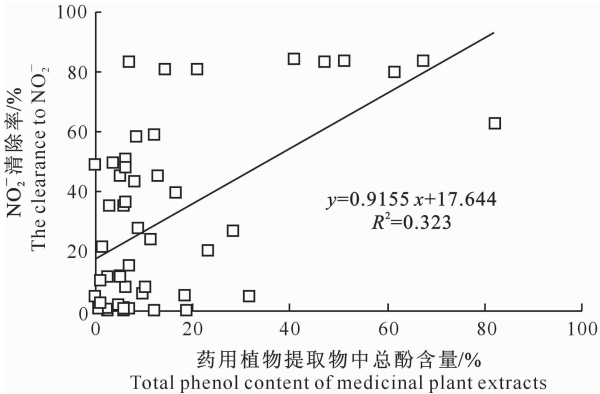


图 1 药用植物醇提取物对 NO₂⁻ 清除率与其总酚含量的相关性
Fig.1 Correlation between NO₂⁻ scavenging rate and total phenols content of medicinal plant alcohol extracts

2.4 药用植物醇提取物对 NO₂⁻ 的清除率能力

如图 3 所示,大部分药用植物醇提取物质量浓度在 5 mg/mL 以下时,其对 NO₂⁻ 的清除率随质量浓度的增加而迅速升高,在 5~10 mg/mL 时随质量浓

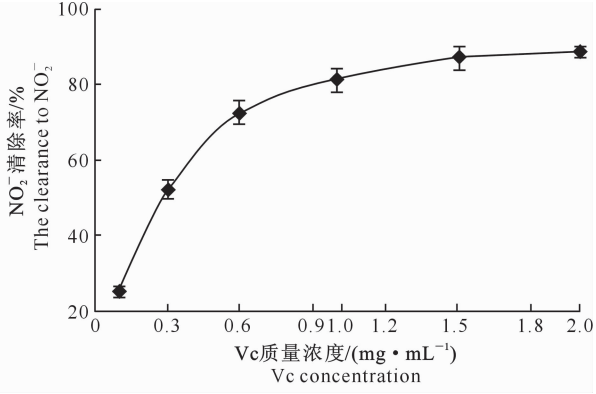


图 2 Vc 质量浓度对 NO₂⁻ 清除率的影响
Fig.2 Effect of Vc mass concentration on NO₂⁻ removal rate

度的增加,其对 NO₂⁻ 清除率升高的趋势渐趋平缓,这表明质量浓度达到 5 mg/mL 时,其对 NO₂⁻ 的清除能力已基本稳定。

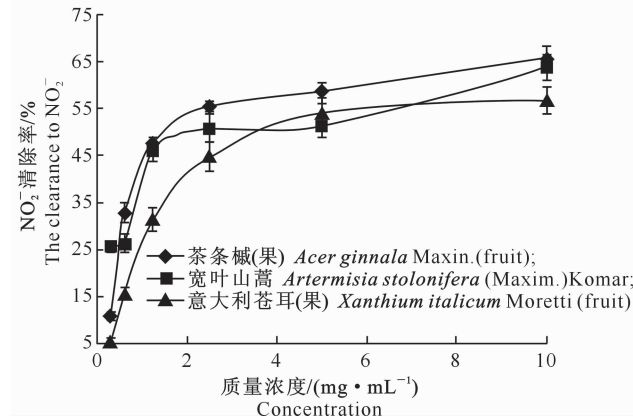
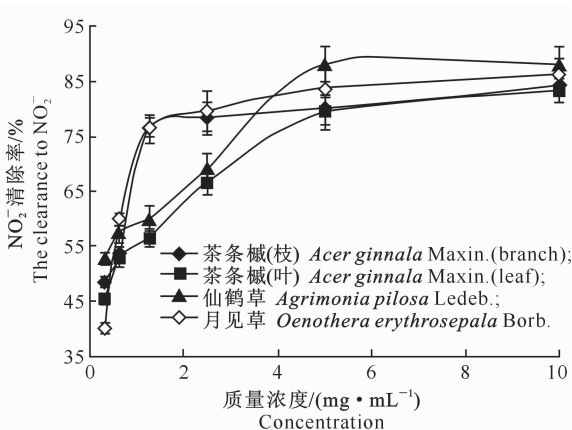
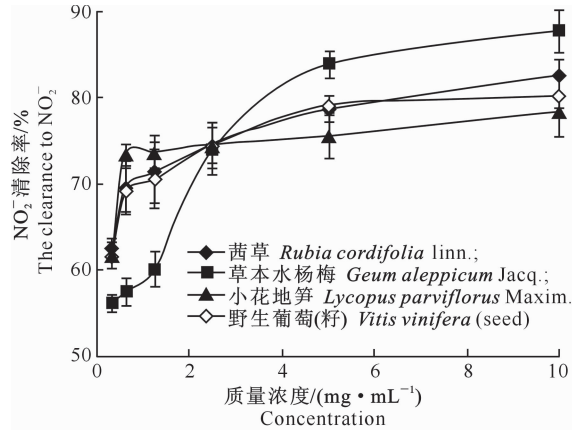


