

[49] Mohammad A. A review on phytochemistry and pharmacological potential of various medicinal plants[J]. *Int J Curr Trends in Drug Dev Ind Pharm*, 2016, 1(1): 1-40.

[50] Kumar A. Assessment of therapeutic potential of *Phyllanthus emblica* (Amla): A natural Godsend[J]. *Int J Cell Sci*, 2014, 3: 4-14.

[51] Manikandan R, Beulaja M, Thiagarajan R, *et al.* Biosynthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of *Phyllanthus acidus* L. fruits and characterization of its anti-inflammatory effect against H₂O₂ exposed rat peritoneal macrophages [J]. *Process Biochem*, 2017, 55: 172-181.

山楂核化学成分与药理活性研究进展

许洪波¹, 唐志书^{1*}, 刘澳昕², 何欣悦¹, 宋梦亚¹, 宋忠兴¹, 雷智安², 吴明斌², 陆世海³, 任振丽³, 苏晓涛³

(1. 陕西中医药大学, 陕西省中药资源产业化协同创新中心, 陕西省中药基础与新药研究重点实验室, 陕西 咸阳 712083; 2. 陕西省咸阳市实验中学, 陕西 咸阳 712000; 3. 步长制药山东药物研发中心, 山东 菏泽 27400)

摘要: 虽然山楂核在我国资源较为丰富, 但其应用存在一定局限。目前, 从山楂核中分离鉴定出 130 多个化合物, 其中木脂素类 81 个, 药理活性主要有抗炎、抗氧化、抗肿瘤等。本文对山楂核化学成分和药理活性进行较系统的综述, 可为山楂核深入研究和开发利用提供参考。

关键词: 山楂核; 化学成分; 药理活性

中图分类号: R284.1; R285.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2018)03-0674-07

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2018.03.034

山楂核为中药山楂的种子, 始载于《滇南本草》, 功效消食、散结、治疝、催生^[1], 单从功效上看, 山楂核功效与山楂(消食健脾、行气散瘀, 化浊降脂)有一定区别, 但在临床使用中却存在混用的现象, 特别是山楂中常存在一定的山楂核, 加之《中国药典》尚未规定山楂饮片中山楂核的限量检查, 因此该问题还未得到有效解决。此前, 国内外学者已对山楂进行了大量研究, 发现其主要含有黄酮^[2-8]、三萜^[9-10], 此外还包括甾体^[9]、有机胺^[9, 11-12]、多糖^[13-14]、有机酸^[15-19], 但尚未对其进行系统整理。因此, 本文针对山楂核的化学成分和药理活性研究情况进行概述, 并试图从山楂和山楂核化学成分层面论述两者的异同, 为解决其临床应用和质量控制问题提供参考, 同时也为更好地开发利用山楂核提供思路。

1 化学成分

1.1 木脂素类 目前, 从山楂核中分离得到的化合物主要为木脂素类, 至今共鉴定出 81 个, 主要存在于山楂核中, 山楂叶中亦有少量报道^[9], 但山楂中尚未见报道。若按照 Gottlieb 对木脂素的分类方法, 则从山楂核中分离得到的该类化合物大多属于新木脂素类; 根据其母核结构的不同, 又可细分为氧木脂素类、苯并呋喃类、双环氧木脂素、环

木脂素(cyclo lignan)等类型。

1.1.1 氧木脂素类 迄今为止, 从山楂核中分离得到的氧木脂素类化合物有 31 个(图 1 和表 1)。由结构可知, 该类化合物是两个 C₆-C₃ 单元之间通过 8-O-4' 方式连接, 其结构中的 3 位被甲氧基取代, 9 位被羟基取代; 7'、8' 位碳之间为单键或双键, 故可将其母核结构分为 A 型和 B 型, 结构中大多存在 7、8、7'、8' 位 4 个手性碳原子。

