

# 乳香黄连木的化学成分及药理作用研究进展

李莎莎<sup>1</sup>, 李凡<sup>1</sup>, 张景霞<sup>2</sup>, 王卫锋<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>陕西省中医药研究院, 西安 710003; <sup>2</sup>陕西中医药大学, 咸阳 712046

**摘要:**乳香黄连木(*Pistacia lentiscus* L.)为漆树科黄连木属药用植物,目前,已分离出超过100个化合物,主要包括酚酸、黄酮、甾醇类等化合物,具有抗炎抗菌、抗肿瘤等多种药理活性。本文通过对目前相关文献进行整理和分析,综述了乳香黄连木的化学成分、药理作用研究及临床应用情况,以期对乳香黄连木的进一步开发利用提供理论依据。

**关键词:**乳香黄连木;化学成分;药理作用;应用

中图分类号:R284

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2020)5-0882-11

DOI:10.16333/j.1001-6880.2020.5.023

## Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Pistacia lentiscus* L.

LI Sha-sha<sup>1</sup>, LI Fan<sup>1</sup>, ZHANG Jing-xia<sup>2</sup>, WANG Wei-feng<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Shaanxi Provincial Academy of Traditional Chinese Medicine, Xi'an 710003, China;

<sup>2</sup>Shaanxi University of Chinese Medicine, Xi'an 712046, China

**Abstract:** *Pistacia lentiscus* L. is medicinal plant that belong to *Pistacia* of Anacardiaceae family. It shows that more than 100 compounds have been found from *P. lentiscus*, including phenolic acids, flavonoids and steroids. *P. lentiscus* and its active ingredients have anti-inflammatory, anti-bacterial, anti-tumor and other pharmacological effects. This article systematically summarized the chemical constituents, pharmacological activities and application of *P. lentiscus*, and provide a theoretical basis for the further development and utilization of *P. lentiscus*.

**Key words:** *Pistacia lentiscus* L.; chemical constituents; pharmacological activities; application

乳香黄连木(*Pistacia lentiscus* L.)为漆树科黄连木属药用植物,其树脂、果实及叶子在地中海和中东地区的饮食和医药方面均有广泛的应用<sup>[14]</sup>。果实中富含脂肪酸、甾醇及生育酚等营养物质,是一种实用价值很高的食用油来源,在人们的日常饮食中被用作食品调味品、添加剂、防腐剂等;这种油也被用于治疗许多疾病,如呼吸道过敏、疥疮风湿病及癌症等<sup>[5-7]</sup>;树脂被用于治疗各种胃肠疾病<sup>[8]</sup>,“希俄斯之泪(Chios Gum Mastic, CGM)”即乳香黄连木变异种(*Pistacia lentiscus* var. *chia*)分泌的树脂<sup>[9]</sup>,且只有生长在希腊希俄斯岛的乳香黄连木才能够分泌此树脂。过去人们也通过咀嚼树脂来清新口气,保护牙齿和牙龈<sup>[10]</sup>;在人类医学史中,叶子被用于治疗

湿疹、腹泻及咽喉感染等,同时也是一种有效的抗溃疡药物,叶子和嫩枝的水提取被制成治疗哮喘和风湿病的输液剂或煎剂,叶提取物对植物病原菌的生长和孢子的萌发具有抑制作用,在兽医学中叶子和嫩枝则直接食用<sup>[11]</sup>。

我国也有乳香黄连木应用的记载,《中国植物志》清香木项下附载:“马思答吉”( *Pistacia lentiscus* L.)即乳香黄连木的树脂<sup>[12]</sup>,《饮膳正要》记载:“马思答吉,味苦,温,无毒,去邪恶气,温中利膈,顺气止痛,生津解渴,令人口香。生回回地面,云是极香种类”<sup>[13,14]</sup>。《本草纲目葇蓂》附录里记载:“马思答吉,味苦,温,无毒。去邪恶气,温中利膈,顺气止痛,生津止渴,令人口香。元时饮膳用之,云极香料也,不知何状,故附之”<sup>[15]</sup>。《本草纲目拾遗》白胡椒项下附载:“马思答吉,《五杂俎》:出西域,似椒而香酷烈,彼土以当椒用,主开胃消食,破积除邪”<sup>[16]</sup>。《中

收稿日期:2019-12-13 接受日期:2020-04-27

基金项目:陕西省重点研发计划(2017SF-319)

\* 通信作者 Tel:86-29-85395696; E-mail:wangwef@163.com

国医学大辞典》载:“马思答吉作为香木类具有开胃,消食,破积,除邪的功效;作为菜类具有去邪,辟恶,温中,利膈,顺气,止痛,生津,解渴,令人口香的功效”<sup>[17]</sup>。《中华本草》·维吾尔药卷记载:“熏鲁香<sup>[18]</sup>、洋乳香<sup>[19]</sup>(异名麻思他其,《回回药方》四本残卷中被多次提及,也是乳香黄连木的树脂)具有化干生热,祛寒燥湿,滋补支配器官,补胃消食,散气除胀,增强消化,芳香除臭的功效。主治寒湿性或黏液质性疾病,如胃脘寒虚、消化不良、腹泻腹胀、牙病口臭等”<sup>[20]</sup>。近年来,国内外学者对乳香黄连木花、叶、果实和树脂进行了深入研究,化学研究表明乳香黄连木所含的精油、酚类、黄酮类、萜类等活性成分具有潜在的药用价值<sup>[21-23]</sup>。药理研究表明其具有抗炎、抗菌、抗氧化、抗肿瘤等多种药理作用<sup>[24-27]</sup>。本文对近年来乳香黄连木及其各部位活性成分、药理作用及临床应用的文献进行检索、归纳、整理,旨

在为乳香黄连木的深入研究及产品开发提供理论依据。

## 1 自然分布

乳香黄连木是一种喜热的常绿灌木或稀小乔木, 树体呈丛状分枝或灌木状, 高 1~5 m。通常偶数羽状复叶, 互生, 革质, 雌雄异花且花小无瓣, 叶轴有窄翅, 卵形或椭圆形小叶, 叶缘较厚, 正面深绿, 背面浅绿; 圆锥形穗状花絮, 花期是 3 月中旬月至 4 月底; 果实为核果, 成熟时由红色转变为黑色, 果实较小, 直径约 4 mm, 百果重 3.8 g、种子百粒重 1.5 g<sup>[28,29]</sup>。其主要生长在温暖的低海拔地区和阳光充足的中海拔地区, 具有耐盐、抗干旱和抗霜冻的能力<sup>[2,8]</sup>。广泛分布于欧洲南部、非洲北部、阿尔及利亚及其东部、突尼斯等地中海地区<sup>[1-3]</sup>, 而分泌“希俄斯之泪”的乳香黄连木变异种 (*Pistacia lentiscus* var. *chia*) 只生长在希腊希俄斯岛<sup>[4]</sup> (见表 1)。