图 3 药用植物醇提取物对 NO₂⁻ 清除率的影响

Fig.3 Effect of medicinal plant alcohol extracts on NO₂⁻ removal rate

利用 ORIGIN 软件,结合图 3 中药用植物醇提物在不同质量浓度时对 NO₂⁻ 的清除率,计算药用

植物对 NO₂⁻ 清除作用的 IC₅₀。结果如表 2 所示。

表 2 药用植物醇提物对 NO₂⁻ 的清除能力 (n=3)

Table 2 NO₂⁻ scavenging ability of medicinal plant alcohol extracts (n=3)

药用植物 Medicinal plant	IC ₅₀ / (mg · mL ⁻¹)	药用植物 Medicinal plant	IC ₅₀ / (mg · mL ⁻¹)
小花地笋 <i>Lycopus parviflorus</i> Maxim.	0.008±0.001	月见草 <i>Oenothera erythrosepala</i> Borb.	0.370±0.049
茜草 <i>Rubia cordifolia</i> Linn.	0.039±0.005	茶条槭(叶) <i>Acer ginnala</i> Maxim. (leaf)	0.537±0.094
野生葡萄(籽) <i>Vitis vinifera</i> (seed)	0.043±0.009	茶条槭(果) <i>Acer ginnala</i> Maxim. (fruit)	2.496±0.098
草本水杨梅 <i>Geum aleppicum</i> Jacq.	0.298±0.045	宽叶山蒿 <i>Artemisia stolonifera</i> (Maxim.) Komar	3.086±0.135
茶条槭(枝) <i>Acer ginnala</i> Maxim. (branch)	0.301±0.051	意大利苍耳(果) <i>Xanthium italicum</i> Moretti(fruit)	4.641±0.178
仙鹤草 <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.	0.368±0.063	Vc	0.267±0.036

由表 2 可知,所筛选出的药用植物醇提物均对 NO₂⁻ 具有一定的清除作用,清除能力最强的是小花地笋醇提物,IC₅₀ 为 0.008 mg/mL,清除能力最弱的是意大利苍耳(果)醇提物,IC₅₀ 为 4.641 mg/mL;小花地笋、茜草、野生葡萄(籽)的 IC₅₀ 均远小于 Vc (0.267 mg/mL),表明其对 NO₂⁻ 清除作用强于 Vc;草本水杨梅、茶条槭(枝)、仙鹤草、月见草、茶条槭(叶)、茶条槭(果)、宽叶山蒿、意大利苍耳(果)的 IC₅₀ 略高于 Vc,表明其对 NO₂⁻ 清除作用略低于 Vc。

