

茴萝精油及提取物的化学成分和药理活性的研究进展

刘恬恬^{1,2}, 周 高¹, 勾林晶¹, 赵 异³, 曾 红⁴, 戴河双^{1,2}, 蔡 强^{3*}, 陈玉欣^{1,2,4*}

1. 湖北工业大学 生物工程与食品学院 制药工程系 发酵工程教育部重点实验室, 湖北 武汉 430068

2. 湖北工业大学 国家外专局/教育部细胞调控与分子药物学科创新“111”引智基地, 湖北 武汉 430068

3. 武汉大学生命科学学院 植物科学系, 湖北 武汉 430072

4. 塔里木大学生命科学学院 新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室, 新疆 阿拉尔 843300

摘 要: 茴萝为伞形科植物茴萝 *Anethum graveolens* 的全草, 是一种典型的维吾尔族药物, 在我国各地均有栽培或野生资源。茴萝精油是从茴萝全草中提取的植物挥发油, 文献报道茴萝精油的主要成分为 α -水芹烯、柠檬烯和香芹酮, 茴萝提取物的主要成分为酚类及黄酮类化合物, 其药理活性主要包括镇痛、抗炎、抗菌、抗氧化、抗肿瘤、抗糖尿病、降胆固醇、杀虫和肝保护等。综述了茴萝精油及提取物的化学成分和药理活性的相关研究, 以期对茴萝的深入研究与应用提供参考, 推动民族医药产业的现代化进程。

关键词: 民族药; 茴萝; 精油; α -水芹烯; 柠檬烯; 香芹酮; 镇痛; 抗炎; 抗菌; 抗氧化; 抗肿瘤; 抗糖尿病

中图分类号: R286 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2022)08-2582-15

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2022.08.035

Research progress on chemical composition and pharmacological activities of dill essential oil and its extract

LIU Tian-tian^{1,2}, ZHOU Gao¹, GOU Lin-jing¹, ZHAO Yi³, ZENG Hong⁴, DAI He-shuang^{1,2}, CAI Qiang³, CHEN Yu-xin^{1,2,4}

1. Key Laboratory of Fermentation Engineering (Ministry of Education), Department of Pharmaceutical Engineering, School of Food and Biological Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China

2. National “111” Center for Cellular Regulation and Molecular Pharmaceutics, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China

3. Department of Plant Science, School of Life Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China

4. Xinjiang Production & Construction Corps, Key Laboratory of Protection and Utilization of Biological Resources in Tarim Basin, College of Life Sciences, Tarim University, Alaer, 843300, China

Abstract: Dill is the whole herb of *Anethum graveolens* in the Umbelliferous family. It is a typical Uyghur medicine, which is cultivated or wild all over China. Dill essential oil is the essential oil extracted from the whole plant. According to literatures, the main ingredients of dill essential oil are α -phellandrene, limonene and carvone, and the main ingredients of various of dill extracts are phenols and flavonoids. Its pharmacological activities mainly include analgesia, anti-inflammation, anti-bacteria, anti-oxidation, anti-cancer, anti-diabetic, cholesterol-reducing, insecticidal, liver protection and so on. In this paper, the ingredients and pharmacological activities of dill essential oil and extract were reviewed, in order to provide reference for the further research and application of dill and promote the modernization and long-term development of national medicine industry.

Key words: ethnic medicine; *Anethum graveolens* L.; essential oil; α -phellandrene; limonene; carvone; analgesia; anti-inflammation; anti-bacteria; anti-oxidation; anti-cancer; ante-diabetic

收稿日期: 2021-11-06

基金项目: 湖北省自然科学基金项目 (2020CFB197); 新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室开放课题 (BRZD2002); 湖北工业大学细胞调控与分子药物“111”引智基地青年学者国际合作研究项目 (XBTK-2020003)

作者简介: 刘恬恬 (1998—), 女, 硕士研究生, 主要从事民族药理学研究。E-mail: liu0709tiantian@163.com

*通信作者: 蔡 强 (1985—), 男, 教授, 主要从事植物与微生物互作研究。E-mail: qiang.cai@whu.edu.cn

陈玉欣 (1986—), 女, 讲师, 主要从事民族药理学及药代动力学研究。E-mail: yuxinc@hbut.edu.cn

民族药是中华民族重要的医药资源之一,我国从远古时期就有使用民族药来治病养生的先例。民族药是我国少数民族群众健康的守护者,在少数民族生存发展中起着重要的作用。进入 21 世纪以来,民族药进入了高速发展阶段^[1]。目前,有 30 多个少数民族药得到挖掘、保护和发展,逐渐形成了以藏、蒙、维、傣、苗 5 大民族药为代表的民族医药体系^[2]。

莳萝别名洋茴香、土茴香^[3],维吾尔语称“失必提、西必提、祖法拉、苏亚”^[2],是伞形科莳萝属莳萝 *Anethum graveolens* L. 的一年生或两年生的干燥全草^[4],具有生干生热、开通阻塞、成熟体液、利尿退肿、除胀止痛、通利经水等功效,主治湿寒性或粘液质型疾病,如小便不通、肝痛腹痛、经水不下等^[2]。伞形科是重要的药用植物来源科属之一^[5]。莳萝最早发现于地中海和西亚地区;古埃及人最早食用了莳萝,而且将莳萝作为止痛药处方的成分之一;在罗马时代,欧洲也有关于莳萝的记载,并由僧侣们传播到欧洲的其它地方^[6]。目前,莳萝在非洲、中东、乌兹别克斯坦、巴基斯坦、印度、泰国、中国、俄罗斯、美国、加拿大等地广泛种植^[7]。

莳萝有广泛的应用,在食品领域,莳萝叶可以加入鸡蛋、肉、沙拉、海鲜、汤等这些菜肴中^[8];在化妆品领域,莳萝可以用于香水工业,也可作为葛缕子精油的替代品^[6];在医药领域,莳萝具有抗炎、抗菌、抗糖尿病、镇静、促乳汁分泌、降低胆固醇等药理活性,可被用来治疗头痛、消化不良、肠胃胀气及促进伤口愈合等^[3]。

莳萝的种子称为莳萝子,也是一种传统的维吾尔族药物,具有与莳萝相似的传统功效^[2]。现代药理学研究表明莳萝子具有广泛的活性,如抗炎^[9]、抗菌^[6, 10]、抗氧化^[11]、抗肿瘤^[12]、抗痉挛^[13]、调血脂^[14]、杀虫^[15]、促进性功能^[16]、缩短分娩时间^[17]、增进食欲及健胃^[18]等。本文综述了莳萝精油及莳萝提取物的化学成分及药理活性的相关研究,希望可以对莳萝资源的进一步开发提供参考。

1 莳萝精油的化学组成

莳萝全草不同部位均含有精油,但同一植株不同部位精油的得率和化学成分有明显差别;同时由于不同地区季节、气候、土壤等差异,莳萝精油的得率和化学成分不尽相同;另外,精油的得

率和化学成分也会随着莳萝的品种、栽培模式、收获时间、储存时间、干燥方法、提取方法等的差异而不同。

1.1 产地对莳萝精油的得率及化学成分的影响

不同产地的莳萝,由于其生长条件差异较大,因此精油得率及化学成分也存在较大的差异。研究人员总结了部分地区莳萝精油的得率:美国(0.27%~0.30%)^[19],古巴(0.30%)^[20],印度(0.17%~0.30%)^[19, 21],塔吉克斯坦(0.70%~0.80%)^[22],伊朗(0.10%~0.20%)^[19],以色列(0.20%)^[19],土耳其(0.15%~0.30%)^[19],匈牙利(0.30%)^[19],塞尔维亚(0.20%~0.28%)^[19],法国(0.25%~0.80%)^[23],荷兰(0.20%)^[19],埃塞俄比亚(0.25%)^[19]。

位于西亚的伊朗,莳萝种植面积非常大,有研究发现,伊朗西北部地区莳萝精油的得率为 0.27%^[24],其精油主要成分为 α -水芹烯(34.2%~58.9%)^[24-25]。位于伊朗中部地区(卡尚)莳萝精油的主要成分为 α -水芹烯(20.8%~47.3%)和香芹酮(11%~28%)^[26-28]。来自亚洲其他 2 个国家(塔吉克斯坦、印度)的莳萝精油的主要成分如表 1 所示,值得注意的是,印度莳萝精油中 dillapiol 的含量较高^[21-22]。

表 1 统计了来自欧洲 3 个不同地区(立陶宛、法国、保加利亚)莳萝精油的化学成分,其主要成分为 α -水芹烯、香芹酮和柠檬烯^[23, 29-30]。据报道,莳萝子精油的提取率高于莳萝其他部位精油的提取率^[7],保加利亚莳萝精油得率较高^[30],是因为该莳萝中包含莳萝种子的缘故。