表 1 乳香黄连木自然分布  
Table 1 Natural distribution of *P. lentiscus*

分布 Distribution		参考文献 Ref.	分布 Distribution		参考文献 Ref.
Tunisia	Azib	22	Turkey	Izmir	6
	Ain Draham	39	Israel	Ramat Hanadiv Nature Park	32
	Ain Snoussi	41		Shefa Amr	32
	Bouchoucha	22		Galilee	70
	Bizerte	35	Morocco	Fez-Meknes	31
	Bellif	41		Melloussa	31
	El Kef	25		Ouezzane	49
	Feija	5	Algeria	Ain Kebira	7
	Ezzit Djebel	34		Bejaia	22
	Gouairia	22		Bouira	35
	Kebouch	5		Souk ahras	36
	Kef Erraai	5		Tamalous	37
	Khorgalia	5		Chlef	43
	Kairouan	11		Tipaza	48
	Korbous	40		Skikda	53
	Oueslatia	5		Jijel	57
	Ouled Salem	5		Annaba	66
	Rimel	40	Italy	Sardinia	26
	Jbel Mansour	22		Caserta	49
	Jendouba	69	India	Mumbai	10
	Sidi Zid	4	Egypt	Giza	18
	Sidi Amor	41	Sudan	Shambat-Khartoum	47
	Tabarka	52	Iran	Shiraz	25
	Tebaba	40	Greece	Chios	70

## 2 化学成分

乳香黄连木所含化学成分众多。乳香黄连木的树脂“熏鲁香”是我国维吾尔临床常用药材,研究表明其化学成分复杂,主要含有树脂酸、树脂烃、萜类、挥发油等成分<sup>[30]</sup>。目前,已从乳香黄连木药用

部位中分离超出 100 个成分。包括酚酸类 30 个(1~30)、黄酮类 20 个(31~50)、萜类 50 个(51~100)、甾醇类(101~111)和脂肪酸类(112~123)等多种化合物<sup>[31]</sup>。其中主要活性成分为酚酸类和挥发油,各类型主要化合物见表 2。

表 2 乳香黄连木主要化学成分

Table 2 Chemical compounds isolated from *P. lentiscus*

类型 Types	编号 No.	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	文献 Ref.	类型 Type	编号 No.	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	文献 Ref.
酚酸类	1	Quinic acid	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	11	萜类	66	Copaene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	24
Phenolic acids	2	Gallic acid	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>	11	Terpenoids	67	Elemene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	24
	3	Protocatechuic acid	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	11		68	Caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	24
	4	Chlorogenic acid	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>	11		69	Humulene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	24
	5	4-Caffeoylquinic acid	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>	11		70	Neoolocimene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	24
	6	Coumaric acid	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	11		71	2-Nonanone	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	24
	7	Catechin	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	11		72	Germacrene D	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	24
	8	Coumaroyl hexose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	21		73	Camphor	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	24
	9	Pistafolin A	C <sub>28</sub> H <sub>24</sub> O <sub>18</sub>	21		74	Amorphene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	24
	10	Tetragalloyl quinic acid	C <sub>35</sub> H <sub>28</sub> O <sub>22</sub>	21		75	δ-Cadinene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	24
	11	5-O-galloyl quinic acid	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> O <sub>10</sub>	21		76	Neophytadiene	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub>	24
	12	Methyl gallate	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>5</sub>	21		77	Terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	24
	13	Shikimic acid	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	21		78	Nopinone	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	24
	14	Syringic acid hexoside	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	21		79	1-4-Terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	24
	15	Digallic acid	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> O <sub>9</sub>	21		80	Chrysanthenone	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	24
	16	Tyrosol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	22		81	α-Thujene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	26
	17	3,5-O-Digalloyl quinic acid	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>14</sub>	21		82	β-Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	26
	18	4-hydroxyphenylacetic acid	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	22		83	4-Terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	26
	19	Vanillic acid	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	22		84	Borneol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	26
	20	Ferulic acid	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	22		85	Camphene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	26
	21	Trans cinnamic acid	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	22		86	2-Nonanol	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O	26
	22	o-coumaric acid	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	22		87	Bornyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	26
	23	Oleuropein aglycon	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub>	22		88	α-Caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	26
	24	Naphtoresorcinol	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	22		89	τ-Muurolol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	26
	25	Salycilic acid	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	22		90	γ-Cadinene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	26
	26	Ellagic acid	C <sub>14</sub> H <sub>6</sub> O <sub>8</sub>	33		91	Cadinol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	26
	27	3,4-Dihydroxyhydro-cinnamic acid	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	33		92	Aromadendrene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	26
	28	Trans-4-hydroxy-3-methoxycinnamic acid	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	22		93	beta-Bisabolene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	26
29	Syringic acid	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	33	94	Cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	34		
30	Benzoic acid	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	33	95	Limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	34		
黄酮类	31	Quercetin	C <sub>16</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	11	96	Farnesol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	44	
Flavonoids	32	Rutin	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	11	97	Terpinen-4-ol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	34	
	33	Apigenin	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	11	98	Lupenone	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O	44	

续表 2(Continued Tab. 2)