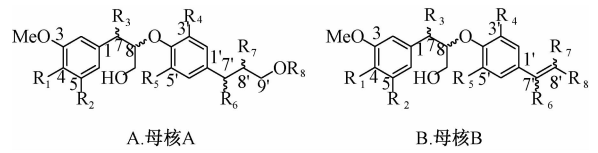


图 1 氧木脂素类化合物母核

1.1.2 苯并呋喃类 从山楂核中分离得到的苯并呋喃类化合物是由一个苯丙素 β 碳与另一个苯丙素苯环的 3' 位相连, 同时 α 碳与 4' 位通过氧相连而形成的, 其呋喃环均部分氢化。目前, 已从山楂核中分离得到 26 种苯并呋喃类化合物(表 2 和图 2), 该结构取代基团主要有甲氧基、羟基等, 其结构中的 7', 8' 碳之间亦存在单键或双键之分。

收稿日期: 2017-07-24

基金项目: 国家自然科学基金(81603284); 陕西中医药大学重点培育项目(2016PY15); 2016~2017 年度陕西省“春筭计划”课题研究项目(2016); 陕西省重点科技创新团队(2012KTC-20)

作者简介: 许洪波(1987—), 男, 博士, 讲师, 从事中药药效物质研究。Tel: (029) 38182203, E-mail: xhb2005@163.com