表 1 还统计了非洲(埃及)莳萝精油的化学成分,与亚欧地区莳萝精油相似,其主要成分为 α -水芹烯、香芹酮、柠檬烯和 *p*-cymene^[31]。

位于北美洲的美国和加拿大,其莳萝精油中香芹酮(44.0%~49.5%)的含量较高,且没有检测到其他产地莳萝精油中广泛存在的 phellandrene^[32-33]。位于北美洲最南部的古巴,其莳萝精油(表 1)中却含有大量的 phellandrene,且香芹酮的含量极少^[20]。

与产自北半球的莳萝精油相似,位于南半球的塔斯马尼亚莳萝精油中含有香芹酮(9.6%~46.5%)、 α -水芹烯(15.5%~49.1%)、 β -水芹烯(5.2%~7.6%)、柠檬烯(16.5%~22.3%)及 dill ether(0.4%~11.9%)^[34]。

表 1 不同产地莳萝精油的化学成分及含量

Table 1 Chemical composition and content of dill essential oil from different areas

产地	质量分数/%													文献
	α -phellandrene	β -phellandrene	p -cymene	dehydro- p -3,9-epoxy- p -cymene	cymene	柠檬烯	dill-ether	cis-dehydrocarvone	dihydrocarvone	香芹酮	α -pinene	β -pinene	myrcene	
古巴	24.9	8.2	14.4		0.3	11.9			13.0	14.5	3.2		1.6	20
印度	31.8		5.3			11.0	13.2			2.1	1.2		0.8	21
塔吉克斯坦	8.0 ^a	8.0 ^a	1.1			6.9	13.2		16.3	51.7				22
伊朗卡尚	20.8		20.8	0.3			9.9	1.4		11.0	2.0		0.8	28
立陶宛	36.3					31.6	21.5		0.5	6.7	1.2		0.6	29
法国留尼汪岛	56.5		3.8			10.9	20.8			0.4	1.7		0.6	23
保加利亚	22.7	2.7	1.5			21.1	8.4		1.5	39.1	0.7		0.3	30
埃及	46.3	11.0	17.9			13.7	0.5		0.2	2.1	1.6	0.3		31
产地	质量分数/%													文献
	α -thujene	sabinene	α -terpinene	γ -terpinene	terpinolene	prehnitene	sabinol	pulegone	propellane	piperitenone	1,3-adamantanediol	octahydro-8a-hydroxy-1(2H)-naphthalenone		
古巴	1.1		0.3				0.5							20
伊朗卡尚	0.4	0.7			0.5	3.2	3.6	1.2	2.7	1.0	1.6	2.5		28
法国留尼汪岛	0.3	0.1			0.2									23
埃及			1.8	0.4			1.0							31
产地	质量分数/%													文献
	dillapiol	3,9-epoxy- p -menth-1-ene	myristicin	linalool	geraniol	geranyl acetate	β -caryophyllene	δ -3-carene	borneol	δ -cadinene	allylchlorodimethylsilane	hexadecanoic acid		
古巴	0.3	14.9	0.2											20
印度	15.3			1.0	10.6	2.0	1.2							21
塔吉克斯坦	0.4													22
伊朗卡尚	0.3							0.3	0.9	0.3	0.8	0.3		28
埃及	0.6		1.1											31
产地	质量分数/%													文献
	2,2-dimethyl-8-acetyl-7-hydroxy-4-chromanone	methyl 3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl) propionate	3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl) propionate	carveol	nerolidol	eugenol	thymol	camphor	trans-anethole					
古巴					0.4									20
塔吉克斯坦									0.3		1.4			22
伊朗卡尚	0.6		0.3											28
埃及					0.7	0.7	0.8	0.6						31

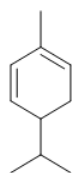
a 表示该文献作者没有明确说明 phellandrene 的具体结构, 只说明了 phellandrene 的总含量为 8%; 含量为 0.2% 以下的成分不在表格中显示

a means that the author of the document did not specify the specific structure of Phellandrene, but only stated that the total content of Phellandrene is 8%; the ingredients below 0.2% are not shown in the table

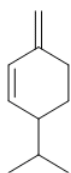
1.2 品种对莳萝精油的得率及化学成分的影响

播种保加利亚和加拿大的 2 个莳萝品种: Mesten 和 Dukat, 莳萝精油得率可达 0.33%、0.93%, 而同样来自加拿大的 Hercules 品种, 其精油得率却

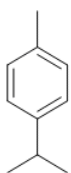
较低。品种还影响莳萝精油的化学成分, 如 Hercules 品种中 α -水芹烯和 β -水芹烯的含量较高, 而柠檬烯、香芹酮和 dihydrocarveol 的含量较低; Mesten 品种中香芹酮的含量较高, 而 dill ether 及 β -水芹烯的



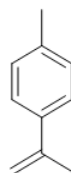
α -phellandrene



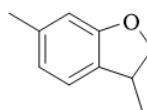
β -phellandrene



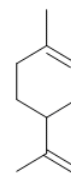
p-cymene



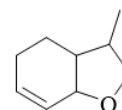
dehydro-*p*-cymene



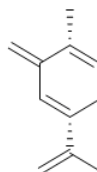
3,9-epoxy-*p*-cymene



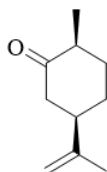
limonene



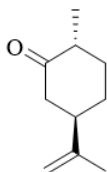
dill ether



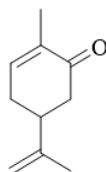
cis-dehydrocarvone



cis-dihydrocarvone



trans-dihydrocarvone



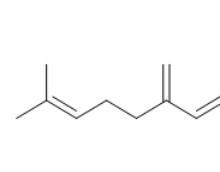
carvone



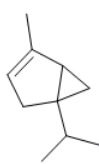
α -pinene



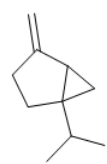
β -pinene



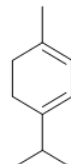
myrcene



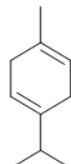
α -thujene



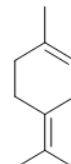
sabinene



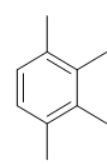
β -terpinene



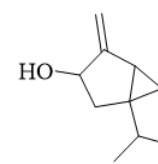
γ -terpinene



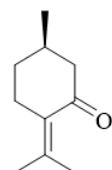
terpinolene



prehnitene



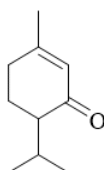
sabinol



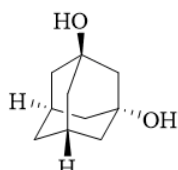
pulegone



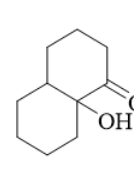
propellane



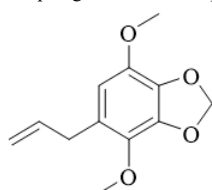
piperitone



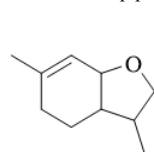
1,3-adamantanediol



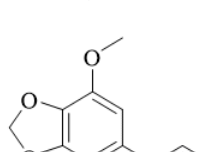
octahydro-8a-hydroxy-1(2*H*)-naphthalenone