类型 Types	编号 No.	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	文献 Ref.	类型 Type	编号 No.	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	文献 Ref.
	34	Naringenin	C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>	11		99	Lupanol	C <sub>30</sub> H <sub>52</sub> O	44
	35	Kaempferol	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>	11		100	Lupeol	C <sub>30</sub> H <sub>52</sub> O	44
	36	Cirsiliol	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	11	胆固醇	101	Cholesterol	C <sub>27</sub> H <sub>46</sub> O	38
	37	Naringin	C <sub>27</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub>	21	Sterols	102	$\beta$ -Sitosterol	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub> O	38
	38	Taxifolin	C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	21		103	Campestanol	C <sub>28</sub> H <sub>50</sub> O	38
	39	(?)-Epigallocatechin	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	21		104	Stigmasterol	C <sub>29</sub> H <sub>48</sub> O	38
	40	(epi) Catechin	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	21		105	Obtusifoliol	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O	40
	41	Myricetin-3-glucoside	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>13</sub>	21		106	Butyrospermol	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O	40
	42	Quercetin 3-D-glucoside	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>12</sub>	21		107	Amyrin	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O	40
	43	Kaempferol-3-O-glucuronide	C <sub>21</sub> H <sub>18</sub> O <sub>12</sub>	21		108	Cycloartenol	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O	40
	44	Myricetin-O-rutinoside	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>17</sub>	21		109	24-Methylene cycloartenol	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O	40
	45	Kaempferol (or luteolin) O-deoxyhexoside	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub>	21		110	Citrostadienol	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O	40
	46	Quercetin-3-O- $\beta$ -D-xylopyranoside	C <sub>20</sub> H <sub>18</sub> O <sub>11</sub>	21		111	$\Delta^5$ -Avenasterol	C <sub>29</sub> H <sub>48</sub> O	41
	47	Kaempferol-3-O-rutinoside	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>15</sub>	21	脂肪酸类	112	Linoleic acid	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	5
	48	Quercetin 3-O-rhamnoside	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub>	33	Fatty acids	113	Vaccenic	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	5
	49	Pinoresinol	C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> O <sub>6</sub>	22		114	Oleic acid	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	5
	50	Luteolin	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>	22		115	Linolenic acid	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	5
萜类	51	Carnosic acid	C <sub>20</sub> H <sub>28</sub> O <sub>4</sub>	22		116	Palmitic acid	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	5
Terpenoids	52	Tricyclene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	21		117	Palmitoleic acid	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	5
	53	Phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	24		118	Butanoic acid	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	24
	54	Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	21		119	Arachidic acid	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	37
	55	Camphene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	24		120	Gondoic acid	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	37
	56	Sabinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	24		121	Stearic acid	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	38
	57	2-Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	24		122	Capric acid	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	48
	58	Myrcene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	24		123	Myristic acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	48
	59	Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	24	其他	124	Tocopherol	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub> O <sub>2</sub>	5
	60	p-Cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	24	Others	125	Zeaxanthin	C <sub>40</sub> H <sub>56</sub> O <sub>2</sub>	5
	61	$\gamma$ -Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	24		126	Lutein	C <sub>40</sub> H <sub>56</sub> O <sub>2</sub>	5
	62	Trans-ocimene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	24		127	Carotene	C <sub>40</sub> H <sub>56</sub>	5
	63	Cubebene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	24		128	Coumarin	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	22
	64	Terpinolene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	24		129	Hexanoic acid	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>0</sub>	24
	65	Murolene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	24					

## 2.1 酚酸类

酚酸类物质是乳香黄连木中主要的活性成分,具有抗氧化、抗菌、抗癌等作用。其酚酸类化合物占到总化合物 40.97%  $\pm$  0.95%<sup>[32]</sup>,70%的酚酸类化合物可水解成单宁,故进行含量测定时多以单宁为参照品,叶中单宁的含量达到 409.87  $\pm$  6.9 mg/g,果实中单宁的含量为 309.45  $\pm$  6.88 mg/g。Mehenni

等<sup>[33]</sup>采用高效液相色谱-二极管阵列检测器(HPLC-DAD)首次在乳香黄连木果实的乙醇提取物中检测到木犀草素。乳香黄连木中酚酸类成分的含量与植物生长环境、地区、性别、采收期和采收部位密切相关,雄花和雄叶中总酚含量最高,但从营养期到成熟期其含量也随之降低<sup>[22,34]</sup>。

## 2.2 萜类与精油类

萜类化合物和精油类成分是乳香黄连木植物中的种类多、含量大的成分。叶子中精油的得率为  $1.28\% \pm 0.08\%$  (w/w)<sup>[36]</sup>, 成熟果实的出油率为  $9.5\%$ , 红色果实的出油率为  $11.7\%$ , 黑色果实的出油率为  $32.8\%$ , 最高可达  $35.37\%$ , 这可能与果实在成熟过程中脂肪含量增加有关<sup>[7]</sup>。挥发油化合物中单萜烯类占  $24.48\%$ , 倍半萜类占  $29.16\%$ , 含氧单萜烯类占  $17.6\%$ , 含氧倍半萜类占  $6.25\%$ <sup>[37]</sup>。萜类成分的含量与植物生长环境、采收期和采收部位密切相关, 雌性植物叶与嫩枝中含有丰富的  $\alpha$ -柠檬烯、 $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -香叶烯等成分, 雄性植物花中  $\beta$ -石竹烯和  $\alpha$ -松油烯含量最高, 果实中含有大量的  $\beta$ -香叶烯<sup>[34]</sup>。

## 2.3 脂肪酸类

乳香黄连木果实挥发油中的饱和脂肪酸占  $26\%$ 、单不饱和脂肪酸占  $52\%$ 、多不饱和脂肪酸占  $18\%$ <sup>[7,37]</sup>, 以多不饱和脂肪酸为代表的主要脂肪酸分别在根、叶、茎中占到  $56.94\%$ 、 $64.44\%$ 、 $55.57\%$ <sup>[6]</sup>。不饱和脂肪酸的主要化学物质是油酸和亚油酸, 饱和脂肪酸的主要化学物质是癸酸、肉豆蔻酸和棕榈酸<sup>[38-40]</sup>。脂肪酸具有多种生物活性, 如  $70\%$  以上的不饱和脂肪酸对降低冠心病和癌症具有重要作用。

## 2.4 甾醇类

乳香黄连木中除了脂肪酸外, 还含有植物甾醇。其植物含有的甾醇主要有 4-单甲基甾醇、4-去甲基甾醇和 4,4'-二甲基甾醇三类, 果实中甾醇类物质占到  $0.57\% \pm 0.13\%$ <sup>[38,40]</sup>。Mezni 等<sup>[41]</sup> 从乳香黄连木籽油中分离出 10 中甾醇类化合物, 鉴别了 8 种, 其中  $\beta$ -谷甾醇占总甾醇的  $54\%$  以上, 其次是环

己烯醇 ( $11\%$ ) 和 24-亚基-环己烯醇 ( $5\%$ ), 且植物的生长部位对甾醇的含量具有显著影响 ( $P < 0.001$ )。

## 2.5 其他

乳香黄连木树脂含有的主要成分为不溶性聚合物 ( $25\%$ ) 和三萜酸类化合物 ( $67\%$ ), 三萜酸类化合物又细分成酸性组分 ( $39\%$ ) 和中性组分 ( $28\%$ ), 酸性组分含有乳香二烯酮酸 ( $30\%$ )、异乳香二烯酮酸 ( $30\%$ )、油酸 ( $15\%$ ) 和黄连木酸 ( $10\%$ )<sup>[42]</sup>。

从乳香黄连木叶、果实、树脂等药用部位可分离出多种化学成分, 除上述化合物外, 乳香黄连木中还含有黄酮类<sup>[43]</sup>、阿拉伯半乳聚糖蛋白质、色素类及一些营养物质<sup>[44]</sup>, 如: 生育酚、叶黄素及胡萝卜素等, 植物的地理分布对这些营养物质的含量具有显著影响 ( $P < 0.0001$ )<sup>[5]</sup>。其种子中还富含矿物元素<sup>[45]</sup>, 如 Na、K、Ca、Mg、Fe、Cu 等。