*** 通信作者:** 唐志书(1972—), 男, 博士, 教授, 从事中药制剂制备技术研究。Tel: (029) 38185060, E-mail: tzs6565@163.com

表 1 氧木脂素类化合物结构

编号	名称	母核	取代基								构型	文献
			R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈		
1	pinnatifidanin B I	A	H	OH	OMe	OMe	OMe	H	OH	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>	[20]
2	pinnatifidanin B II	A	H	OH	OMe	OMe	OMe	OH	OH	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7′, 8′- <i>erythro</i>	[20]
3	pinnatifidanin B III	A	H	OH	OEt	OMe	OMe	OH	H	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>	[20]
4	pinnatifidanin B IV	A	H	OH	OEt	OMe	OMe	OH	H	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[20]
5	pinnatifidanin B V	A	OH	H	OMe	OMe	H	H	H	H	7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>	[20]
6	pinnatifidanin B VI	A	OH	H	OMe	OMe	H	H	H	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>	[20]
7	pinnatifidanin B VII	A	OH	H	OH	OMe	OH	H	H	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[20]
8	<i>threo</i> -(7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>)-guaiacyl-glycerol-β- <i>O</i> -4′-dihydroconiferyl ether	A	OH	H	OH	OMe	H	H	H	H	7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>	[20]
9	<i>erythro</i> -(7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>)-guaiacyl-glycerol-β- <i>O</i> -4′-dihydroconiferyl ether	A	OH	H	OH	OMe	H	H	H	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>	[20]
10	<i>threo</i> -(7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>)-3-methoxy-8, 4′-oxyneoligna-3′, 4, 7, 9, 9′-pentol	A	OH	H	OH	OH	H	H	H	H	7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>	[20]
11	pinnatifidaninside A	A	OH	H	OMe	OMe	H	H	H	Glc	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>	[21]
12	pinnatifidaninside B	A	OH	H	OMe	OMe	H	H	H	Glc	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[21]
13	crataegusnin A	A	OH	H	OMe	OMe	H	OH	OH	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7′, 8′- <i>threo</i>	[22]
14	crataegusnin B	A	OH	H	OH	OMe	H	OMe	OH	H	7 <i>R</i> , 8 <i>R</i> ; 7′, 8′- <i>threo</i>	[22]
15	7′, 8′- <i>threo</i> , 7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> -1- 4-[2-hydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1-(hydroxymethyl) ethoxy]-3-methoxyphenyl -1, 2,3-propanetriol	A	OH	H	OH	OMe	H	OH	OH	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7′, 8′- <i>threo</i>	[22]
16	7′, 8′- <i>threo</i> , 7 <i>R</i> , 8 <i>R</i> -1- 4-[2-hydroxy-2-(4-hydroxyl-3-methoxyphenyl)-1-(hydroxymethyl) ethoxy]-3-methoxyphenyl -1, 2, 3-propanetriol	A	OH	H	OH	OMe	H	OH	OH	H	7 <i>R</i> , 8 <i>R</i> ; 7′, 8′- <i>threo</i>	[22]
17	7′, 8′- <i>threo</i> , 7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> -1- 4-[2-hydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1-(hydroxymethyl) ethoxy]-3, 5-dimethoxyphenyl -1, 2,3-propanetriol	A	OH	H	OH	OMe	OMe	OH	OH	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7′, 8′- <i>threo</i>	[22]
18	7′, 8′- <i>threo</i> -7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> -1- 4-[2-hydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1-(hydroxymethyl) ethoxy]-3, 5-dimethoxyphenyl -1, 2,3-propanetriol	A	OH	H	OH	OMe	OMe	OH	OH	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> ; 7′, 8′- <i>threo</i>	[22]
19	crataegusnin C	A	OH	H	OH	OMe	H	OMe	a	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> ; 7′, 8′- <i>threo</i>	[22]
20	crataegusnin D	A	OH	H	OH	OMe	H	OMe	a	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7′, 8′- <i>threo</i>	[22]
21	crataegusnin E	A	OH	H	OH	OMe	H	OEt	a	H	7 <i>S</i> , 8 <i>S</i> ; 7′, 8′- <i>threo</i>	[22]
22	crataegusnin F	A	OH	H	OH	OMe	H	OEt	a	H	7 <i>S</i> , 8 <i>S</i> ; 7′, 8′- <i>erythro</i>	[22]
23	crataegusnin G	A	OH	H	OMe	OMe	H	OEt	a	H	7 <i>S</i> , 8 <i>S</i> ; 7′, 8′- <i>threo</i>	[22]
24	leptolepisol D	A	OH	H	OH	OMe	H	OH	a	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7′, 8′- <i>erythro</i>	[22]
25	pinnatifidanin B VIII	B	OH	H	OMe	OMe	H	H	H	CHO	7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>	[20]
26	<i>threo</i> -(7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>)-guaiacylglycerol-β-coniferyl aldehyde ether	B	OH	H	OH	OMe	H	H	H	CHO	7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>	[20]
27	<i>erythro</i> -(7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>)-guaiacylglycerol-β-coniferyl aldehyde ether	B	OH	H	OH	OMe	H	H	H	CHO	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>	[20]
28	<i>erythro</i> -(7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>)-guaiacylglycerol-β-coniferyl aldehyde ether	B	OH	H	OH	OMe	H	H	H	CHO	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[23]
29	pinnatifidanin B IX	B	OH	H	OMe	OMe	H	H	H	CH ₂ O Me	7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>	[20]
30	<i>threo</i> -(7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>)-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-2- 4-[(<i>E</i>)-3-hydroxy-1-propenyl]-2-methoxyphenoxy -1, 3-propanediol	B	OH	H	OH	OMe	H	H	H	CH ₂ OH	7 <i>R</i> , 8 <i>R</i>	[20]
31	<i>erythro</i> -(7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>)-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-2- 4-[(<i>E</i>)-3-hydroxy-1-propenyl]-2-methoxyphenoxy -1, 3-propanediol	B	OH	H	OH	OMe	H	H	H	CH ₂ OH	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>	[20]