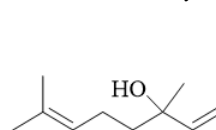
dillapiol



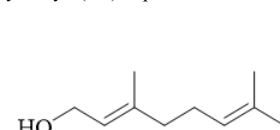
3,9-epoxy-*p*-menth-1-ene



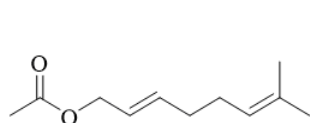
myristicin



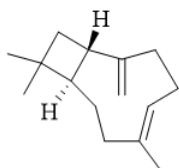
linalool



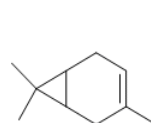
geraniol



geraniyl acetate



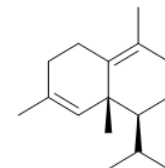
β -caryophyllene



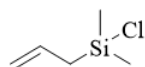
d-3-carene



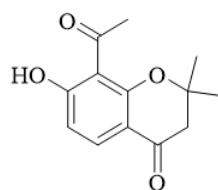
borneol



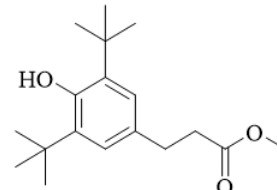
d-cadinene



allylchlorodimethylsilane



2,2-dimethyl-8-acetyl-7-hydroxy-4-chromanone



hexadecanoic acid

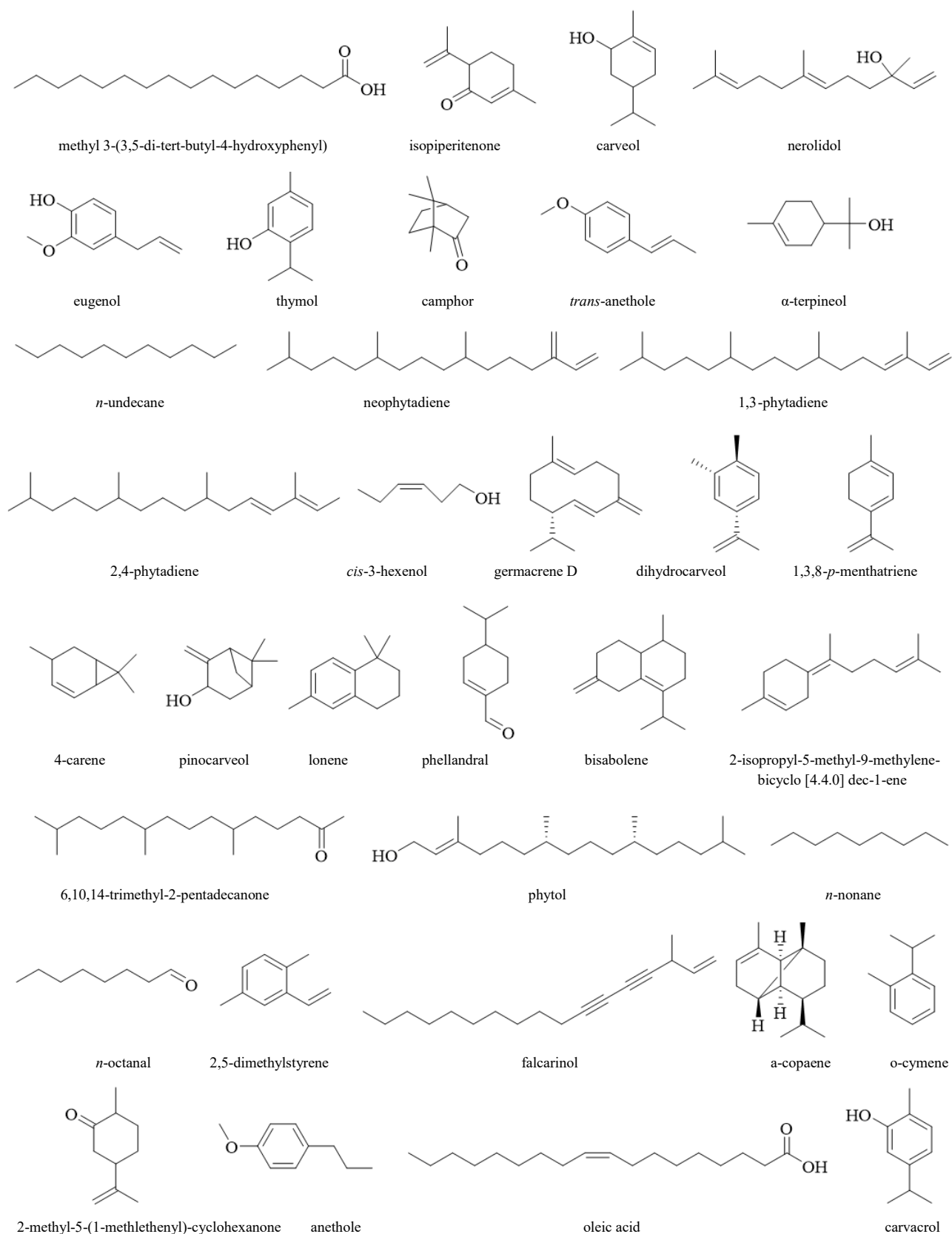


图 1 莳萝精油中化合物的结构

Fig. 1 Structures of compounds present in dill essential oil

含量较低^[35]。

1.3 栽培模式对蒴萝精油的得率及化学成分的影响

多项研究表明,栽培模式涉及播种时间^[35]、种植方式^[4, 36]、种植密度^[37]、施肥条件^[38-39]、灌溉剂量^[34, 37, 40-41]、及丛枝菌根定植^[36]等,这些因素的变化对蒴萝精油的得率及化学成分有显著的影响。

5 月份播种的蒴萝,其精油得率明显高于 6 月份播种的蒴萝,随着播种时间的延迟, β -水芹烯和香芹酮的含量降低,而柠檬烯、*p*-cymene 和 dihydrocarvone 的含量升高^[35]。相对于蒴萝单作模式,蒴萝与其他作物套种,不仅可以提高其精油得率^[4, 36]和质量^[4],而且精油中 α -水芹烯、*p*-cymene 和 apiole 的含量也显著升高^[4]。高密度种植使蒴萝精油中主要成分(α -水芹烯、dill ether、 β -水芹烯、柠檬烯、*p*-cymene、 α -pinene、trans- β -ocimene)的含量大幅升高^[37]。

有机和常规施肥条件下培养的蒴萝,其精油得率分别为 0.07% 和 0.23%,差异较大,且 β -水芹烯和 *p*-cymene 2 种成分只存在于有机施肥的蒴萝精油中^[38]。蒴萝精油中有些成分随着氮肥施加量的增加而增加,如 α -水芹烯、*p*-cymene 和柠檬烯,还有些成分随着氮肥施加量的增加而减少,如 β -水芹烯、thymol 和 myristicin^[39]。

高灌溉剂量不仅提高蒴萝精油的得率^[34],还可以提高蒴萝精油的质量^[40]。但有研究发现,在营养期(茎伸长时)适度的水分亏缺(低灌溉剂量)可以提高蒴萝精油的得率^[41]。高灌溉剂量导致精油中大多数化合物的含量升高: α -水芹烯、 β -水芹烯、柠檬烯、*p*-cymene、 α -pinene、trans- β -ocimene,也有些化合物的含量并不受灌溉剂量的影响,如 dill ether 和香芹酮^[37]。

丛枝菌根定植能显著提高蒴萝精油得率,还能使蒴萝精油中 α -水芹烯、 β -水芹烯、柠檬烯和香芹酮的含量升高,同时 *p*-cymene 和 dill ether 的含量降低^[36]。

1.4 收获时间对蒴萝精油的得率及化学成分的影响

蒴萝精油得率及化学成分随收获时间的不同而不同。冬季从爱沙尼亚收获的蒴萝,其精油得率为干重的 0.56%;而夏季收获的蒴萝,其精油得率略高,为 0.65%。冬季蒴萝精油中 myristicin (1.67%~28.15%) 的含量明显高于夏季蒴萝精油中的含量,而夏季蒴萝精油中 α -水芹烯 (47.74%~62.29%) 和

dill ether (0.94%~14.79%) 的含量明显高于冬季蒴萝精油中的含量^[42],因此夏季的蒴萝比冬季的蒴萝香味更浓。

从播种后第 105 天开始收获塔斯马尼亚蒴萝,此时精油得率很低,而将收获时间推迟到播种后第 111 天,精油得率明显升高,并在第 118 天达到最大值,若此时再推迟收获时间,精油得率将明显下降^[34]。随着收获时间的推迟,蒴萝精油中一些成分的含量也明显下降,如 phellandrene、柠檬烯、dill ether 和 α -pinene;而香芹酮的含量却明显升高^[34, 43-44]。

1.5 储存时间对蒴萝精油的得率及化学成分的影响

研究发现,储存 2 年的蒴萝与刚收获的蒴萝相比,其精油含量明显减少,化学成分也发生了很大的变化,随着储存时间的延长,有些成分的含量减少,如 α -水芹烯和 *p*-cymene;有些成分的含量增加,如 α -pinene、fenchone 和 methyl chavicol;而有些成分则直接消失,如 β -水芹烯、香芹酮和 carvacrol^[45]。

1.6 干燥方法对蒴萝精油的得率及化学成分的影响

Huopalahti 等^[46]将芬兰中部地区的蒴萝经不干燥(即新鲜状态)、热风干燥及冷冻干燥处理后分别提取精油,其中新鲜蒴萝的精油得率最高,经过干燥处理的蒴萝,其精油得率明显下降。新鲜蒴萝精油的主要成分为 α -水芹烯、dill ether 和 β -水芹烯,经过干燥处理后,这 3 种成分的含量显著降低^[46]。

1.7 提取方法对蒴萝精油的得率及化学成分的影响

提取蒴萝精油最常用的方法是水蒸气蒸馏法(hydrodistillation)和蒸汽蒸馏法(steam distillation)。两者最大的区别是,蒸汽蒸馏法中水与药材保持分离状态,而水蒸气蒸馏法是将药材浸泡在水中进行提取,2 种方法所提取蒴萝精油的得率及化学成分差异不大^[47]。

Charles 等^[19]分别用水蒸气蒸馏法和溶剂萃取法(solvent extraction)提取美国蒴萝叶精油,精油的主要成分均为 α -水芹烯、 β -水芹烯和 dill ether,且所含成分的含量差异不大。另一项研究也得到了类似的结论,但蒴萝精油中 β -水芹烯的提取率在使用水蒸气蒸馏法时高于使用溶剂萃取法^[48]。

闭环吹脱法(closed loop stripping)、CO₂ 提取法(carbon dioxide extraction)所提取的蒴萝(德国)精油与直接从德国购买的商业蒴萝精油的化学成分

存在很大的差异^[49]。闭环吹脱法所得精油的化学成分较单一, *p*-cymene 占精油总量的 81.26%; CO₂ 提取法所得精油的主要成分为 α -水芹烯 和 dill ether。香芹酮是德国购买的商业莳萝精油的主要成分, 而使用前 2 种提取方法并未提取到香芹酮^[49]。