综上所述, 乳香黄连木所含化学成分类型丰富, 数量众多。乳香黄连木的主要活性成分为酚酸类和挥发油, 因此对这两类成分的研究较为深入, 涉及到化合物来源部位、药理活性各个方面的报道较多。而关注乳香黄连木中微量成分、发现更多目前尚未发现的新化合物, 探讨是否存在微量高效活性物质可作为未来研究的一个方向。

## 3 药理作用

乳香黄连木的树脂“熏鲁香”是我国维吾尔医临床常用药材, 具有消散胃中寒气、补脑养心、利肝益肾的功能, 用于寒性胃痛、口咽炎肿、忧郁神乱等症<sup>[46]</sup>。目前, 研究发现乳香黄连木地上部分及其活性成分具有抗炎抗菌、抗氧化、抗肿瘤、保肝、降血糖、降血脂、杀农业病原虫等多种药理作用, 详见表 3。

表 3 乳香黄连木药理作用  
Table 3 Pharmacological activities of *P. lentiscus*

药理作用 Pharmacological activity	部位 Plant part	实验或模型 Assay	成分 Component	参考文献 Ref.
抗氧化作用 Antioxidant	地上部分(叶、果实、树脂)	DPPH/ABTS	挥发油、提取物	11
		$\beta$ -类胡萝卜素漂白法	(甲醇、乙醇、氯仿、乙酸乙酯)	48
		脂质过氧化		23,33,38
		亚油酸甲酯氧化		33
		SOD、CAT、GST		36,66
		FRAP		34,49
		磷钼法		31

续表 3 (Continued Tab. 3)

药理作用 Pharmacological activity	部位 Plant part	实验或模型 Assay	成分 Component	参考文献 Ref.
		ROS		26
抗炎活性 Anti-inflammatory	地上部分	耳肿胀、卡拉胶致胸膜炎、 醋酸诱导的血管通透性	挥发油、提取物(水提、醇提)	53
				54
		单核细胞		50,51
		角叉菜胶诱导足肿胀	挥发油	24
		大鼠结肠炎模型		39
		亚硝酸盐定量法	甲基四氢咪唑提取物	52
胃肠作用 Gastrointestinal	树脂、果实	乙醇诱导大鼠模型	挥发油	57
		肠缺血再灌注模型		58
		TNBS 诱导大鼠模型		39
抗菌 Anitmicrobial	叶	纸片扩散法	挥发油、提取物(水、乙醇)	35,47
		真菌	醇提取(甲醇、乙醇)	11,47
	果实	肉汤稀释法	挥发油/酚类物质	60
	树脂	纸片扩散法	提取物(乙醇、水)	47
	根	纸片扩散法	甲醇提取物	25
抗病毒 Antivira	树脂	HTLV-1、HSV	乙酸乙酯提取物、正己烷提取物	29
杀虫 Insecticidal activity	叶	线虫	提取物(甲醇、乙醇、正己烷、氯仿、乙酸乙酯)	11
	树脂			32
抗癌 Antitumor	地上部分	体外癌细胞毒性研究	提取物(乙醇、氯仿)	21
		抗增殖	挥发油、醇提取物、酚类物质	44
		细胞活性、凋亡		49
肝保护 Hepatoprotective activity	地上部分	小鼠模型	乙醇提取物	26
降糖	地上部分	体外 $\alpha$ -淀粉酶	乙醇提取物	33
		体内链脲佐菌素诱导		33
		新西兰大白兔模型	挥发油、水提物	37
降血脂 Hypolipidemic activity	地上部分	小鼠模型		43
神经保护作用 Antiatherogenic activity	地上部分	铝诱导的小鼠模型	提取物	23
		脂多糖诱导大鼠模型	挥发油	69

### 3.1 抗氧化作用

乳香黄连木不同部位提取物及其活性成分具有清除自由基的特性,是一种天然无毒的抗氧化剂<sup>[47,48]</sup>。Bouyahya 等<sup>[49]</sup>采用 DPPH 自由基清除、ABTS 自由基清除和 Fe 离子氧化还原这三种方法对比了叶与果实挥发油的抗氧化活性,结果叶挥发油的抗氧化能力高于果实挥发油的,且均强于对照抗坏血酸的。果实挥发油( $EC_{50} = 20.619 \pm 0.312$ )的 DPPH 自由基清除能力低于 BHA( $EC_{50} = 0.012 \pm 0.0001$ )<sup>[7]</sup>,不同极性溶剂具有不同的化学组成,从

而显示不同的抗氧化活性<sup>[47]</sup>。Mehenni 等<sup>[33]</sup>采用亚油酸甲酯吸氧法测定叶和果实提取物抗氧化活性实验中,叶乙醇提取物和氯仿水提相的耗氧量低于对照组,其他实验组高于对照组。发挥抗氧化作用的主要化学成分是酚类化合物、黄酮类化合物槲皮素-3-O-鼠李糖苷、脂肪酸类化合物、生育酚等<sup>[48]</sup>。挥发油可促进 CO<sub>2</sub> 激光烧伤伤口的愈合,在修复皮肤损伤方面有很好的前景<sup>[50,51]</sup>。

### 3.2 抗炎作用

促炎因子 IL-1、IL-6、TNF- $\alpha$  及 NO 在炎症的发

生发展过程中有着重要的作用。在体内外不同炎症模型中,乳香黄连木提取物均表现出较强抗炎活性。叶提取物可显著抑制脂多糖诱导鼠巨噬细胞产生 NO 和多形核细胞 TNF- $\alpha$  和 IL-6 的表达<sup>[52,53]</sup>,在 Remila 等<sup>[54]</sup>的研究中,叶提取物可剂量依赖性地降低单核细胞 IL-1 $\beta$  的浓度 ( $P < 0.001$ ),但果实提取物对此细胞因子无影响,而此细胞经 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱导后,叶提取物 (50、75、100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) 依然可剂量依赖性地降低单核细胞 IL-1 $\beta$  的浓度 ( $P < 0.001$ ),果实提取物只有在浓度为 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  时才对此细胞因子有影响。叶醇提物对大豆油所致的耳肿胀、醋酸诱导的血管通透性具有明显的抑制作用<sup>[55]</sup>,果实挥发油对由角叉菜胶所致大鼠足水肿的抑制有时间依赖性<sup>[23]</sup>,显著降低血清中 TNF- $\alpha$  和 IL-6 的浓度<sup>[56]</sup>,挥发油可显著抑制由博来霉素诱导的大鼠肺纤维化炎症浸润水平和肺实质细胞水平的 TGF- $\beta$  分布均减少,同时也可逆转由博来霉素诱导肺纤维化伴随的脂质过氧化和超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT) 的氧化应激参数紊乱<sup>[57,58]</sup>。