3 结论与讨论

亚硝酸盐是剧毒物质,进入血液后能将血红蛋白中的二价铁氧化为三价铁,使正常的亚铁血红蛋白转化成高铁血红蛋白从而失去运氧功能^[27]。食用亚硝酸盐害处很多,最为严重的则是其致癌性,但亚硝酸盐作为防腐剂,却经常出现在人们的生活中^[28]。尽管国家对食品中亚硝酸盐残留制定了严格的限量标准,但因亚硝酸盐可改善肉制品的感观色泽,缩短肉制品的加工时间,因此肉制品中亚硝酸盐超标的现象较为普遍。所以利用 NO₂⁻ 清除剂控制或清除其积累已成为防控癌变的主要途径之一。

本试验在模拟胃液环境下研究临江地区 38 种药用植物醇提物对 NO₂⁻ 的清除作用,筛选出 9 种对 NO₂⁻ 具有良好清除作用的药用植物(含同种药用植物不同选取部位),其清除作用强弱顺序为小花地笋>茜草>野生葡萄(籽)>草本水杨梅>茶条槭(枝)>仙鹤草>月见草>茶条槭(叶)>茶条槭(果)>宽叶山蒿>意大利苍耳(果),其中小花地笋、茜草、野生葡萄(籽)对 NO₂⁻ 清除作用强于 Vc;草本水杨梅、茶条槭(枝)、仙鹤草、月见草、茶条槭(叶)、茶条槭(果)、宽叶山蒿、意大利苍耳(果)对 NO₂⁻ 清除作用略低于 Vc。在这 9 种药用植物中,野生葡萄(籽)提取物因可以作为食品添加剂(GB2760),还可以作为保健食品原料(宝健牌葡萄籽玫瑰颗粒卫食健字 2003 第 0420 号),使用安全,是最有希望被开

发为 NO₂⁻ 清除剂;其次为茶条槭,作为保健食品原料(蛭龙牌茶条槭茶卫食健字 2000 第 0589 号),其食用安全;而对于小花地笋、茜草、草本水杨梅等,其食用安全性还需要进一步验证。

目前已报道的对 NO₂⁻ 具有清除作用的化学成分有酚类^[29]、黄酮类^[30-31]、多糖类^[32]等,但其均是对单一植物进行研究,不具有广泛性。本试验研究了 38 种特色药用植物醇提物对 NO₂⁻ 的清除作用与其总酚含量的相关性,结果显示二者之间呈正向相关,相关系数 R²=0.323,表明总酚类化合物在此清除过程中起到一定作用,且众多的研究已表明,葡萄籽中富含多酚类成分^[33],也间接的说明了多酚含量与其对 NO₂⁻ 的清除作用有关,而对于本结论中涉及的其他药用植物小花地笋、草本水杨梅、茶条槭、宽叶山蒿、意大利苍耳等的多酚类化合物以及多酚类成分对 NO₂⁻ 清除作用的构效关系还有待进一步研究。因而后续的研究可进一步对总酚类提取物进行色谱分离纯化、并探讨它们与亚硝酸盐作用的构效关系,同时进行毒理学评价,使总酚类化合物有望成为亚硝化反应抑制剂与防癌基料,使富含总酚类化合物的天然药用植物成为 NO₂⁻ 清除剂的来源。

[参考文献]

[1] Chung M J. Detection of N-nitrosamine in alcoholic beverage [D]. Korea;Gyeongsang National University,1996.

[2] Chung M J. Efect of diet composition on endogenous formation of N-nitrosamine in human [D]. Korea;Gyeongsang National University,2000.

[3] Mirvish S S. Role of N-nitroso compounds NOC and N-nitrosation in etiology of gastric, esophageal, nasopharyngeal and bladder cancer and contribution to cancer of known exposures to NOC [J]. Cancer Letter,1995,93,17-48.

[4] Herrmann S S,Duedahl-olesen L,Granby K. Occurrence of volatile and non-volatile N-nitrosamines in processed meat products and the role of heat treatment [J]. Food Control,2015,48:163-169.

