

洋葱精油提取方法、化学成分及生物活性研究进展

李彩霞^{1,2}, 多杰措^{1,2}, 宋文珠^{1,2}, 刘凤香³, 马世震^{1,2*}

¹中国科学院西北高原生物研究所; ²青海省青藏高原特色生物资源研究重点实验室, 西宁 810008;
³海东市林业和草原局, 海东 810699

摘要:洋葱的生理活性物质和风味物质主要存在于洋葱精油中, 本文总结了近年来洋葱精油的主要提取方法及其化学成分研究, 并且介绍了洋葱精油的生物活性研究, 展望了其发展趋势, 为洋葱精油的进一步利用和深入研究提供了参考。

关键词:洋葱; 精油; 提取; 成分; 生物活性

中图分类号: TS264.21

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2023) Suppl-0153-06

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2023.S.020

Research progress on extraction, chemical component and biological activity of essential oil from *Allium cepa* L.

LI Cai-xia^{1,2}, DUO Jie-cuo^{1,2}, SONG Wen-zhu^{1,2}, LIU Feng-xiang³, MA Shi-zhen^{1,2*}

¹Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences;

²Qinghai Key Laboratory of Qinghai-Tibet Plateau Biological Resources, Xining 810008, China;

³Haidong Forestry and Grassland Bureau, Haidong 810699, China

Abstract: The physiologically active and flavorful substances of onion are mainly found in onion essential oil. This paper summarizes recent studies on the main extraction methods and chemical constituents of onion essential oil, and introduces the bioactivity research of onion essential oil, and forecasts its development trend, which provides a reference for the further utilization and in-depth research of onion essential oil.

Key words: onion; essential oil; extraction; composition; biological activity

洋葱 (*Allium cepa* L.), 别名球葱、圆葱、皮牙子等, 在全世界广泛分布, 也是中国主栽蔬菜之一^[1,2]。从洋葱中提取洋葱精油, 可作为调味剂和香料广泛应用于食品行业。同时, 洋葱精油具有抑菌、降血糖、降胆固醇等生理功效, 在食品、保健品、医药行业具有巨大应用潜力^[3]。一般, 洋葱精油仅为洋葱鲜重的 0.04% ~ 0.05%。

因此, 洋葱精油的高效提取、生物活性等相关研究越来越受到人们的关注。本文对已有各种洋葱精油提取方法的原理和结果进行了综述, 比较了各种方法的优缺点, 以期对洋葱资源的深度开发利用提供参考; 同时, 对已有的洋葱精油化学成分和生物活性研究进行了总结, 也为洋葱精油的进一步研究提供参考。

1 提取方法

由于洋葱精油含有多种生理活性成分, 如何高效获取洋葱精油成为洋葱资源利用中的重点。本文对已有的主要提取方法研究结果进行了综述和比较, 结果如表 1 所示。此外, Chu 等^[4]采用聚苯乙烯纳米纤维膜 (NFM) 提取洋葱精油, 将洋葱汁完全通过 NFM 板, 然后将 NFM 板旋转干燥, 并用 50 mL 100% 乙醇洗脱, 将洗脱液蒸馏即可得到琥珀色油状液体。精油的萃取基本原理都是在萃取剂与被萃取物质之间发生物质交换, 传质速率的高低是影响提取效率的最关键因素^[1]。微波辅助和超声波辅助萃取方法是在溶剂法基础上利用了相应的强化技术。目前, 水蒸气蒸馏法是工厂加工精油的常用方法, 但其精油得率较低 (见表 1)。因此, 如何将现有基本停留在实验室阶段的其他提取技术实现规模化生产是目前需解决的问题。