### 3.3 对胃肠功能的作用

乳香黄连木在传统应用中可治疗胃痛、胃炎、胃溃疡等胃肠疾病。挥发油通过抑制胃溃疡期间胃黏膜中的促炎症介质 (NO、IL-6 和 TNF- $\alpha$ ),显著减少酒精性胃溃疡的溃疡和出血区域,可作为一种天然抗溃疡药物<sup>[59]</sup>;也能显著降低大鼠肠缺血再灌注血清中天氨酸转氨酶 (AST) 和丙氨酸转氨酶 (ALT) 水平,降低肝组织过氧化物酶活性和脂质过氧化物 (MDA) 水平<sup>[60]</sup>。挥发油对 TNBS 诱导的大鼠小肠炎症具有保护作用,此过程可能与花生四烯酸代谢有关<sup>[39]</sup>,树脂可抑制肠炎患者血浆中游离氨基酸的增加<sup>[61]</sup>。

### 3.4 抗菌作用

富含酚类化合物和脂肪酸的乳香黄连木对革兰氏阳性菌 (枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌) 和革兰氏阴性菌 (大肠杆菌、铜绿假单胞菌、鼠伤寒杆菌) 均有抑制作用,其抑菌活性因菌株和受试物质的地理来源而异,不具有选择性抗菌活性<sup>[38,62]</sup>。乳香黄连木对口腔细菌 (牙龈卟啉单胞菌与具核梭杆菌)、链球菌 (变形链球菌、索氏链球菌、口腔链球菌)、粪便链球菌也有显著地抑制作用,其单体化合物齐墩果酸和 24Z-isomasticadienolic acid 也有这一作用<sup>[63]</sup>。叶挥发油对不同菌株的幽门螺旋杆菌甚至是耐药菌株都有很强的抗菌活性,25  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的乳香

可杀灭 50% 的幽门螺旋杆菌,而 500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的乳香可杀灭 90% 的幽门螺旋杆菌<sup>[64]</sup>,被认为是一种替代性的抗幽门螺旋杆菌候选药物<sup>[35]</sup>。因其具有抗口腔致病菌和幽门螺旋杆菌的作用,作为天然抗菌剂,在龋齿和牙周炎的治疗中有着重要的作用。其树脂具有固齿祛口臭之效,目前市面上的麦斯特凯斯牙膏,每支含有 2% 的乳香,能够有效抑制细菌的生长,杀菌力是蜂胶的 15.6 倍,可以 100% 杀灭口腔的牙周病菌和幽门螺旋杆菌。

### 3.5 抗肿瘤作用

乳香黄连木提取物及化合物对多种肿瘤细胞都具有显著的抑制作用,主要是通过抑制细胞增殖或诱导肿瘤细胞凋亡。对鼠肾细胞 (BHK21)、人乳腺癌 (MDA-MB-231 细胞)、宫颈癌 (Hela 细胞)、结肠癌 (CaCo-2 细胞)、肝脏癌 (HepG2 细胞)、肺癌 (NCI-H1975 细胞)、前列腺癌 (LNCaP 细胞) 和甲状腺癌 (FTC-133) 等癌细胞产生抗癌活性,挥发油及酚类化合物对肿瘤细胞的抑制呈时间与剂量依赖性,且挥发油的作用大于酚类化合物<sup>[26,65]</sup>。富含五环三萜叶提取物可抑制人神经母细胞线粒体氧化还原活性和细胞活力,100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  叶氯仿提取物通过激活 caspase-3 使人神经母细胞瘤 (SH-SY5Y 和 SK-N-BE(2)C) 氧化还原平衡紊乱,导致细胞凋亡<sup>[44]</sup>。

### 3.6 抗结石作用

乳香黄连木地上部分和树脂的汤剂可用于治疗肾结石<sup>[66]</sup>,100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的果实乙醇提取物对 HK-2 细胞无毒性,草酸钙与此细胞共培养 24 h 后,细胞活力下降至 72%  $\pm$  4%,且 E-钙粘蛋白 mRNA 的表达下调,而果实醇提物可显著抑制 HK-2 细胞活力和 E-钙粘蛋白 mRNA 的下降,作用机制是抑制草酸钙与肾上皮细胞的结合,在分离已与管状细胞结合草酸钙晶体的同时,可结合草酸钙<sup>[67]</sup>。因此,乳香黄连木也是一种天然的抗石药。

### 3.7 保肝、降糖、降血脂作用

乳香黄连木具有明显的肝保护作用<sup>[68]</sup>,乳香黄连木叶和果实乙醇提取物能明显降低 CCl<sub>4</sub>、亚砷酸钠、对乙酰氨基酚引起的肝损伤小鼠血清中 ALT、AST 和 ALP 水平,降低肝匀浆中丙二醛含量。除了保肝作用还有抗糖尿病的活性,乙醇提取物可抑制  $\alpha$ -糖苷酶的活性,明显降低链脲佐菌素诱导的糖尿病大鼠的血糖浓度,且叶提取物的作用强于果实提取物的,这可能与叶子中总多酚和黄酮类含量高的有关<sup>[33]</sup>。

胆固醇和甘油三酯是生物膜的重要组成部分,然而血液中高浓度的胆固醇会增加患动脉粥样硬化和相关心血管疾病的风险,乳香黄连木叶与果实水提液、醇提液均有良好的降血脂作用,可显著降低高脂饮食动物血清中总胆固醇、三酰甘油酯、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白和极低密度脂蛋白的含量,且醇提取物的作用强于水提液的,这可能与醇提液中总多酚和黄酮类含量高的有关<sup>[38,44]</sup>。

### 3.8 神经保护作用

乳香黄连木在预防神经退行性疾病中也发挥着重要的保护作用。铝的神经毒性在体内和细胞培养中得到证实,接触铝的实验动物会出现类似阿尔兹海默症的症状,在 Azib 等<sup>[23]</sup>的实验中,乳香黄连木叶提取物可显著抑制 60 天内小鼠口服  $AlCl_3$  溶液 100 ppm 所引起的认知功能障碍和脑中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活性的下降,其酚类化合物没食子酸和黄酮类化合物槲皮素、杨梅素 3-O-鼠李糖苷、槲皮素 3-O-鼠李糖苷也可显著抑制此过程中的脂质过氧化反应,腹腔注射乳香黄连木也可明显改善由脂多糖诱导的大鼠认知障碍和脑组织中抗氧化防御系统降低而引起的氧化损伤( $P < 0.05$ ),也可显著由脂多糖引起大鼠脑中丁酰胆碱酯酶活性的降低,发挥其神经保护的作用。抑制胆碱酯酶活性的作用机制可能与提取物中富含单萜类化合物的抗氧化特性有关,不同地区挥发油中  $\beta$ -月桂烯、2-十一烷酮、摩勒烯对胆碱酯酶活性的抑制作用证明了这一点<sup>[69,70]</sup>。