注 :a = 3-methoxy-4-hydroxyphenyl

表 2 苯并呋喃类化合物结构

编号	名称	母核	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	构型	文献
32	pinnatifidanin C I	A	OH	H	H	O	H	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>	[24]
33	pinnatifidanin C II	A	OH	H	H	O	OH	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[24]
34	pinnatifidanin C III	A	H	OH	H	OMe	OH	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7', 8'- <i>threo</i>	[24]
35	pinnatifidanin C IV	A	H	OH	H	OMe	OH	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> ; 7', 8'- <i>threo</i>	[24]
36	pinnatifidanin C V	A	H	OH	H	OEt	OH	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7', 8'- <i>threo</i>	[24]
37	pinnatifidanin C VI	A	H	OH	H	OEt	OH	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> ; 7', 8'- <i>threo</i>	[24]
38	pinnatifidanin C VII	A	H	OH	H	OEt	H	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[24]
39	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> -dihydrodehydroconiferyl alcohol	A	H	OH	H	H	H	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[24]
40	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> -dihydrodehydrodiconiferyl alcohol-9- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucoside	A	H	OH	Glc	H	H	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[21]
41	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> -dihydrodehydrodiconiferyl alcohol-9'- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucoside	A	H	OH	H	H	H	Glc	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[21]
42	hawthornnin A	A	H	OH	H	OMe	a	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> ; 7', 8'- <i>threo</i>	[25]
43	hawthornnin B	A	H	OH	H	OMe	a	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7', 8'- <i>threo</i>	[25]
44	hawthornnin C	A	H	OH	H	OMe	a	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> ; 7', 8''- <i>erythro</i>	[25]
45	hawthornnin D	A	H	OH	H	OMe	a	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7', 8'- <i>erythro</i>	[25]
46	hawthornnin E	A	H	OH	H	OEt	a	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7', 8'- <i>erythro</i>	[25]
47	hawthornnin F	A	H	OH	H	OEt	a	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> ; 7', 8'- <i>erythro</i>	[25]
48	Hawthornnin H	A	OMe	OH	H	OH	OH	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> ; 7', 8'- <i>threo</i>	[25]
49	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> -erythro-dihydroxydehydrodiconiferyl alcohol	A	H	OH	H	OH	OH	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> ; 7', 8'- <i>erythro</i>	[25]
50	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> -erythro-dihydroxydehydrodiconiferyl alcohol	A	H	OH	H	OH	OH	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7', 8'- <i>erythro</i>	[25]
51	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> -threo-dihydroxydehydrodiconiferyl alcohol	A	H	OH	H	OH	OH	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> ; 7', 8'- <i>threo</i>	[25]
52	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> -threo-dihydroxydehydrodiconiferyl alcohol	A	H	OH	H	OH	OH	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> ; 7', 8'- <i>threo</i>	[25]
53	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i> -5-methoxydihydrodehydroconiferyl alcohol	A	OMe	OH	H	H	H	H	7 <i>S</i> , 8 <i>R</i>	[25]
54	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> -sakuraesinol	A	OMe	b	H	H	H	H	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[25]
55	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i> -balanophonin	B	-	-	-	-	-	CHO	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[24]
56	dehydrodiconiferyl alcohol	B	-	-	-	-	-	CH ₂ OH	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[26]
57	hawthornnin G	B	-	-	-	-	-	CH ₂ OMe	7 <i>R</i> , 8 <i>S</i>	[25]

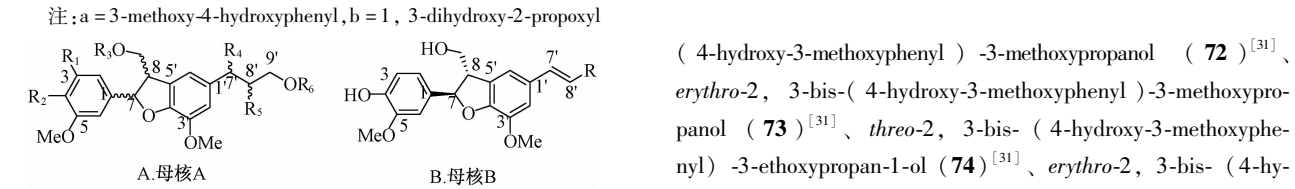
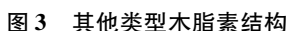


图 2 苯并呋喃类化合物母核

1.1.3 其他类型 从山楂核中还分离得到 3 个双环氧木脂素：松脂酚（**58**）^[27]、表松脂酚（**59**）^[27]、de-*O*-methylmagnolin（**60**）^[28]；2 个环木脂素：南烛木糖苷（**61**）^[29]、nudiposide（**62**）^[29]；1 个苯并二氧六环类木质素：（7*S*, 8*S*）-3-methoxy-3', 7-epoxy-8, 4'-oxyneoligna-4, 9, 9'-triol（**63**）^[26]；3 个四氢呋喃类木质素：落叶松树脂醇（**64**）^[26]、7'-methoxylariciresinol（**65**）^[26]、7'-ethoxylariciresinol（**66**）^[30]；1 个简单木脂素：ssioriside（**67**）^[30]；2 个三聚木质素：buddlenol A（**68**）^[23]、pinnatifidanin A I（**69**）^[26]。此外，从中还分离得到 12 个其他木脂素：pinnatifidanin C VIII（**70**）^[24]、7*S*, 8*R*-*ficusal*（**71**）^[25]，*threo*-2, 3-bis-