1.8 提取部位对莳萝精油的得率及化学成分的影响

精油可以从莳萝的不同部位提取, 如花、叶、茎、根等, 其精油得率及化学成分因提取部位的不同而不同。研究人员总结了莳萝不同提取部位精油的得率: 地上部分 (0.30%~0.90%)^[50-51], 花 (0.36%~0.67%)^[51-52], 叶 (0.10%~0.30%)^[19,53], 茎 (0.11%)^[52], 根 (0.06%)^[50]。可以看出, 莳萝花精油的得率较高, 而莳萝根精油的得率最低。

拉脱维亚莳萝叶和茎精油的主要成分都是 α -水芹烯 (40.04%~43.99%)、dill ether (35.01%~39.73%)、 β -水芹烯 (3.35%~10.91%) 和柠檬烯 (4.93%~9.40%)^[54], 但各成分的含量存在差异。美国莳萝叶精油的主要的化学成分为 α -水芹烯、 β -水芹烯和 dill ether, 并未检测到柠檬烯^[19]。Singh 等^[55]的研究结果与上述结果不同, 他们发现印度莳萝叶精油的主要成分为 dillapiole (90.2%)。

表 2 总结了从莳萝不同部位 (花、茎、叶、地上部分、根) 提取精油的化学成分及含量^[31,50-52,56]。莳萝花、叶和茎精油中主要的化学成分都是 phellandrene、柠檬烯 和 dill ether, 但这几种成分的含量在莳萝的不同器官中存在一定的差异。

2 莳萝精油的药理作用

莳萝精油有着多种药理活性, 如镇痛抗炎、抗菌、抗氧化、抗肿瘤、抗阿尔茨海默病、降胆固醇及杀虫等。

2.1 镇痛抗炎

炎症是十分常见而又重要的基本病理过程, 一氧化氮合酶在炎症因子信号通路激活下会诱导生成大量一氧化氮, 莳萝精油或其化合物的抗炎潜力可能与其清除一氧化氮或抑制诱导型一氧化氮合酶表达有关。研究发现莳萝精油对脂多糖诱导的一氧化氮生成有很强的抑制作用, 其中 sabinene 是抑制活性最高的莳萝精油成分^[57]。对于耐甲氧西林金黄色葡萄球菌感染的 BALB/c 小鼠, 涂抹莳萝精油药膏可以抑制细菌生长并减少创伤面积, 可显著缩短炎症周期, 其作用机制主要是通过增强 p53 和 caspases-3 的表达来诱导炎性细胞的凋亡^[27]。

2.2 抗菌

病原微生物对人类造成多方面的损害, 它可以危害人的身体健康, 同时也是引起农产品腐烂的主要原因之一。关于莳萝精油的抗菌活性总结于表 3。

植物精油中的单萜烯类化合物具有抗菌活性^[58]。有研究报道莳萝精油中香芹酮的抗菌活性略低于 *d*-柠檬烯, 2 种化合物组合可以产生协同抗菌作用^[32]。夏季莳萝精油中 α -水芹烯和 dill ether 的含量高于冬季莳萝精油中的含量, 因此夏季莳萝精油的抗菌活性更高, 抗菌谱更广^[42]。莳萝精油中一些组分还可以增强其他抗菌药物的抗菌活性, 如香芹酮可以增强呋喃妥因对阴沟肠杆菌 *Enterobacter cloacae* 的杀灭作用, 使呋喃妥因对阴沟肠杆菌的最小抑菌浓度 (minimal inhibitory concentration, MIC) 降低 13.75 倍; 柠檬烯能够使呋喃妥因的 MIC 降低 2.5 倍^[59]。

不同文献对于莳萝精油抗菌活性的报道存在一定的差异, 不同的种植气候、莳萝品种、种植制度、及莳萝提取部位等因素可能是造成这些差异的原因^[52]。另外, 由于精油的高挥发性或从植物材料中分离不充分等因素也会导致莳萝精油中抗菌活性组分的损失^[52]。

2.3 抗氧化

董晓等^[63]从总抗氧化活性、清除自由基能力和抗脂质过氧化能力几个方面评价了莳萝叶精油的抗氧化活性, 发现莳萝叶精油的抗氧化活性较高, 强于没食子酸丙酯的抗氧化活性, 并呈剂量相关性。印度学者也得出了类似的结论, 并发现在莳萝叶精油中, 起主要抗氧化作用的活性成分是香芹酮、apiole 和柠檬烯^[51]。

莳萝精油的抗氧化能力会受到莳萝栽培模式 (种植方式、肥料种类) 的影响。莳萝与其他作物套种可以提高其精油的抗氧化活性^[4]; 施用有机肥和化肥都会提高莳萝精油的抗氧化活性, 施加有机肥的效果更好, 这可能是由于有机肥对植物次生代谢途径有整体促进作用^[4]。

2.4 抗肿瘤

癌症 (恶性肿瘤) 是导致我国人口死亡率最高的疾病^[64], 因此寻找有效的肿瘤预防与治疗方法已经变得刻不容缓。有研究表明, 莳萝精油中 dill ether 和香芹酮 2 种成分能够使小鼠肝脏、肺、前胃、结肠和小肠粘膜中解毒酶谷胱甘肽 S 转移酶 (glutathione S-transferase, GST) 的活性升高, GST

表 2 提取部位对蒴萝精油的化学成分及含量的影响

Table 2 Influence of extraction site on Chemical Composition and Content of dill essential oil

提取部位	质量分数/%									文献	
	thujene	pinene	sabinene	phellandr-ene	1,3,8- <i>p</i> -menth-atatriene	柠檬烯	<i>p</i> -cymene	terpinene	4-carene		
花	0.11	1.30		12.03	1.19	61.32	3.60	7.64		52	
茎	3.98	2.65	0.18	24.94		12.95	12.59	31.66	1.52	52	
花				3.29		0.48	33.42			31	
叶				29.62		19.81				56	
地上部分				69.40		3.50				50	
根				16.60		15.50				50	
地上部分				21.80		19.00	3.30			51	
花				6.50		11.20	2.10			51	
提取部位	质量分数/%									文献	
	pinocarveol	3,9-epoxy- <i>p</i> -menth-1-ene	linalool	dihydroc arvone	lonene	香芹酮	phellandral	bisabolene	β-pinene		
花	0.46				0.40		11.24			52	
茎	2.32	0.31		0.18		0.21	0.28	0.24		52	
花			0.35			13.10				31	
叶				0.94		31.30				56	
地上部分						0.90			0.50	50	
根				0.80		27.80			0.30	50	
地上部分		12.30				8.40				51	
花		7.60		4.60		18.90				51	
提取部位	质量分数/%									文献	
	2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-bicyclo [4.4.0] dec-1-ene				6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone	phytol	thymol	carvacrol	myristicin		
花										52	
茎		0.21			0.21	2.37				52	
花							0.85	1.62	0.64	31	
叶										56	
地上部分									6.60	50	
根									4.60	50	
地上部分								20.90	7.20	51	
花							1.20	22.00	23.20	51	
提取部位	质量分数/%									文献	
	falcarinol	<i>n</i> -undecane	<i>n</i> -nonane	<i>n</i> -octanal	2,5-dimethy-lstyrene	apiole	dill ether	α-copaene	<i>o</i> -cymene		
花						4.16	19.63			31	
叶							8.53	0.94	2.42	56	
地上部分		3.20	3.50			9.90				50	
花	11.30	3.70	2.90	0.60	0.20	10.60				50	
提取部位	质量分数/%									文献	
	2-methyl-5-(1-methylethenyl)-cyclohexanone			anethole	oleic acid	sabinol	piperitone	carveol	nerolidol		eugenol
花						0.31	4.60	3.24	1.48	1.55	31
叶	1.71		0.64	1.34							56

含量为 0.2% 以下的成分不在表中显示；“—”表示文献未报道

Components with a content of less than 0.2% are not shown in the table; “—” means not reported in the literature

可抑制细胞癌变，且香芹酮作为 GST 诱导剂显示出更高的活性^[33]。蒴萝精油还被证明对人宫颈癌 HeLa 细胞、人结肠腺癌 Caco-2 细胞和人乳腺癌 MCF-7 细胞有细胞毒性，经检测发现毒性主要来自香芹酮和柠檬烯，两者均可促进白血病粒 HL-60 细胞中活

性氧（reactive oxygen species, ROS）的产生并降低线粒体膜电位（mitochondrial membrane potential, MMP），从而诱导细胞凋亡^[22]。法国学者也证明，蒴萝精油中所含的柠檬烯和 apiole 具有潜在的癌症预防作用^[65]。由此可见，蒴萝精油的抗肿瘤活性可