表 1 洋葱精油的提取方法
Table 1 Methods for extracting onion essential oil

种类 Type	原理 Principle	优点 Advantage	缺点 Disadvantage	实例 Example		
				具体参数 Specific parameter	得率 Yield(%)	参考文献 Reference
水蒸汽蒸馏法 Steam distillation	利用洋葱精油各组分蒸汽压力不同,使水蒸汽将挥发性精油从洋葱中提取出来 ^[5]	成本低,易操作,设备简单,投资小	耗能较大,产率低,高温容易导致部分成分损失	鲜洋葱 100 g,蒸馏水 200 mL,粉碎 1 min 左右	0.010 ~ 0.030	6
				匀浆,真空度 5 ~ 8 kPa,溶剂为二氯甲烷	0.312	7
				酶解时间 2h,温度 35 °C;提取时间 2 h	0.32	8
				料液比为 1,提取时间为 2.5 h,酶解温度为 36 °C,蒸馏时间为 2.6 h	1.779	9
溶剂法 Solvent method	选择精油溶解度较大的有机溶剂,加热提取,提取液低温蒸去溶剂	设备投资低、操作简单、产率较高	萃取范围宽,杂质多,后续还需进一步提纯	溶剂为二氯甲烷,55 °C,浸提 1 h	0.69	6
				匀浆,常温,溶剂为石油醚,浸提 9 h	0.158	10
				匀浆,酶解 48 h,干燥后石油醚浸提 2.5 h	2.12	11
超临界 CO ₂ 萃取法 Supercritical CO ₂ extraction	利用精油能够较大幅度地溶解在超临界流体中,充分接触后实现对精油的萃取	保护热敏性成分不被分解,萃取效率高,无有机溶剂残留,无环境污染	对萃取设备要求较高,设备投资较大,生产成本较高	洋葱汁,压力 20.7 Mpa,温度 50 °C	0.0231	12
				洋葱粉,夹带剂为乙醇(15%),压力为 27.98 Mpa,温度 42.18 °C,时间 216.6 min	0.483	13
				压力 32 Mpa,温度 37 °C,萃取时间 3.6 h	2.78 ~ 2.86	14
				匀浆,温度为 25 °C,时间为 45 s,料液比为 1:5	0.70	15
微波辅助萃取法 Microwave assisted extraction	利用短波长、高频率的辐射加热物料,使物料内部温度突然上升,致使细胞破裂,使得有机溶剂更好萃取精油	萃取时间短,产物得率高,	精油中会有有机溶剂残留,难以有效防止微波泄漏	液料比为 8:1,微波功率 350 W、温度 38 °C,时间 6 min	0.334	16
				时间 70 min,浸渍温度和时间为 40 °C 和 70 min,酶解时间 25 min,溶剂二氯甲烷	0.138	17
超声波辅助萃取法 Ultrasonic assisted extraction	超声波空化产生极大压力和局部高温使液体可以加速各种成分进入溶剂	提取温度低、提取率高、提取时间短	提取设备受超声波衰减因素的制约	溶剂二氯甲烷,温度为 35 °C,时间 4 h,料液比 1:1,超声功率为 70%	0.550 ~ 0.858	18

2 化学成分

植物精油的化学成分组成和含量与其药理功能紧密相关,同时,化学成分组成和含量受植物种属、

产地、储存时间、储存温度提取方法等因素影响^[19]。因此,本文将近年来有关洋葱精油的化学成分研究现状进行总结,洋葱精油成分的主要表征方法为

GC/MS法,结果见表2。由表2可知,洋葱精油是各种硫化物的混合物,主要成分为烷基或丙烯基二硫化物和三硫化物。同时,洋葱精油成分种类和成分存在差异,这与不同洋葱精油提取方法和条件有关,还与洋葱原料的不同产地、采集时间、储存条件等有

关。此外,洋葱精油中还存在矿物质元素和脂肪酸。矿物质元素和脂肪酸含量不仅与栽培土壤环境和存储条件有关,还与内外层位置相关,洋葱外层钙元素含量较高,内部钾和硒元素含量较高;外层不饱和脂肪酸含量较高,内部饱和脂肪酸含量较高^[20]。