（4-hydroxy-3-methoxyphenyl）-3-methoxypropanol（**72**）^[31]、*erythro*-2, 3-bis-（4-hydroxy-3-methoxyphenyl）-3-methoxypropanol（**73**）^[31]、*threo*-2, 3-bis-（4-hydroxy-3-methoxyphenyl）-3-ethoxypropan-1-ol（**74**）^[31]、*erythro*-2, 3-bis-（4-hydroxy-3-methoxyphenyl）-3-ethoxypropan-1-ol（**75**）^[31]、*threo*-2-（4-hydroxy-3, 5-dimethoxyphenyl）-3-（4-hydroxy-3-methoxyphenyl）-3-ethoxypropan-1-ol（**76**）^[31]、（7*S*, 8*S*）-4-[2-hydroxy-2-（4-hydroxy-3-methoxyphenyl）-1-（hydroxymethyl）ethoxy]-3, 5-dimethoxybenzaldehyde（**77**）^[23]、*threo*-（7*R*, 8*R*）-guaiacylglycerol 8-vanillin ether（**78**）^[20]、*erythro*-（7*S*, 8*R*）-guaiacylglycerol 8-vanillin ether（**79**）^[20]、pinnatifidaninside C（**80**）^[21]、pinnatifidaninside D（**81**）^[21]。结构见图 3。

1.2 简单苯丙素类 从山楂核中分离得到的简单苯丙素类化合物有 2, 3-二羟基-1-（4-羟基-3-甲氧苯基）-丙烷-1-酮（**82**）^[26]、3-羟基-1-（4-羟基-3-甲氧苯基）-丙烷-1-酮（**83**）^[26]、7, 8-*threo*-1-*O*-methyl-guaiacylglycerol（**84**）^[26]、



(103)、夏佛托苷(104)、异夏佛托苷(105)、8-甲氧基山萘酚(106)、儿茶精(107)、柚皮苷(108)、异鼠李素(109)。但目前除化合物 94~97^[39-41]、104~107^[40, 42-43]在山楂叶或花中有报道外, 其余仅见于山楂核中。结构见图 5。

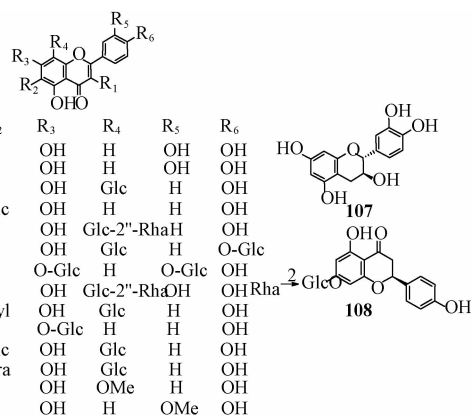


图 5 山楂核中的黄酮类化合物

潘广彦, 朱传合等^[38]采用液相色谱/四级杆串联飞行时间质谱 (RRLC-Q-TOF-MS) 联用技术从山楂核中鉴定出 14 个黄酮类化合物: 牡荆素 (96)、异牡荆素 (97)、牡荆素-2''-*O*-鼠李糖苷 (98)、牡荆素-4'-*O*-鼠李糖苷 (99)、luteolin-3', 7-diglucoside (100)、2''-*O*-鼠李糖荭草素 (101)、6-*C*-木糖-8-*C*-葡萄糖芹素 (102)、大波斯菊苷