表 3 莳萝精油的抗菌作用

Table 3 Antibacterial effect of dill essential oil

精油来源	细菌的名称	抑制强度	真菌的名称	抑制强度	文献
植株	<i>Lactobacillus plantarum</i> LBRZ12、 <i>Escherichia coli</i> 、 <i>Salmonella</i> sp.、 <i>Staphylococcus aureus</i> 、 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> 、 <i>Bacillus subtilis</i>	强	<i>Penicillium</i> sp.、 <i>Fusarium</i> sp.、 <i>Aspergillus niger</i> 、 <i>Aspergillus flavus</i>	强	30
植株	<i>Staphylococcus aureus</i> 、 <i>Escherichia coli</i> 、 <i>Yersinia enterocolitica</i>	强	<i>Candida albicans</i> 、 <i>Rhodotorula</i>	强	60
植株	<i>Salmonella typhimurium</i>	中等			
植株	<i>Escherichia coli</i> O157:H7、 <i>Salmonella typhimurium</i> 、 <i>Listeria monocytogenes</i> 、 <i>Staphylococcus aureus</i> 、 <i>Pseudomonas fragi</i>	弱（相对于芫荽叶、芫荽和桉树精油）	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	弱（相对于芫荽叶、芫荽和桉树精油）	32
植株	<i>Staphylococcus aureus</i> 、 <i>Brochothrixthermosphacta</i> 、 <i>Clostridium botulinum</i> 、 <i>Clostridium perfringens</i> 、 <i>Lactobacillus sakei</i>	强	—		61
植株	<i>Escherichia coli</i>	弱	—		22
夏季植株	<i>Escherichia coli</i> 、 <i>Staphylococcus albus</i> 、 <i>Bacillus mesentericus</i>	强	<i>Aspergillus flavus</i>	强	42
冬季植株	<i>Escherichia coli</i> 、 <i>Staphylococcus albus</i>	中等（相对夏季莳萝精油）	<i>Aspergillus flavus</i>	中等（相对夏季莳萝精油）	42
植株顶端和花	<i>Escherichia coli</i>	强	<i>Candida albicans</i>	强	62
花	<i>Escherichia coli</i> 、 <i>Salmonella typhimurium</i> 、 <i>Klebsiella pneumoniae</i> 、 <i>Clostridium perfringens</i>	中等	—		52
叶	—		<i>Aflatoxin B1</i> 、 <i>Aspergillus flavus</i> 、 <i>Aspergillus niger</i> 、 <i>Aspergillus terreus</i> 、 <i>Candida albicans</i> 、 <i>Cladosporium cladosporioides</i> 、 <i>Aspergillus fumigatus</i> 、 <i>Alternaria alternata</i> 、 <i>Curvularialunata</i> 、 <i>Fusarium oxysporum</i> 、 <i>Penicillium italicum</i> 、 <i>Mucor</i> 、 <i>Rhizopus</i>	强	53
叶	<i>Staphylococcus aureus</i> 、 <i>Bacillus subtilis</i>	强	<i>Curvularialunata</i> 、 <i>Aspergillus niger</i> 、 <i>Fusarium graminearum</i> 、 <i>Penicillium viridicatum</i>	强	55

“—”表示文献未报道

"—" means not reported in the literature

能来自于 dill ether、香芹酮、柠檬烯及 apiole 等化合物。

2.5 抗阿尔茨海默病

乙酰胆碱（acetylcholine, ACh）是阿尔茨海默病（alzheimer disease, AD）中的主要神经递质，可以促进学习和记忆，AD 患者脑内 ACh 的水平显著下降，乙酰胆碱酯酶（acetylcholinesterase, AChE）是 ACh 分解的关键酶，抑制 AChE 的活性是治疗 AD 的一种有效策略^[66]。莳萝精油中的 α -pinene 和 carveol 对 AChE 表现出明显的抑制活性，同时莳萝精油的不同成分之间能够相互作用，增强对 AChE 的抑制效果^[66]。

2.6 降胆固醇

莳萝精油可以改善大鼠的高胆固醇血症，研究表明，莳萝精油并不能改变正常大鼠的血脂浓度，但可以使高胆固醇大鼠的总胆固醇（total

cholesterol, TC）、三酰甘油（triglyceride, TG）和低密度脂蛋白胆固醇（low density lipoprotein cholesterol, LDL-C）含量降低，高密度脂蛋白胆固醇（high density lipoprotein cholesterol, HDL-C）含量升高，且呈剂量相关性^[26]。

2.7 杀虫

韩国学者发现莳萝精油（来自美国纽约和英国剑桥）有较强的杀白纹伊蚊（来自韩国国立卫生机构、动物护理和使用委员会）活性，并呈剂量依赖性，具有杀虫活性的主要成分是 myristicin、carvacrol、 γ -terpinene 和柠檬烯； β -pinene 并没有表现出很强的杀幼虫活性^[67]。另一位韩国学者却发现，取自韩国首尔莳萝精油中的 β -pinene 具有很强的杀白纹伊蚊（来自国家卫生研究所、韩国疾病控制和预防中心）的活性^[68]。这种差异可能是使用不同产地的莳萝和不同来源的白纹伊蚊幼虫^[67]所造

成的。

疟疾是严重危害人类健康的寄生虫病之一，斯氏按蚊是疟疾传播的主要媒介。伊朗学者研究发现，莳萝精油对斯氏按蚊的致死率较高，并且呈剂量相关性，浓度为 80 pmol/L 的莳萝精油可以使斯氏按蚊的死亡率达到 100%^[28]。德国学者研究发现，莳萝精油对埃及伊蚊、斯氏按蚊和致倦库蚊都有驱避作用，且对埃及伊蚊的驱避作用强于两种常见的驱虫剂：羟哌酯（Bayrepel）和避蚊胺（DEET）^[69]。

莳萝精油对德国蟑螂、米象鼻虫和地中海粉螟也表现出强烈的杀虫活性^[25, 67]。但莳萝叶和花精油对蚜虫的杀伤力很弱^[62]。

3 莳萝提取物的化学组成

溶剂提取法是根据植物中各种成分在溶剂中的溶解性质，选用对活性成分溶解度大，对其他溶出成分溶解度小的溶剂，从而将有效成分从药材组织内溶解出来的方法。

表 4 统计了不同溶剂（水、乙醇、甲醇、丙酮）提取莳萝叶的得率及化学成分，可以看出，莳萝叶提取物的成分主要为酚类、黄酮类和黄酮醇类化合物。还有学者分析了莳萝提取物的具体成分，Shyu 等^[8]用 95%乙醇提取台湾莳萝花和叶，2 种提取物的得率分别为 20.52%、19.7%，主要成分均为多酚、类黄酮、原花青素、抗坏血酸、花青素和生育酚。其中，有些化合物在莳萝花提取物中的含量高于莳萝叶提取物中的含量，如多酚、类黄酮、花青素和原花青

素；而有些化合物在莳萝叶提取物中的含量高于莳萝花提取物中的含量，如抗坏血酸和生育酚。Erdogan 等^[38]用乙醇提取有机和常规施肥条件下的莳萝，检测到 2 种提取物中的酚酸主要为迷迭香酸、反式肉桂酸和绿原酸，但有机施肥条件下的莳萝，其乙醇提取物中迷迭香酸的含量更高。他们还在莳萝正己烷提取物中检测到挥发性成分，如 α -水芹烯、 β -水芹烯、 α -pinene、 β -pinene^[38]。Justesen 等^[70]用 50%甲醇提取新鲜莳萝全草并检测其黄酮含量，发现 100 g 新鲜莳萝样品中含 48~100 mg 槲皮素、16~24 mg 山柰酚、15~72 mg 异鼠李素。

4 莳萝提取物的药理作用

4.1 镇痛抗炎

莳萝 96%乙醇提取物可以通过抑制炎症介质的合成或作用来减轻炎症疼痛，但对于脊髓疼痛没有镇痛效果，反而可能加重脊髓疼痛^[9]。

4.2 抗菌

有研究表明，莳萝己酸、水、甲醇、乙醇提取物有较高的抗真菌活性，可以抑制小麦黑粉菌 *Rhynchosporium secalis* 和小麦纹枯病菌 *Pyrenophora tritici-repentis* 菌丝的生长，且莳萝乙醇提取物的抑制率最高^[78]。

4.3 抗氧化

多酚类物质具有很强的抗氧化活性，可清除机体新陈代谢产生的大量自由基，防止器官被氧化损伤。此外，酚类化合物、黄酮类化合物和原花青素的含量与 Trolox 等效抗氧化能力（trolox equivalent

表 4 各类莳萝叶提取物的得率及主要成分

Table 4 Yield rate and main components of various of dill leaves extracts

提取溶剂	得率/%	成分含量/(mg·g ⁻¹)			来源	文献
		总酚 ^a	总黄酮醇 ^b	总黄酮 ^b		
水	13.5				伊朗	71
水	—	163.0±3.8	136.0±4.2	112.0±3.5	伊朗	72
水	5.9	65.1±2.1			土耳其	73
水	—	47.7±1.3		19.4±0.6	越南	74
80%乙醇	8.0				印度	75
70%乙醇	—	69.8±1.6		47.7±1.4	越南	74
70%乙醇	26.0	105.2±3.2		58.2±2.8	伊朗	76
甲醇	—	12.0			泰国	77
丙酮	6.1	55.5±1.9			土耳其	73

a 表示总酚含量以没食子酸计，即相当于 mg 没食子酸/g 提取物；b 表示总黄酮、总黄酮醇含量以槲皮素计，即相当于 mg 槲皮素/g 提取物；“—”表示文献未报道

a means the total phenolic content is calculated as gallic acid, which is equivalent to mg gallic acid/g extract; b means the total flavonoids and total flavonol content are calculated as quercetin, which is equivalent to mg quercetin/g extract; “—” means not reported in the literature.