### 3.9 杀虫作用

乳香黄连木 70% 乙醇叶提取物对幼虫出鞘有抑制作用<sup>[71]</sup>。乳香黄连木可以抑制昆虫感染线虫后的生长发育,抑制芽孢杆菌的繁殖能力,同时引起雌雄同体后代的缺陷,线虫在所研究酚类化合物的中浓度和低浓度下都能存活,并且在低浓度条件下,70% 乙醇提取物、氯仿及环己烷提取物与受损的生殖器官有关,而乙酸乙酯部分对幼虫的杀伤力极强<sup>[32]</sup>。树脂对阴道滴虫的生长具有抑制作用,其作用机制可能与诱导细胞凋亡有关<sup>[72]</sup>。除此之外,叶挥发油还有抗疟原虫的活性<sup>[49]</sup>。

总之,乳香黄连木树脂一直是国内外学者研究的热点,尤其是其对胃肠道疾病、抗幽门螺旋杆菌的研究。其他研究表明,乳香黄连木还具有促进伤口愈合、止泻、利尿、抗突变等作用。

## 4 总结与展望

乳香黄连木中含有酚酸类、萜类、脂肪酸类等多种化合物,具有抗炎、抗菌、抗氧化、抗肿瘤等活性,可用于治疗高血压、咽喉痛、湿疹、胃痛、胃溃疡、肾结石和黄疸等。熏鲁香为我国新疆维吾尔医药中常用药材,临床应用历史悠久,具有良好的改善睡眠、防治神经衰弱、治疗消化道炎症功能<sup>[46]</sup>。目前乳香黄连木的树脂“希俄斯之泪”对 80% ~ 90% 的幽门螺旋杆菌感染有效,已作为一种膳食补充剂用于维持肠道的健康,同时韩国的麦斯凯斯特牙膏中也含有此树脂。

挥发油及酚类物质对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌等均有很好的抑制作用和抗氧化作用,安全无毒,其具有改进产品的口味,延缓产品的氧化变质,提高产品的稳定性作用,可保证产品的商业价值。其在元代宫廷饮膳中就作为香料使用,《本草纲目·菜部》葍萝附也记载了:“元时饮膳用之,云极香料也”,其作为香精香料在饮料、烘焙食品、糖果等食品及香水等化妆品行业中广泛使用。

乳香黄连木除了在食品、化妆品、医药等行业中应用广泛外,在农业和畜牧业方面也有很好的应用前景,在农业上可作为植物源杀虫剂和抑菌剂;因其耐盐碱性和耐旱性,也是干旱盐碱地区园林的适宜观赏树木<sup>[73]</sup>;因其富含大量可食用的胡萝卜素、生育酚和不饱和脂肪酸等营养物质,也可当做饲料添加剂用于畜牧业。

目前对乳香黄连木叶、果实、树脂的研究报道较多,其均含有丰富的化学成分,酚酸类化合物和挥发油是其主要活性成分,也是研究较多的化学成分,其具有抗氧化、抗菌、抗肿瘤等药理活性。虽然目前对乳香黄连木中活性成分及其药理作用报道较多,但其化学成分的研究还停留在粗提物的基础药效方面,对其药理作用的研究尽管涉及多方面,但主要集中在抗炎、抗菌、抗氧化等作用,故其药效物质基础和机制的研究还需要进一步阐明。同时,对分离得到的化合物仍有一些问题需要进一步阐明,如化合物结构与其相对应药理作用的构效关系如何,怎样从分子水平、细胞水平和基因水平上阐明作用机制等。同时,在接下来的工作中应进一步完善乳香黄连木天然药物化学方面的内容,以期寻找到更多的新型化合物以及前体药物,以便更好地利用该植物药资源。总之,我们应该充分利用现代科学手段对其进行提取分离纯化出具有药用价值且结构清晰地



化学成分,运用新型药理模型深入探讨这些活性成分的药理机制,为乳香黄连木在食品、化妆品与医疗药用品中提供依据。

### 参考文献

- Rauf A, et al. Phytochemical, ethnomedicinal uses and pharmacological profile of genus *Pistacia* [J]. Biomed Pharmacother, 2017, 86: 393-404.
- Bozorgi M, et al. Five *Pistacia* species (*P. vera*, *P. atlantica*, *P. terebinthus*, *P. khinjuk*, and *P. lentiscus*): a review of their traditional uses, phytochemistry, and pharmacology [J]. Sci World J, 2013; 219815.
- Nahida, et al. *Pistacia lentiscus*: a review on phytochemistry and pharmacological properties [J]. Int J Pharm Pharm Sci, 2012, 4(4): 16-20.
- Paraschos S, et al. Chios gum mastic: a review of its biological activities [J]. Curr Med Chem, 2012, 19: 2292-2302.
- Mezni F, et al. Effect of growing area on tocopherols, carotenoids and fatty acid composition of *Pistacia lentiscus* edible oil [J]. Nat Prod Res, 2014, 28: 1225-1230.
- Akdemir OF, et al. Determination of the fatty acid composition of the fruits and different organs of lentisk (*Pistacia lentiscus* L.) [J]. J Essent Oil-Bear Plants, 2015, 18: 1224-1233.
- Belyagoubi BN, et al. Fatty acid composition and antioxidant activity of *Pistacia lentiscus* L. fruit fatty oil from Algeria [J]. J Food Meas Charact, 2018, 12: 1408-1412.
- Tafti LD, et al. Traditional persian topical medications for gastrointestinal diseases [J]. Iran J Basic Med Sci, 2017, 20: 222-241.
- Al-Saghir MG. et al. Taxonomic revision of the genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae) [J]. Am J Plant Sci, 2011, 3 (1): 12-32.
- Morkhade DM. Evaluation of gum mastic (*Pistacia lentiscus*) as a microencapsulating and matrix forming material for sustained drug release [J]. Asian J Pharm Sci, 2017, 12: 424-432.
- Lobna HH, et al. Biological activities and chemical composition of *Pistacia lentiscus* in controlling *Fusarium* wilt and root-knot nematode disease complex on tomato [J]. Eur J Plant Pathol, 2019, 155: 281-291.
- Delectis Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agendae Academiae Sinicae Edita. Flora Reipublicae Popularis Sinicae (中国植物志) [M]. Beijing: Science Press, 1980, 45 (1): 91-96.
- Shang YB. Hu Sihui's Re-examination and explanation of unknow objects on the point of "Yin Shang Zheng Yao" [J]. J Cent Univ Natl (中央民族大学学报), 2001, 28 (2): 57-61.
- Shang YB. The characteristics and historical value of "Yin Shang Zheng Yao" [J]. J Palace Museum (故宫博物院院刊), 2010, 148 (2): 130-138.
- Li SZ. Compendium of Materia Medica (本草纲目) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1981: 1639-1639.
- Zhao XM. A Supplement to Compendium of Materia Medica (本草纲目拾遗) [M]. Beijing: Chinese medicine press, 1998: 185-186.
- Xie Guan. Grand Dictionary of Chinese Medicine (中国医学大辞典) [M]. Beijing: Chinese Medicine Press, 1994: 145-145.
- Liu Wei, et al. Research progress of chemical constituents and biological activities of essential oil of *Pistacia lentiscus* [J]. China J Chin Mater Med (中国中药), 2019, 44: 3684-3694.
- He Ting, et al. Textual research on the herbal medicine Frankincense [J]. Lishizhen Med Mater Med Res (时珍国医国药), 2016, 27: 167-168.
- State Administration of Traditional Chinese Medicine of the People's Republic of China. Uyghur Medicine Volume of Chinese Materia Medica (中华本草 维吾尔药卷) [M]. 2005: 288-289.
- Kirollos FN, et al. LC-ESI-MS/MS and cytotoxic activity of three *Pistacia* species [J]. Nat Prod Res, 2019, 33: 1747-1750.
- Mezni F, et al. Phenolic profile and effect of growing area on *Pistacia lentiscus* seed oil [J]. Food Chem, 2018, 257: 206-210.
- Azib L, et al. *Pistacia lentiscus* L. leaves extract and its major phenolic compounds reverse aluminium-induced neurotoxicity in mice [J]. Ind Crops Prod, 2019, 137: 576-584.
- Ben Khedir S, et al. *In vivo* evaluation of the anti-inflammatory effect of *Pistacia lentiscus* fruit oil and its effects on oxidative stress [J]. J Evid Based Complement Alternt Med, 2016: 6108203.
- Jalayer NN, et al. The antibacterial activity of methanolic *Anacyclus pyrethrum* and *Pistacia lentiscus* L. extract on *Escherichia coli* [J]. Iran J Microbiol, 2016, 8: 372-376.
- Catalani S, et al. Oxidative stress and apoptosis induction in human thyroid carcinoma cells exposed to the essential oil from *Pistacia lentiscus* aerial parts [J]. PLoS One, 2017: 0172138.
- Suzuki R, et al. Evaluation of biological activity of mastic extracts based on chemotherapeutic indices [J]. In Vivo, 2017,