1.4 其他类 山楂核中所含的其他类化合物有 2-(3', 4'-二甲氧基苯基)-1, 3-丙二醇-1-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷 (**110**)^[30]、原儿茶酸 (**111**)^[44]、没食子酸 (**112**)^[44]、儿茶酚 (**113**)^[44]、对羟基苯甲酸 (**114**)^[44]、3, 4, 5-trimethoxyphenyl-1-*O*- β -D-glucopyranoside (**115**)^[29]、3, 4, 5-trimethoxybenzyl- β -D-glucopyranoside (**116**)^[29]、香草酸 (**117**)^[45]、香草醛 (**118**)^[45-46]、异香草醛 (**119**)^[45]、丁香醛 (**120**)^[45]、2, 4-dimethoxyphenyl-1-*O*- β -D-glucopyranoside (**121**)^[32]、vanillic acid- β -D-glucopyranoside (**122**)^[32]、富马酸 (**123**)^[46]、琥珀酸 (**124**)^[46]、二十九烷-10-醇 (**125**)^[46]、熊果酸 (**126**)^[46-47]、齐墩果酸 (**127**)^[46]、胡萝卜苷 (**128**)^[46]、甾甾醇 (**129**)^[46]、维生素 C

- [2] Zhang Z, Chang Q, Zhu M, *et al.* Characterization of antioxidants present in hawthorn fruits[J]. *J Nutr Biochem*, 2001, 12(3): 144-152.
- [3] Park Y K, Hwang S I, Lee M H, *et al.* Fruit characteristics and variation of phenolic compounds in the fruit of hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bunge) selected from Korea and Chinese cultivars[J]. *Korean J Plant Res*, 2010, 23(3): 223-227.
- [4] Kazuma K, Isobe Y, Asahina H, *et al.* Crataegusins A and B, new flavanocoumarins from the dried fruits of *Crataegus pinnatifida* var. *major* (Rosaceae) [J]. *Nat Prod Commun*, 2016, 11(7): 965-969.
- [5] Kao E S, Wang C J, Lin W L, *et al.* Anti-inflammatory potential of flavonoid contents from dried fruit of *Crataegus pinnatifida* *in vitro* and *in vivo* [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53(2): 430-436.
- [6] Jurikova T, Sochor J, Rop O, *et al.* Polyphenolic profile and biological activity of Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida* BUNGE) fruits[J]. *Molecules*, 2012, 17(12): 14490-14509.
- [7] Chang Q, Zuo Z, Chow M S, *et al.* Effect of storage temperature on phenolics stability in hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. *major*) fruits and a hawthorn drink [J]. *Food Chem*, 2006, 98(3): 426-430.
- [8] Liu W, Chen G, Cui T. Determination of flavones in *Crataegus pinnatifida* by capillary zone electrophoresis[J]. *J Chromatogr Sci*, 2003, 41(2): 87-91.
- [9] Wu J, Peng W, Qin R, *et al.* *Crataegus pinnatifida*: chemical constituents, pharmacology, and potential applications [J]. *Molecules*, 2014, 19(2): 1685-1712.
- [10] Ahn K S, Hahm M S, Park E J, *et al.* Corosolic acid isolated from the fruit of *Crataegus pinnatifida* var. *psilosa* is a protein kinase C inhibitor as well as a cytotoxic agent[J]. *Planta Med*, 1998, 64(5): 468-470.
- [11] Salmanian S, Sadeghi Mahoonak A R, Alami M, *et al.* Phenolic content, antiradical, antioxidant, and antibacterial properties of hawthorn (*Crataegus elbursensis*) seed and pulp extract[J]. *J Agr Sci Tech*, 2014, 16(2): 343-354.
- [12] Urbonavičiūtė A, Jakštas V, Kornysheva O, *et al.* Capillary electrophoretic analysis of flavonoids in single-styled hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.) ethanolic extracts[J]. *J Chromatogr A*, 2006, 1112(1): 339-344.
- [13] Li F, Yuan Q, Rashid F. Isolation, purification and immunobiological activity of a new water-soluble bee pollen polysaccharide from *Crataegus pinnatifida* Bge[J]. *Carbohydr Polym*, 2009, 78(1): 80-88.