antioxidant capacity, TEAC)、DPPH 自由基清除能力、还原能力和亚铁离子螯合能力呈高度相关性^[8]。

用正己烷、二氯甲烷、醋酸乙酯和乙醇分别提取有机和常规施肥条件下的茛苳，发现有机和常规施肥条件下的茛苳乙醇提取物都有较好的自由基清除活性；有机施肥条件下的二氯甲烷提取物对铁离子的螯合能力最强，而且 2 种施肥条件下的二氯甲烷提取物的磷钼还原抗氧化剂能力（phosphomolybdenum reducing antioxidant capacity, PRAP）均优于其他提取物^[38]。

茛苳提取物的抗氧化活性与茛苳的提取部位有关，Shyu 等^[8]发现茛苳花 95%乙醇提取物的抗氧化活性明显高于茛苳叶 95%乙醇提取物的抗氧化活性。另一项研究表明，泰国茛苳叶甲醇提取物具有抗氧化活性，但与泰国其他一些植物（香菇、云树、紫苏、铁刀木等）甲醇提取物相比，其抗氧化活性较低^[77]，这可能是茛苳叶甲醇提取物中酚类化合物的含量较少的原因。

茛苳提取物的抗氧化活性还与提取溶剂有关，有研究比较了茛苳叶水提取物、乙醇提取物和丙酮提取物的抗氧化活性，其中茛苳叶水提取物的抗氧化活性最高，且呈剂量依赖性^[73]。伊朗学者从自由基清除能力（DPPH、 H_2O_2 、 $O_2^{\cdot-}$ ）、亚铁还原能力、金属螯合能力和对一氧化氮的清除能力等方面进行研究，发现茛苳水提取物的抗氧化活性较好^[72]。但 Nguyen 等^[74]的研究却得到了不同的结论，与茛苳叶水提取物相比，茛苳叶 70%乙醇提取物清除 DPPH 和 ABTS 自由基的活性更高，抗氧化活性更强。

4.4 抗糖尿病

研究发现，无论是在体内还是体外实验中，茛苳水提取物能显著降低糖尿病大鼠晚期糖基化终末产物（advanced glycation end-products, AGEs）的生成；能显著减少蛋白质的聚集，这样可以保证胰岛素的正常分泌；还能显著降低糖尿病大鼠的果糖胺水平。因此，茛苳水提取物可以显著降低血糖，起到抗糖尿病的作用^[72]。印度研究人员发现茛苳叶 80%乙醇提取物可以使糖皮质激素诱导的Ⅱ型糖尿病大鼠的血糖和胰岛素浓度均下降，这表明，茛苳叶 80%乙醇提取物在治疗皮质类固醇诱导的糖尿病方面具有较大的潜力^[75]。

4.5 降胆固醇

研究发现，茛苳 80%乙醇提取物可以治疗大鼠的高胆固醇血症，通过降低 TG、TC、LDL-C 水平

及升高 HDL-C 水平来发挥作用^[79]。茛苳 70%乙醇提取物也被证明具有明显的降胆固醇活性，其活性成分为酚类化合物和黄酮类化合物，作用机制可能是通过抑制 HMG-CoA 还原酶（抑制胆固醇生物合成途径中的限速酶）的活性来抑制内源性胆固醇的合成^[80]。

4.6 肝脏保护

四氯化碳处理大鼠会造成大鼠肝损伤，其主要机制与四氯化碳自身和其自由基代谢产物有关，四氯化碳在细胞内经细胞色素 P450 代谢产生毒性代谢产物，其中血清谷草转氨酶（serum glutamic-oxaloacetic transaminase, SGOT）、谷丙转氨酶（serum glutamic pyruvic transaminase, SGPT）、丙二醛（malondialdehyde, MDA）、碱性磷酸酶（alkaline phosphatase, ALP）等血清酶的水平升高，谷胱甘肽（glutathione, GSH）、谷胱甘肽过氧化物酶（glutathione peroxidase gene, GPX）、超氧化物歧化酶（superoxide dismutase, SOD）、过氧化氢酶（catalase, CAT）等抗氧化酶水平明显降低。而经过茛苳 99.9%乙醇提取物处理的大鼠，这种肝损伤作用会得到较好的改善^[81]，因此，茛苳 99.9%乙醇提取物具有肝脏保护作用。

4.7 其他

茛苳水提取物有促进伤口愈合的作用，茛苳水提取物可以减少受伤大鼠的创伤面积，降低淋巴细胞和中性粒细胞水平，增强创面挛缩、羟脯氨酸、氨基己糖和纤维细胞水平^[82]。茛苳提取物能对小鼠产生催情活性，且不会对精子和生殖器官产生损害^[83]，因此有望成为新的治疗男性性功能障碍的药物。Monsefi 等^[71]发现雌性大鼠口服茛苳叶水提取物可以促进乳汁分泌，茛苳叶水提取物中具有类雌激素作用成分，植物类雌激素组分对乳腺增殖和分化的作用与哺乳动物的雌激素相同，因此，茛苳具有催乳活性。

5 结语

我国西部地区拥有大量的天然药物资源^[84]。少数民族医药产业是我国传统医药的重要组成部分^[85]，目前，民族医药产业发展迅速。但是，由于民族药的发展时间较短，与现代药物产业相比，还存在着较大的差距。因此，必须把握当前民族医药产业发展的机遇，促进民族医药产业长足的发展^[84]。

茛苳精油是从茛苳中提取的植物精油，茛苳精油的成分十分复杂，茛苳不同产地、品种、栽培模

式、储存时间和提取部位以及精油的干燥方法和提取方法都会对其得率及化学成分的含量产生一定的影响。但总的来说, 蒔萝精油的主要成分包括 α -水芹烯、*p*-cymene、柠檬烯、dill ether 和香芹酮。蒔萝精油的药理活性也十分广泛, 主要包括镇痛抗炎、抗菌、抗氧化、抗高胆固醇血症、抗肿瘤、抗阿尔茨海默症及杀虫等。

蒔萝提取物是利用溶剂提取法提取的蒔萝中的有效成分, 相对于蒔萝精油, 蒔萝提取物的成分较简单, 蒔萝不同产地、不同提取部位及提取时所用的溶剂都会对其得率及化学组分产生影响。各类蒔萝提取物主要含有酚类化合物及黄酮类化合物, 但含量随着提取溶剂的不同而不同。蒔萝提取物有多种药理活性, 主要包括镇痛抗炎、抗菌、抗氧化、抗高胆固醇血症、抗糖尿病、肝保护、催情、催乳等。

本文综述了蒔萝的成分及多种药理学作用, 蒔萝精油的化学组成、含量及药理活性已经具有较好的研究基础, 但是对蒔萝提取物的化学组成及药理活性的研究相对较少, 需要科研工作者的进一步研究。该综述为蒔萝在食品、保健品、医药等领域的进一步应用奠定了坚实的基础。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 孙晓明, 张小会, 王海峰, 等. 中国民族药产业现状及发展策略 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(12): 195-202.
- [2] 国家中医药管理局《中华本草》编辑委员会. 中华本草 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005: 399.
- [3] 董晓, 姜子涛, 李荣. 蒔萝精油的化学成分及其生物活性研究进展 [A] // 国务院学位委员会办公室教育部学位管理与研究生教育司、中国农业工程学会农产品加工及贮藏工程分会论文集 [C]. 成都: 西南大学研究生部: 中国农业工程学会, 2011: 4.
- [4] Rostaei M, Fallah S, Lorigooini Z, et al. The effect of organic manure and chemical fertilizer on essential oil, chemical compositions and antioxidant activity of dill (*Anethum graveolens*) in sole and intercropped with soybean (*Glycine max*) [J]. *J Clean Prod*, 2018, 199: 18-26.
- [5] Mohebodini M, Farmanpour-Kalalagh K. Comparative chemical composition of essential oils in dill (*Anethum graveolens* L.) ecotypes: focus on univariate and factor analysis [J]. *International J Horticultural Sci Technol*, 2021, 8(1): 81-90.