- 31:591-598.
- 28 Wang WZ, et al. Introduction and preliminary evaluation of several foreign resources of *Pistacia chinensis*[J]. Chin Horticultural Abstracts(中国园艺文摘),2014,30:160-161.
- 29 Al-Saghir MG. Evolutionary history of the genus *Pistacia* (Anacardiaceae)[J]. Int J Bot,2009,5:255-257.
- 30 Gao JB, et al. Chemical constituents of Mastich, a traditional vighur medicine[J]. Modern Chin Med(中国现代中药), 2012,14(11):4-7.
- 31 Barbouchi M, et al. A comparative study on phytochemical screening, quantification of phenolic contents and antioxidant properties of different solvent extracts from various parts of *Pistacia lentiscus* L. [J]. J King Saud Univ Sci, 2020, 32(1):302-306.
- 32 Santhi VS, et al. Toxicity of phenolic compounds to entomopathogenic nematodes: a case study with *Heterorhabditis bacteriophora* exposed to lentisk (*Pistacia lentiscus*) extracts and their chemical components[J]. J Invertebr Pathol, 2019, 160:43-53.
- 33 Mehenni C, et al. Hepatoprotective and antidiabetic effects of *Pistacia lentiscus* leaf and fruit extracts[J]. J Food Drug Anal, 2016, 24:653-669.
- 34 Zaouali Y, et al. Sex-related differences in essential oil composition, phenol contents and antioxidant activity of aerial parts in *Pistacia lentiscus* L. during seasons [J]. Ind Crops Prod, 2018, 121:151-159.
- 35 Meriem M, et al. Antimicrobial activity of the essential oil isolated from *Pistacia lentiscus* leaves against *Helicobacter pylori* Algerian clinical isolates [J]. J Essent Oil Bear Pl, 2016, 19:466-474.
- 36 Mohamed K, et al. NiO nanoparticles induce cytotoxicity mediated through ROS generation and impairing the antioxidant defense in the human lung epithelial cells (A549): preventive effect of *Pistacia lentiscus* essential oil[J]. Toxicol Rep, 2018, 5:480-488.
- 37 Djerrou Z. Anti-hypercholesterolemic effect of *Pistacia lentiscus* fatty oil in egg yolk-fed rabbits: a comparative study with simvastatin[J]. Chin J Nat Med, 2014, 12:561-566.
- 38 Trabelsi H, et al. Total lipid content fatty acids and 4-desmethylsterols accumulation in developing fruit of *Pistacia lentiscus* L. growing wild in Tunisia[J]. Food Chem, 2012, 131:434-440.
- 39 Naouar MS, et al. Preventive and curative effect of *Pistacia lentiscus* oil in experimental colitis[J]. Biomed Pharmacother, 2016, 83:577-583.
- 40 Trabelsi H, et al. Fatty acids, 4-desmethylsterols, and triterpene alcohols from Tunisian lentisk (*Pistacia lentiscus*) fruits [J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2012, 114:968-973.
- 41 Mezni F, et al. Diversity of sterol composition in Tunisian *Pistacia lentiscus* seed oil [J]. Chem Biodivers, 2016, 13:544-548.
- 42 Kartalis A, et al. Effects of Chios mastic gum on cholesterol and glucose levels of healthy volunteers: a prospective, randomized, placebo-controlled, pilot study (Chios-mastitha) [J]. Eur J Prev Cardiol, 2016, 23:722-729.
- 43 Cheurfa M, et al. Study of hypocholesterolemic activity of Algerian *Pistacia lentiscus* leaves extracts *in vivo* [J]. Rev Bras Farmacogn, 2015, 25:142-144.
- 44 Piccolella S, et al. An apolar *Pistacia lentiscus* L. leaf extract: GC-MS metabolic profiling and evaluation of cytotoxicity and apoptosis inducing effects on SH-SY5Y and SK-N-BE(2) C cell lines [J]. Food Chem Toxicol, 2016, 95:64-74.
- 45 Dhifi W, et al. Chemical composition of lentisk (*Pistacia lentiscus* L.) seed oil [J]. Afr J Agr Res, 2013, 8:1395-1400.
- 46 Dong LM, et al. Research status of Mastiche [J]. Mod Chin Med(中国现代中药), 2016, 18:1220-1223.
- 47 Alhadi EA, et al. *In vitro* antioxidant and antimicrobial activities of *Pistacia lentiscus*, *Phyllanthus andersonii* and *Cinnamomum verum* crude extracts and fractions [J]. J Med Plants Res, 2018, 12:186-193.
- 48 Harrat M, et al. Variability of chemical composition of fatty acids, tocopherols and the antioxidant activity, obtained from the leaves of *Pistacia lentiscus* L. growing in Algeria [J]. Mediter J Nutr Metab, 2018, 11:199-215.
- 49 Bouyahya A, et al. Could volatile compounds from leaves and fruits of *Pistacia lentiscus* constitute a novel source of anticancer, antioxidant, antiparasitic and antibacterial drugs [J]. Ind Crops Prod, 2019, 128:62-69.
- 50 Ben Khedir S, et al. The healing effect of *Pistacia lentiscus* fruit oil on laser burn [J]. Pharm Biol, 2017, 55:1407-1414.
- 51 Ben Khedir S, et al. *Pistacia lentiscus* fruit oil reduces oxidative stress in human skin explants caused by hydrogen peroxide [J]. Biotech Histochem, 2016, 91:480-491.
- 52 Chaabani E, et al. *Pistacia lentiscus* L. edible oil: green extraction with bio-based solvents, metabolite profiling and *in vitro* anti-inflammatory activity [J]. OCL, 2019:2019024.
- 53 Qabaha K, et al. Anti-inflammatory activity of *Eucalyptus* spp and *Pistacia lentiscus* leaf extracts [J]. Afr J Tradit Complement Altern Med, 2016, 13(5):1-6.
- 54 Remila S, et al. Antioxidant, cytoprotective, anti-inflammatory and anticancer activities of *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae) leaf and fruit extracts [J]. Eur J Integr Med, 2015, 7:274-286.
- 55 Bouriche H, et al. Anti-inflammatory and immunomodulatory