[5] Yurchenko S,Molder U. Volatile N-nitrosamine in various fish products [J]. Food Chemistry,2006,96,325-333.

[6] Mey E D,Klerck K D,Maere H D,et al. The occurrence of *N*-nitrosamines, residual nitrite and biogenic amines in commercial dry fermented sausages and evaluation of their occasional relation [J]. *Meat Science*,2014,96:821-828.

[7] Mestankova H,Schirmer K,Canonica S,et al. Development of mutagenicity during degradation of *N*-nitrosamines by advanced oxidation processes [J]. *Science Direct*,2014,66:399-410.

[8] Herrmann S S,Granby K,Duedahl-olesen L. Formation and mitigation of *N*-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages [J]. *Food Chemistry*,2015,174:516-526.

[9] Drabik-markiewicz G,Dejaegher B,Mey E D,et al. Influence of putrescine,cadaverine,spermidine or spermine on the formation of *N*-nitrosamine in heated cured pork meat [J]. *Food Chemistry*,2011,126:1539-1545.

[10] Wang Y L,Li F,Zhuang H,et al. Effects of plant polyphenols and α -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines, and *N*-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon [J]. *LWT-Food Science and Technology*,2015,60:199-206.

[11] Yang L,Chen Z L,Shen J M,et al. Reinvestigation of the nitrosamine for mation mechanism during ozonation [J]. *Envi Sci Tech*,2009,43(14):5481-5487.

[12] Liinskyw. Nitrosamines and nitrosamindies in the etiology of stomach bowel cancers [J]. *Cancer Res*,1997,40:244-256.

[13] Honikel K. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products [J]. *Meat Science*,2008,68-76,78.

[14] 谢祥茂,丁小雯,陈俊琴. 金樱子提取液对 NO_2^- 清除作用的体外实验研究 [J]. *食品科学*,2001,22(1):30-33.

Xie X M,Ding X W,Chen J Q. Rosa laeviagta extract on NO_2^- scavenging effect *in vitro* [J]. *Food Science*,2001,22(1):30-33.

[15] 林 敏,张 鑫,吴冬青,等. 肉苁蓉提取液对 NO_2^- 清除作用的体外实验研究 [J]. *食品工业科技*,2012,33(2):126-129,133.

Lin M,Zhang X,Wu D Q,et al. Effect of herba cistanches extract on NO_2^- eliminating *in vitro* experiment [J]. *Science and Technology of Food Industry*,2012,33(2):126-129,133.

[16] 林 敏,浦 斌,吴冬青,等. 淫羊藿提取液对 NO_2^- 的清除作用 [J]. *食品与发酵工业*,2012,38(6):106-109,113.

Lin M,Pu B,Wu D Q,et al. Effect of herba epimedium extract on NO_2^- scavenge [J]. *Food and Fermentation Industries*,2012,38(6):106-109,113.

[17] 徐艳阳,蔡森森,于 静. 桑白皮甾醇对亚硝酸盐的清除效果及抑菌活性研究 [J]. *现代食品科技*,2014,30(2):53-57.

Xu Y Y,Cai S S,Yu J. Scavenging ability for nitrite and anti-bacterial mechanism of phytosterol from cortex mori [J]. *Modern Food Science and Technology*,2014,30(2):53-57.

[18] 冯翠萍,洪建华,张弋凡. 果汁对亚硝酸盐清除作用的研究 [J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*,2009,29(3):262-264.

Feng C P,Hong J H,Zhang Y F. Scavenging activity of fruit juice on sodium nitrite [J]. *Journal of Shanxi Agric University (Natural Science Edition)*,2009,29(3):262-264.

[19] 周凤超,张腾霄,郭 丽,等. 香辛料提取物清除亚硝酸盐及阻断亚硝胺合成的比较研究 [J]. *食品工业*,2015,36(3):182-185.

Zhou F C,Zhang T X,Guo L,et al. Comparative studies of scavenging nitrite and disconnecting nitrosamine synthesis by spices extracts [J]. *Food Industry*,2015,36(3):182-185.