- [6] Kaur V, Kaur R, Bhardwaj U. A review on dill essential oil and its chief compounds as natural biocide [J]. *Flavour Fragr J*, 2021, 36(3): 412-431.
- [7] Chahal K K, Kumar A, Bhardwaj U, et al. Chemistry and biological activities of *Anethum graveolens* L. (dill) essential oil: A review. [J]. *J Pharm Phytochem*, 2017, 6(2): 295-306.
- [8] Shyu Y S, Lin J T, Chang Y T, et al. Evaluation of antioxidant ability of ethanolic extract from dill (*Anethum graveolens* L.) flower [J]. *Food Chem*, 2009, 115(2): 515-521.
- [9] Rezaee-Asl M, Vahid Nikoui A B. Antinociceptive properties of hydro alcoholic extracts of *Anethum graveolens* L. (dill) seed and aerial parts in mice [J]. *Clin Exp Pharmacol*, 2013, 3(2): 100-122.
- [10] 曾红. 蒔萝子挥发油抗真菌活性及其作用机制研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.
- [11] Kaur N, Chahal K K, Kumar A, et al. Antioxidant activity of *Anethum graveolens* L. essential oil constituents and their chemical analogues [J]. *J Food Biochem*, 2019, 43(4): e12782.
- [12] Nehdia I A, Abutaha N, Sbihi H M, et al. Chemical composition, oxidative stability and antiproliferative activity of *Anethum graveolens* (dill) seed hexane extract [J]. *Grasas Y Aceites*, 2020, 71(3): 374.
- [13] Naseri M K G, Heidari A. Antispasmodic effect of *Anethum graveolens* fruit extract on rat ileum [J]. *International J Pharm*, 2007, 3(3): 260-264.
- [14] 陆占国, 李伟, 封丹. 蒔萝籽精油成分及消除亚硝酸钠研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(3): 479-482, 505.
- [15] Khani A, Basavand F. Chemical composition and insecticide activity of essential oil from dill seeds. *International J Agriculture Res Rev*, 2013, 3(3): 489.
- [16] Zagami S E, Golmakani N, Kabirian M, et al. Effect of dill (*Anethum graveolens* Linn.) seed on uterus contractions pattern in active phase of labor [J]. *Indian J Trad Knowl*, 2012, 11(4): 602-606.
- [17] Talebi F, Malchi F, Abedi P, et al. Effect of dill (*Anethum Graveolens* Linn) seed on the duration of labor: A systematic review [J]. *Complementary Ther Clin Pract*, 2020, 41: 101251.
- [18] Naseri M, Mojab F, Khodadoost M, et al. The study of anti-inflammatory activity of oil-based dill (*Anethum graveolens* L.) extract used topically in formalin-induced inflammation male rat paw [J]. *Iran J Pharm Res*, 2012, 11(4): 1169-1174.
- [19] Charles D J, Simon J E, Widrlechner M P. Characterization of essential oil of dill (*Anethum graveolens* L.) [J]. *J Essent Oil Res*, 1995, 7(1): 11-20.

- [20] Pino J A, Roncal E, Rosado A, *et al.* Herb oil of dill (*Anethum graveolens* L.) grown in Cuba [J]. *J Essent Oil Res*, 1995, 7(2): 219-220.
- [21] Rana V S, Blazquez M A. Chemical composition of the essential oil of *Anethum graveolens* aerial parts [J]. *J Essent Oil Bear Plants*, 2014, 17(6): 1219-1223.
- [22] Sharopov F S, Wink M, Gulmurodov I S, *et al.* Composition and bioactivity of the essential oil of *Anethum graveolens* L. from Tajikistan [J]. *International Journal of Med Aromat Plants*, 2013, 3(2): 125-130.
- [23] Vera R R, Chane-Ming J. Chemical composition of essential oil of dill (*Anethum graveolens* L.) growing in Reunion Island [J]. *J Essent Oil Res*, 1998, 10(5): 539-542.
- [24] Amanpour A, Kelebek H, Selli S. Aroma constituents of shade-dried aerial parts of Iranian dill (*Anethum graveolens* L.) and savory (*Satureja sahendica* Bornm.) by solvent-assisted flavor evaporation technique [J]. *J Food Meas Charact*, 2017, 11(3): 1430-1439.
- [25] Najafzadeh R, Ghasemzadeh S, Mirfakhraie S. Effect of essential oils from *Nepeta crispa*, *Anethum graveolens* and *Satureja hortensis* against the stored-product insect [J]. *J Med Plants By-product*, 2019, 8(2): 163-169.
- [26] Hajhashemi V, Abbasi N. Hypolipidemic activity of *Anethum graveolens* in rats [J]. *Phytother Res*, 2008, 22(3): 372-375.
- [27] Manzuero R, Farahpour M R, Oryan A, *et al.* Effectiveness of topical administration of *Anethum graveolens* essential oil on MRSA-infected wounds [J]. *Biomed Pharm*, 2019, 109: 1650-1658.
- [28] Osanloo M, Sereshti H, Sedaghat M M, *et al.* Nanoemulsion of Dill essential oil as a green and potent larvicide against *Anopheles stephensi* [J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2018, 25(7): 6466-6473.
- [29] Lazutka J R, Mierauskien J, Slapšyt G, *et al.* Genotoxicity of dill (*Anethum graveolens* L.), peppermint (*Mentha × piperita* L.) and pine (*Pinus sylvestris* L.) essential oils in human lymphocytes and *Drosophila melanogaster* [J]. *Food Chem Toxicol*, 2001, 39(5): 485-492.
- [30] Teneva D, Denkova Z, Denkova-Kostova R, *et al.* Biological preservation of mayonnaise with *Lactobacillus plantarum* LBRZ12, dill, and basil essential oils [J]. *Food Chem*, 2021, 344: 128707.
- [31] Ahl S, Sarhan A, Dahab A, *et al.* Essential oils of *Anethum graveolens* L.: Chemical composition and their antimicrobial activities at vegetative, flowering and fruiting stages of development [J]. *J Plant Res*, 2015, 1(3): 98-102.
- [32] Delaquis P J, Stanich K, Girard B, *et al.* Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and *Eucalyptus* essential oils [J]. *Int J Food Microbiol*, 2002, 74(1/2): 101-109.
- [33] Zheng G Q, Kenney P M, Lam L K. Anethofuran, carvone, and limonene: Potential cancer chemopreventive agents from dill weed oil and caraway oil [J]. *Planta Med*, 1992, 58(4): 338-341.
- [34] Clark R J, Menary R C. The effect of harvest date on the yield and composition of Tasmanian dill oil (*Anethum graveolens* L.) [J]. *J Sci Food Agric*, 1984, 35(11): 1186-1190.
- [35] Bowes K M, Zheljaskov V D, Caldwell C D, *et al.* Influence of seeding date and harvest stage on yields and essential oil composition of three cultivars of dill (*Anethum graveolens* L.) grown in Nova Scotia [J]. *Can J Plant Sci*, 2004, 84(4): 1155-1160.
- [36] Weisany W, Raei Y, Pertot I. Changes in the essential oil yield and composition of dill (*Anethum graveolens* L.) as response to arbuscular mycorrhiza colonization and cropping system [J]. *Ind Crops Prod*, 2015, 77: 295-306.
- [37] El-Zaedi H, Martínez-Tomé J, Calín-Sánchez Á, *et al.* Irrigation dose and plant density affect the volatile composition and sensory quality of dill (*Anethum graveolens* L.) [J]. *J Sci Food Agric*, 2017, 97(2): 427-433.
- [38] Orhan I E, Senol F S, Ozturk N, *et al.* Phytochemical contents and enzyme inhibitory and antioxidant properties of *Anethum graveolens* L. (dill) samples cultivated under organic and conventional agricultural conditions [J]. *Food Chem Toxicol*, 2013, 59: 96-103.
- [39] Madandoust M, Fooladchang M. Effect of nitrogen fertilizer on essential oil content and its compositions in *Anethum graveolens* L [J]. *J Essent Oil Bear Plants*, 2018, 21(5): 1266-1271.
- [40] Popović V, Maksimović L, Adamović D, *et al.* Yield of biomass and essential oil of dill (*Anethum graveolens* L.) grown under irrigation [J]. *Ratar I Povrt*, 2019, 56(2): 49-55.
- [41] Khamssi N N. Influence of water deficit on seed yield and essential oil content of dill (*Anethum graveolens* L.) [J]. *Intern J Plant Animal Envir Sci*, 2014, 4: 297-300.
- [42] Vokk R, Lõugas T, Mets K, *et al.* Dill (*Anethum graveolens* L.) and parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) from Estonia: seasonal differences in essential oil composition [J]. *Agronomy Res*, 2011, 9(2): 515-520.
- [43] Callan N W, Johnson D L, Westcott M P, *et al.* Herb and oil composition of dill (*Anethum graveolens* L.): Effects of crop maturity and plant density [J]. *Ind Crops Prod*, 2007, 25(3): 282-287.
- [44] Pino J A, Rosado A, Goire I, *et al.* Evaluation of flavor