- properties of *Pistacia lentiscus* extracts [ J ]. J Appl Pharm Sci, 2016, 6; 140-146.
- 56 Maxia A, et al. Anti-inflammatory activity of *Pistacia lentiscus* L. essential oil; involvement of IL-6 and TNF- $\alpha$  [ J ]. Nat Prod Commun, 2011, 6; 1543-1544.
- 57 Abidi A, et al. Protective effect of *Pistacia lentiscus* oil against bleomycin-induced lung fibrosis and oxidative stress in rat [ J ]. Nutr Cancer, 2017, 69; 490-497.
- 58 Abidi A, et al. Effect of *Pistacia lentiscus* oil on experimental pulmonary fibrosis [ J ]. Tunis Med, 2016, 94; 401-406.
- 59 Boutemine IM, et al. Gastro-protective, therapeutic and anti-inflammatory activities of *Pistacia lentiscus* L. fatty oil against ethanol-induced gastric ulcers in rats [ J ]. J Ethnopharmacol, 2018, 224; 273-282.
- 60 Saidi SA, et al. Liver injury following small intestinal ischemia reperfusion in rats is attenuated by *Pistacia lentiscus* oil; antioxidant and anti-inflammatory effects [ J ]. Arch Physiol Biochem, 2017, 123; 199-205.
- 61 Papada E, et al. Plasma free amino acid profile in quiescent inflammatory bowel disease patients orally administered with mastiha (*Pistacia lentiscus*) : a randomised clinical trial [ J ]. Phytomedicine, 2019, 56; 40-47.
- 62 Mezni F, et al. *In vitro* antimicrobial activity of *Pistacia lentiscus* L. edible oil and phenolic extract [ J ]. Nat Prod Res, 2015, 29; 565-570.
- 63 Karygianni L, et al. Compounds from *Olea europaea* and *Pistacia lentiscus* inhibit oral microbial growth [ J ]. BMC Complement Altern Med, 2019, 19(1) : 51-60.
- 64 Marone P, et al. Bactericidal activity of *Pistacia lentiscus* mastic gum against *Helicobacter pylori* [ J ]. J Chemother, 2001, 13; 611-614.
- 65 Mezni F, et al. Evaluation of *Pistacia lentiscus* seed oil and phenolic compounds for *in vitro* antiproliferative effects against BHK21 cells [ J ]. Pharm Biol, 2016, 54; 747-751.
- 66 Nirumand MC, et al. Dietary plants for the prevention and management of kidney stones: preclinical and clinical evidence and molecular mechanisms [ J ]. Int J Mol Sci, 2018, 19; 765-789.
- 67 Cheraft BN, et al. Protective effects of *Pistacia lentiscus* L. fruit extract against calcium oxalate monohydrate induced proximal tubular injury [ J ]. J Ethnopharmacol, 2017, 209; 248-254.
- 68 Klibet F, et al. Oxidative stress-related liver dysfunction by sodium arsenite; alleviation by *Pistacia lentiscus* oil [ J ]. Pharm Biol, 2016, 54; 354-363.
- 69 Aissi O, et al. Essential oil composition in natural populations of *Pistacia lentiscus* L. from Tunisia; effect of ecological factors and incidence on antioxidant and antiacetylcholinesterase activities [ J ]. Ind Crops Prod, 2016, 91; 56-65.
- 70 Ammari M, et al. *Pistacia lentiscus* oil attenuates memory dysfunction and decreases levels of biomarkers of oxidative stress induced by lipopolysaccharide in rats [ J ]. Brain Res Bull, 2018, 140; 140-147.
- 71 Azaizeh H, et al. Polyphenols from *Pistacia lentiscus* and *Phillyrea latifolia* impair the exsheathment of gastro-intestinal nematode larvae [ J ]. Vet Parasitol, 2013, 191(1) : 44-45.
- 72 Ezz Eldin HM, et al. *In vitro* anti-trichomonas vaginalis activity of *Pistacia lentiscus* mastic and *Ocimum basilicum* essential oil [ J ]. J Parasit Dis, 2015, 39; 465-473.
- 73 Yildirim H, et al. An improved micropropagation protocol for lentisk (*Pistacia lentiscus* L. ) [ J ]. Folia Hort, 2019, 31(1) : 61-69.

(上接第 850 页)

- 22 Park JH, Jeong YJ, Won HK, et al. Activation of TOPK by lipopolysaccharide promotes induction of inducible nitric oxide synthase through NF- $\kappa$ B activity in leukemia cells [ J ]. Cell Signal, 2014, 26; 849-856.
- 23 Rath M, Muller I, Kropf P, et al. Metabolism via arginase or nitric oxide synthase: two competing arginine pathways in macrophages [ J ]. Front Immunol, 2014, 5; 532-532.
- 24 Vannini F, Kashfi K, Nath N, et al. The dual role of iNOS in cancer [ J ]. Redox Bio, 2015, 6; 334-343.