[20] 王 莹. 有机茶山海棠叶主要活性成分测定及模拟胃酸条件下清除亚硝酸盐的效果 [J]. *食品科学*,2011,32(17):105-108.

Wang Y. Major bioactive components in organic chashan malus hapehensis and its scavenging effect against nitrite in simulated gastric juice [J]. *Food Science*,2011,32(17):105-108.

[21] 李桂星,胡晓丹,孙红男,等. 模拟胃液条件下苹果多酚对亚硝酸盐的清除作用 [J]. *食品科学*,2011,32(11):1-4.

Li G X,Hu X D,Sun H N,et al. Clearance effect of apple polyphenols on nitrite in mimic gastric juice [J]. *Food Science*,2011,32(11):1-4.

[22] 李 玲,张 余,周光宏,等. 植物多酚对模拟胃酸体系中亚硝酸盐清除能力与亚硝胺生成的影响 [J]. *南京农业大学学报*,2013,36(3):111-116.

Li L,Zhang C,Zhou G H,et al. Effects of polyphenols on the nitrite scavenging and *N*-nitrosamine formation in simulated gastric acid [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*,2013,36(3):111-116.

[23] 邓 红,贾洪锋,周世忠,等. 果蔬对亚硝酸盐清除作用的研究进展 [J]. *中国调味品*,2015,40(1):110-114.

Deng H,Jia H F,Zhou S Z,et al. Review on nitrite scavenging ability of fruits and vegetables [J]. *China Condiment*,2015,40(1):110-114.

[24] 黄晓冬,李裕红,戴聪杰,等. 红树植物桐花树提取物清除亚硝酸盐与阻断亚硝胺合成的体外评价 [J]. *中国食品学报*,2015,15(9):15-22.

Huang X D,Li Y H,Dai C J,et al. Evaluation *in vitro* of scavenging effect on nitrite and interdicting effect on nitrosamine synthesis of extract from *Aegiceras corniculatum* [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*,2015,15(9):15-22.

[25] 于淑池,侯金鑫. 龙井茶多糖对自由基和 NO_2^- 清除作用研究 [J]. *食品研究与开发*,2012,33(4):28-31.

Yu S C,Hou J X. Study on clearing function of longjing tea polysaccharides on free radical and NO_2^- [J]. *Food Research and Development*,2012,33(4):28-31.

[26] 万敏娜,包永春,段莉梅. 几种杂多酸及其盐对亚硝酸根清除效果的比较 [J]. *内蒙古民族大学学报(自然科学版)*,2014,29(3):269-272.

Wan M N,Bao Y C,Duan L M. Scavenging effect of several heteropoly acid to nitrite [J]. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities(Natural Science Edition)*,2014,29(3):269-272.

兽医学杂志,2007,36(1):10-11.

You Y H,Xu J,Yan M. Study on extraction of melanin from *Taihe* Silkies [J]. Journal of China Veterinary,2007,36(1):10-11.

[15] 蔡华珍,陈守江,张 丽,等. 乌骨鸡黑色素的酶法提取及其抗氧化作用的初步研究 [J]. 食品与发酵工业,2006,26(1):99-102.

Cai H Z,Chen S J,Zhang L,et al. A primary study on separating of melanin by enzymic hydrolysis of protein and on antioxidantization of the melanin in *Taihe* Silkies [J]. Food and Fermentation Industries,2006,26(1):99-102.

[16] Li X C,Lin J,Gao Y X,et al. Antioxidant activity and mechanism of *Rhizoma cimicifugae* [J]. Chemistry Central Journal,2012;6(1):140.

[17] Qiao D L,Ke C L,Hu B. Antioxidant activities of polydactharrides from *Hyriopsis cumingii* [J]. Carbohydrate Polymers,2009,78(1):199-204.

[18] 范冠宇,谢 虹,吴志刚. 水溶性几丁聚糖对羟自由基的清除作用 [J]. 中国公共卫生,2006,22(6):676-677.