- characteristic compounds in dill herb essential oil by sensory analysis and gas chromatography [J]. *J Agric Food Chem*, 1995, 43(5): 1307-1309.
- [45] Dobрева K Z, Dimov M D. Study of the changes in the chemical composition of Bulgarian dill essential oils [J]. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng*, 2021, 1031(1): 012108.
- [46] Huopalahti R, Kesälahti E, Linko R. Effect of hot air and freeze drying on the volatile compounds of dill (*Anethum graveolens* L.) herb [J]. *AFSci*, 1985, 57(2): 133-138.
- [47] A R, S B, R T, *et al.* Chemical compositions and antibacterial activity of essential oil from dill fruits (*Anethum graveolens* L.) cultivated in Thailand [J]. *Mahidol University J Pharm Sci*, 2015, 42(3): 135-143.
- [48] Huopalahti R, Kallio H, Kärppä P, *et al.* Comparison on two isolation procedures for aroma compounds of dill [M] Berlin, Boston: *De Gruyter*, 1981: 369-376.
- [49] Brunke E J, Hammerschmidt F J, Koester F H, *et al.* Constituents of dill (*Anethum graveolens* L.) with sensory importance [J]. *J Essent Oil Res*, 1991, 3(4): 257-267.
- [50] Santos P A G, Figueiredo A C, Lourenço P M L, *et al.* Hairy root cultures of *Anethum graveolens* (dill): Establishment, growth, time-course study of their essential oil and its comparison with parent plant oils [J]. *Biotechnol Lett*, 2002, 24(12): 1031-1036.
- [51] Dimov M D, Dobрева K Z, Stoyanova A S. Chemical composition of the dill essential oils (*Anethum graveolens* L.) from Bulgaria [J]. *Bulgarian Chem Commun*, 2019, 51(1): 214-216.
- [52] Jianu C, Misca C, Georgeta P O P, *et al.* Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils obtained from dill (*Anethum Graveolens* L.) grown in western Romania [J]. *Revista De Chimie Buchar Orig Ed*, 2012, 63(6): 641-645.
- [53] Prakash B, Singh P, Kedia A, *et al.* Mycoflora and aflatoxin analysis of *Arachis hypogaea* L. and assessment of *Anethum graveolens* L. seed and leaf essential oils against isolated fungi, aflatoxin production and their antioxidant activity [J]. *J Food Saf*, 2012, 32(4): 481-491.
- [54] Kruma Z, Galoburda R, Sabovics M, *et al.* Aroma composition of microwave vacuum dried dill (*Anethum graveolens* L.) stems [J]. *Procedia Food Sci*, 2011, 1: 1338-1343.
- [55] Singh S, Ss D, Singh G, *et al.* Comparative studies of chemical composition, antioxidant and antimicrobial potentials of essential oils and oleoresins obtained from seeds and leaves of *Anethum graveolens* L [J]. *Toxicol Open Access*, 2017, 3(119): 2-9.
- [56] 胡武, 孙胜南, 黄艳, 等. 莳萝油和莳萝籽油的挥发性成分分析及卷烟应用效果比较 [J]. *山东化工*, 2018, 47(13): 70-72, 74.
- [57] Kazemi M. Phenolic profile, antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of *Anethum graveolens* L. essential oil [J]. *Nat Prod Res*, 2015, 29(6): 551-553.
- [58] Aggarwal K K, Khanuja S P S, Ahmad A, *et al.* Antimicrobial activity profiles of the two enantiomers of limonene and carvone isolated from the oils of *Mentha spicata* and *Anethum sowa* [J]. *Flavour Fragr J*, 2002, 17(1): 59-63.
- [59] Rafii F, Shahverdi A R. Comparison of essential oils from three plants for enhancement of antimicrobial activity of nitrofurantoin against enterobacteria [J]. *Chemotherapy*, 2007, 53(1): 21-25.
- [60] Elgayyar M, Draughon F A, Golden D A, *et al.* Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms [J]. *J Food Prot*, 2001, 64(7): 1019-1024.
- [61] Nevas M, Korhonen A R, Lindström M, *et al.* Antibacterial efficiency of Finnish spice essential oils against pathogenic and spoilage bacteria [J]. *J Food Prot*, 2004, 67(1): 199-202.
- [62] Fatope M O, Marwah R G, Onifade A K, *et al.* ¹³C NMR analysis and antifungal and insecticidal activities of *Oman* dill herb oil [J]. *Pharm Biol*, 2006, 44(1): 44-49.
- [63] 董晓, 姜子涛, 李荣. 莳萝叶精油抗氧化性质的研究 [J]. *食品科技*, 2012, 37(12): 235-239.
- [64] Sung H, Ferlay J, Siegel R L, *et al.* Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(3): 209-249.
- [65] Teissedre P L, Waterhouse A L. Inhibition of oxidation of human low-density lipoproteins by phenolic substances in different essential oils varieties [J]. *J Agric Food Chem*, 2000, 48(9): 3801-3805.
- [66] Orhan I, Kartal M, Kan Y, *et al.* Activity of essential oils and individual components against acetyl- and butyrylcholinesterase [J]. *Z Naturforsch C J Biosci*, 2008, 63(7/8): 547-553.
- [67] Seo S M, Jung C S, Kang J, *et al.* Larvicidal and acetylcholinesterase inhibitory activities of Apiaceae plant essential oils and their constituents against *Aedes albopictus* and formulation development [J]. *J Agric Food Chem*, 2015, 63(45): 9977-9986.
- [68] Lee D C, Ahn Y J. Laboratory and simulated field bioassays to evaluate larvicidal activity of *Pinus densiflora* hydrodistillate, its constituents and structurally related compounds against *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti* and

- Culex pipiens* pallens in relation to their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity [J]. *Insects*, 2013, 4(2): 217-229.
- [69] Amer A, Mehlhorn H. Repellency effect of forty-one essential oils against *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* mosquitoes [J]. *Parasitol Res*, 2006, 99(4): 478-490.
- [70] Justesen U, Knuthsen P. Composition of flavonoids in fresh herbs and calculation of flavonoid intake by use of herbs in traditional Danish dishes [J]. *Food Chem*, 2001, 73(2): 245-250.
- [71] Monsefi M, Yadollahi R. Effects of *Anethum graveolens* L. (dill) seed and leaf aqueous extracts on the growth of mammary gland alveolar buds of rat [J]. *Iran J Sci Technol Trans A Sci*, 2017, 41(1): 121-127.
- [72] Oshaghi E A, Khodadadi I, Tavilani H, et al. Aqueous extract of *Anethum graveolens* L. has potential antioxidant and antiglycation effects [J]. *Iran J Med Sci*, 2016, 41(4): 328-333.
- [73] Selen Isbilir S, Sagiroglu A. Antioxidant potential of different dill (*Anethum graveolens* L.) leaf extracts [J]. *Int J Food Prop*, 2011, 14(4): 894-902.
- [74] Nguyen V T, Nguyen N Q, An T N T, et al. Evaluation of polyphenol content and antioxidant activities of Dill leaves extract *Anethum graveolens* L [J]. *Conf Ser Mater Sci Eng*, 2020, 991(1): 012032.
- [75] Panda S. The effect of *Anethum graveolens* L. (dill) on corticosteroid induced diabetes mellitus: Involvement of thyroid hormones [J]. *Phytother Res*, 2008, 22(12): 1695-1697.
- [76] Bahramikia S, Yazdanparast R. Antioxidant and free radical scavenging activities of different fractions of *Anethum graveolens* leaves using *in vitro* models [J]. *Pharmacol Online*, 2008, 2: 219-233.
- [77] Nanasombat S, Teckchuen N. Antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of Thai local vegetables [J]. *J Med Plants Res*, 2009, 3: 443-449.
- [78] Zeyneb T B, Fawzia T B, Mohamed B, et al. Antifungal activity and evaluation of phenolics contents of dill *Anethum graveolens* L. extracts original from Algeria [J]. *Indian J Nat Prod Res*, 2020, 10(3): 188-194.
- [79] Shati Z R K, Mulakhudair A R, Khalaf M N. Studying the effect of *Anethum Graveolens* extract on parameters of lipid metabolism in white rat males [J]. *Ann Trop Med Public Heal*, 2020, 23(16): 231-601.
- [80] Parast R Y, Bahramikia S. Evaluation of the effect of *Anethum graveolens* L. crude extracts on serum lipids and lipoproteins profiles in hypercholesterolaemic rats [J]. *DARU*, 2008, 16: 88-94.
- [81] Tamilarasi R, Sivanesan D, Kanimozhi P. Hepatoprotective and antioxidant efficacy of *Anethum graveolens* Linn in carbon tetrachloride induced hepatotoxicity in Albino rats [J]. *J Chem Pharm Res*, 2012, 4(4): 1885-1888.
- [82] Goorani S, Koohi M K, Zangeneh M M, et al. Healing and cytotoxicity potentials of ointment containing aqueous extract of *Anethum graveolens* on cutaneous wounds in male rats [J]. *Comp Clin Pathol*, 2019, 28(5): 1471-1481.
- [83] Iamsaard S, Prabsattroo T, Sukhorum W, et al. *Anethum graveolens* Linn. (dill) extract enhances the mounting frequency and level of testicular tyrosine protein phosphorylation in rats [J]. *J Zhejiang Univ Sci B*, 2013, 14(3): 247-252.
- [84] 王润球. 中国民族医药产业化发展研究 [J]. 黑龙江民族丛刊, 2015(5): 55-62.
- [85] 朱根华, 熊耀坤, 钟国跃. 少数民族医药产业发展面临的困境及改革策略研究: 以蒙、藏、维民族医药为例 [J]. 西南民族大学学报: 人文社会科学版, 2015, 36(8): 147-151.

[责任编辑 时圣明]