- [14] Li T P, Zhu R G, Dong Y P, *et al.* Effects of pectin pentaoligosaccharide from Hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bunge. var. *Major*) on the activity and mRNA levels of enzymes involved in fatty acid oxidation in the liver of mice fed a high-fat diet[J]. *J Agric Food Chem*, 2013, 61(31): 7599-7605.
- [15] 罗嘉琪, 许 滨, 陈 雨, 等. 山楂药材中八种降血脂有效成分的提取与 HPLC 含量测定[J]. 广东化工, 2017, 44(4): 17-20.
- [16] 刘荣华, 邵 峰, 邓雅琼, 等. 山楂化学成分研究进展[J]. 中药材, 2008, 31(7): 1100-1103.
- [17] Arslan R, Bor Z, Bektas N, *et al.* Antithrombotic effects of ethanol extract of *Crataegus orientalis* in the carrageenan-induced mice tail thrombosis model[J]. *Thromb Res*, 2011, 127(3): 210-213.
- [18] Liu P, Yang B, Kallio H. Characterization of phenolic compounds in Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bge. var. *major*) fruit by high performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry[J]. *Food Chem*, 2010, 121(4): 1188-1197.
- [19] Kim J S, Lee G D, Kwon J H, *et al.* Identification of phenolic antioxidative components in *Crataegus pinnatifida* Bunge [J]. *Appl Biol Chem*, 1993, 36(3): 154-157.
- [20] Huang X X, Zhou C C, Li L Z, *et al.* The cytotoxicity of 8-O-4' neolignans from the seeds of *Crataegus pinnatifida* [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2013, 23(20): 5599-5604.
- [21] Huang X X, Liu Q B, Wu J, *et al.* Antioxidant and tyrosinase inhibitory effects of neolignan glycosides from *Crataegus pinnatifida* seeds[J]. *Planta Med*, 2014, 80(18): 1732-1738.
- [22] Peng Y, Lou L L, Liu S F, *et al.* Antioxidant and anti-inflammatory neolignans from the seeds of hawthorn[J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2016, 26(22): 5501-5506.
- [23] Li L Z, Peng Y, Niu C, *et al.* Isolation of cytotoxic compounds from the seeds of *Crataegus pinnatifida* [J]. *Chin J Nat Med*, 2013, 11(4): 411-414.
- [24] Huang X X, Zhou C C, Li L Z, *et al.* Cytotoxic and antioxidant dihydrobenzofuran neolignans from the seeds of *Crataegus pinnatifida* [J]. *Fitoterapia*, 2013, 91: 217-223.
- [25] Huang X X, Bai M, Zhou L, *et al.* Food byproducts as a new and cheap source of bioactive compounds: lignans with antioxidant and anti-inflammatory properties from *Crataegus pinnatifida* Seeds[J]. *J Agric Food Chem*, 2015, 63(32): 7252-7260.
- [26] Huang X X, Liu S, Lou L L, *et al.* Phenylpropanoids from *Crataegus pinnatifida* and their chemotaxonomic importance [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2014, 54: 208-212.
- [27] 李殿明, 黄肖霄, 苏德龙, 等. 山楂核(乙酸乙酯层)的化学成分 I [J]. 生物技术世界, 2013(5): 73, 76.
- [28] 李殿明, 黄肖霄, 宋少江. 山楂核化学成分的分离与鉴定 II [J]. 中医药学报, 2014, 42(2): 52-54.
- [29] 李殿明, 黄肖霄, 赵 雷, 等. 山楂核化学成分的分离与鉴定 I [J]. 沈阳药科大学学报, 2012, 29(11): 869-871, 892.
- [30] 姜 冀, 徐 扬, 罗显峰, 等. 山楂核化学成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报, 2014, 31(6): 448-450, 504.
- [31] Zhou C C, Huang X X, Gao P Y, *et al.* Two new compounds from *Crataegus pinnatifida* and their antithrombotic activities [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2014, 16(2): 169-174.
- [32] 程卓阳, 周 乐, 刘思帆, 等. 山楂核中的芳香族化合物及其抗氧化活性[J]. 沈阳药科大学学报, 2015, 32(11): 844-847.
- [33] 赵 雷, 李玲芝, 彭 纓, 等. 山楂核化学成分的分离与鉴

[34]

陈 坚, 陈代鸿. 山楂果肉, 核, 叶中总黄酮的含量测定与比较[J]. 基层中药杂志, 1999, 13(4): 8-9.