Fan G Y,Xie H,Wu Z G. Scavenging effect of water-soluble chitosan on hydroxyl radical [J]. China Public Health,2006,22(6):676-677.

[19] 许申鸿,杭 瑚,李运平. 超氧化物歧化酶邻苯三酚测活法的研究及改进 [J]. 化学通报,2001,19(8):516-519.

Xu S H,Hang H,Li Y P. Study and improvement of markland SOD activity assay [J]. Chemistry Bulletin,2001,19(8):516-519.

[20] 张建萍,蔡 峻,邓音乐,等. 野生 *Bc* 菌株产黑色素的研究 [J]. 微生物学通报,2006,33(1):42-45.

Zhang J P,Cai J,Deng Y L,et al. Characterization of melanin produced by a wild-type strain of *Bacillus cereus* [J]. Microbiology China,2006,33(1):42-45.

[21] 並木雅彦,河合良三,青木良行,等. 黑色素的制造方法、由该方法制造的黑色素、含有该黑色素的功能性薄膜及其制造方法:101233196A [P]. 2008-07-30.

Kawai Ryozou,Aoki Ryuki,Takakuwa Kouhei,et al. Method for producing melanin,melanin produced by the method,comprising a functional film of the melanin and its manufacturing method:101233196A [P]. 2008-07-30.

[27] 于保霞. 食品中亚硝酸盐含量的测定 [J]. 河北化工,2010,33(3):62-63.

Yu B X. The determination of the nitrite content of several foods [J]. Hebei Chemical,2010,33(3):62-63.

[28] 赵 静,王 娜,冯叙桥,等. 蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐检测方法的研究进展 [J]. 食品科学,2014,35(8):42-49.

Zhao J,Wang N,Feng X Q,et al. Advances in detection methods for nitrate and nitrite in vegetables [J]. Food Science,2014,35(8):42-49.

[29] 谢文仙,韩雅莉. 焦性没食子酸清除亚硝酸盐和阻断亚硝胺作用探究 [J]. 食品科技,2015,40(2):318-323.

Xie W X,Han Y L. Effect of pyrogalllic acid cleaning nitrite and blocking nitrosamines [J]. Food Science and Technology,2015,40(2):318-323.

[30] 刘可心,兰永强,杨 娜,等. 木蝴蝶总黄酮的提取及体外清除亚硝酸盐及阻断亚硝胺合成的研究 [J]. 西北药学杂志,2015,30(6):669-674.

Liu K X,Lan Y Q,Yang N,et al. Extraction of total flavonoids from *Oroxylum indicum* (L.) Vent and the *in vitro* study on its abilities of scavenging nitrite and the synthetic blocking effect of nitrosamine [J]. Pharmaceutical Journal of Northwest,2015,30(6):669-674.

[31] 胡 利,贾冬英,姚 开,等. 桑叶黄酮对亚硝酸盐的体外清除作用研究 [J]. 中国调味品,2015,40(3):1-5.

Hu L,Jia D Y,Yao K,et al. Research on nitrite scavenging activity of mulberry leaf flavonoids *in vitro* [J]. China Condi-ment,2015,40(3):1-5.

[32] 冯丽丹,艾对元,张银彩,等. 蕨菜粗多糖对亚硝酸盐清除作用的研究 [J]. 中国果菜,2014,34(4):59-61.

Feng L D,Ai D Y,Zhang Y C,et al. Study on nitrite scavenging of bracken polysaccharide [J]. Chinese Fruit,2014,34(4):59-61.

[33] 范培红,娄红祥. 葡萄籽多酚的分离鉴定及其对细胞 DNA 氧化损伤的防护作用 [J]. 药学报,2004,39(11):869-875.

Fan P H,Lou H X. Isolation and structure identification of grape seed polyphenols and its effects on oxidative damage to cellular DNA [J]. Acta Pharmaceutica Sinica,2004,39(11):869-875.

(上接第 195 页)