[35]

郭文娟, 王 娜, 王娜娜, 等. 山楂核总黄酮的超声提取及抗氧化活性[J]. 精细化工, 2016, 33(2): 152-156.

[36]

阚毓铭, 洪美芳, 李 祥, 等. 北山楂籽化学成分的研究[J]. 中国药学杂志, 1987, 22(10): 619-620.

[37]

阚毓铭, 洪美芳, 李 祥, 等. 山楂籽中金丝桃甙和槲皮素的分离鉴定和含量测定[J]. 南京中医学院学报, 1988(1): 40-41.

[38]

潘广彦, 朱传合, 乔聚林, 等. 快速高分离液相色谱/四级杆串联飞行时间质谱分析山楂籽中的主要黄酮成分[J]. 北京工商大学学报 (自然科学版), 2012, 30(6): 52-56.

[39]

Batyuk V S, Prokopenko A P, Kolesnikov D G. New flavonoids from the leaves of *Crataegus curvisepala* Lindm[J]. *Chem Nat Compd*, 1965, 1(3): 225-226.

[40]

Bykov V I, Glyzin V I, Ban'kovskii A I. Flavonoids of the genus *Crataegus*[J]. *Chem Nat Compd*, 1972, 8(5): 657.

[41]

Nikolov N. New flavone *C-biosides* from *Crataegus monogyna* and *Cr. pentagyna*[J]. *Chem Nat Compd*, 1975, 11(3): 434-435.

[42]

Nikolov N, Dellamonica G, Chopin J. Di-C-glycosyl flavones from *Crataegus monogyna*[J]. *Phytochemistry*, 1981, 20(12): 2780-2781.

[43]

El-Mousallamy A M D. Chemical investigation of the constitutive flavonoid glycosides of the leaves of *Crataegus sinaica*[J]. *Nat Prod Sci*, 1998, 4(2): 53-57.

[44]

王雪松, 车庆明, 李艳梅, 等. 山楂核化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 1999, 24(12): 739-740.

[45]

李殿明, 黄肖霄, 苏德龙, 等. 山楂核 (乙酸乙酯层) 的化学成分 II [J]. 生物技术世界, 2013(6): 70, 72.

[46]

孙晓飞, 姚乾云. 山楂核的化学成分[J]. 中草药, 1987, 18(10): 9.

[47]

舒永华, 唐伟杰. 山楂核中熊果酸的分离和鉴定[J]. 北京医科大学学报, 1986, 18(4): 296.

[48]

Kim H S, Duan Y, Kim M A, *et al.* Contents of antioxidative components from pulpy and seed in wild haw (*Crataegus pinnatifida* BUNGE) [J]. *J Environ Sci Int*, 2014, 23(11): 1791-1799.

[49]

Schrall R, Becker H. Production of catechins and oligomeric proanthocyanidins in callus and suspension cultures of *Crataegus monogyna*, *C. oxyacantha* and *Ginkgo biloba*[J]. *Planta Med*, 1977, 32(8): 297-307.

[50]

张培成, 徐绥绪, 郭 虹. 山楂果化学成分的研究[J]. 沈阳化工学院学报, 1999, 13(2): 87-89.

[51]

时岩鹏, 丁杏苞. 山楂化学成分的研究[J]. 中草药, 2000, 31(3): 173-174.

[52]

陈素珍. 北山楂核脂溶性成分的气-质 (GC/MS) 测定[J]. 中草药, 1987(18): 46.

[53]

金高娃, 章飞芳, 薛兴亚, 等. 气相色谱-质谱法分析山楂中的脂肪酸[J]. 精细化工, 2006, 23(8): 760-761, 770.