表2 洋葱精油的主要化学成分

Table 2 Main chemical components of onion essential oil

方法 Method	精油中化合物种类 Category of compounds in essential oil	主要成分 Main chemical component	含量最高成分 Component with highest content	参考文献 Reference
水蒸汽蒸馏法 Steam distillation	27	二丙基三硫醚(7.33 μL/mg)、二丙基二硫醚(4.45 μL/mg)、1-丙烯基丙基二硫醚(3.79 μL/mg)、1-硫代丙醇(2.75 μL/mg)、2-甲基-2-戊烯醛(1.31 μL/mg)、丙烯基丙基三硫醚(1.31 μL/mg)	二丙基三硫醚	13
	15	二丙基三硫化物(27%)、3,5-二乙基-1,2,4-三噻吩(12.8%)、2,5-二甲基噻吩(9.2%)、乙酸(硫化丙基)、甲酯(8.9%)、9-羟基-2-壬酮(7.2%)	二丙基三硫化物	21
	27	原子辛烷结构硫循环、十五烷、二烯丙基二硫醚、吡啶甲酸乙酯、十六烷、二丙基二硫、二丙基三硫化物	原子辛烷结构硫循环	8
	14	二丙基三硫化物(21.0%)、二乙基三硫化物(14.9%)、二丙基二硫化物(7.5%)、反式-3,5-二乙基-1,2,4-噻吩(5.8%)	二丙基三硫化物	22
	9	二丙基二硫化物(30.92%)、二丙基三硫化物(17.10%)、1-丙烯基丙基二硫化物(7.26%)、2-methyl-3,4-dithiaheptane(6.48%)、甲基丙基三硫化物(5.20%)	二丙基二硫化物	23
	21	二甲基三硫化物(16.64%)、甲基丙基三硫化物(14.21%)、甲基-(1-丙烯基)-二硫化物(7.53%)	二甲基三硫化物	24
	溶剂法 Solvent method	25	丙烯基硫代亚磺酸甲酯(21.11%)、甲基-丙基硫代磺酸甲酯(19.99%)、2,4-二丙基硫代磺酸酯(19.74%)、二甲基硫代磺酸甲酯(14.17%)	丙烯基硫代亚磺酸甲酯
36		油酸谷甾醇(18.425%)、3,4-二甲基噻吩(9.906%)、stigmastan-3,5-diene(8.48%)、十六烷酸(5.724%)、3,5-二乙基-1,2,4-三硫环戊烷(5.698%)	油酸谷甾醇	14
超临界 CO ₂ 萃取法 Supercritical CO ₂ extraction	14	1-丙烯基丙基三硫醚、3-乙基-1,2-二硫基-(4/5)-烯、二烯丙基三硫化物	1-丙烯基丙基三硫醚	12
	45	2-nonadecanone, O-methyloxime(39.35%)、邻苯二甲酸(2-乙基)己酯(16.36%)、邻苯二甲酸二丁酯(13.89%)、1,5-二叔丁基-3-甲基苯酚(4.06%)	2-nonadecanone, O-methyloxime	14
	26	丙烯基硫代亚磺酸甲酯(21.11%)、2,4-二丙基硫代磺酸酯(21.00%)、甲基-丙基硫代磺酸甲酯(20.12%)、二甲基三硫化物(18.4%)、二甲基硫代磺酸甲酯(14.17%)、二丙基三硫化物(10.0%)	丙烯基硫代亚磺酸甲酯	25

3 生物活性

由于洋葱资源十分丰富,洋葱精油的生物活性一直受到人们的重视,是目前的研究热点之一。

3.1 抑菌活性

Zohri 等^[26]考察了洋葱精油对4种革兰氏阳性菌和4种革兰氏阴性菌的抑制作用,结果表明洋葱精油对所有革兰氏阳性菌有抑制效果,仅对革兰氏阴性菌肺炎杆菌有作用。Benkeblia^[27]研究了不同浓度的三种洋葱精油提取物(绿洋葱、黄洋葱和红

洋葱)对两种细菌(金黄色葡萄球菌和肠炎沙门氏菌)和三种真菌(黑曲霉菌、青霉菌和尖孢镰刀菌)的作用,发现洋葱精油提取物均具有良好的抑菌作用,当浓度为200、300和500 mL/L时的抑菌效果较好。Ye 等^[28]采用体外抑菌试验,研究了洋葱精油对细菌(大肠杆菌、枯草杆菌和金黄色葡萄球菌)、酵母菌(酵母菌、酿酒酵母菌和热带念珠菌)、霉菌(黑曲霉菌、红曲菌和土曲霉菌)的作用,发现对枯草杆菌、热带念珠菌和酿酒酵母菌具有较好的抑制

作用,最小抑菌浓度范围为 0.18 ~ 1.80 mg/mL,最小杀菌范围为 0.54 ~ 3.60 mg/mL。Kocić-anackov 等^[24]考察了不同洋葱精油浓度对真菌的抑制作用,发现当洋葱精油浓度为 28 μL/100 mL,对黑曲霉菌和黄灰青霉具有明显抑制作用。Obied 等^[29]发现洋葱精油对革兰氏阳性和革兰氏阴性细菌的生长、运动、粘附和生物膜形成具有显著的抑制作用。

进一步,Wang 等^[30]利用洋葱精油抑菌活性,结合保鲜剂柠檬酸和壳聚糖,优化筛选出适合鲜切山药保鲜的复合保鲜剂配方,并且洋葱精油对鲜切山药保鲜效果的影响较为显著。Koné 等^[31]发现在 4℃条件下,添加洋葱提取物(0.05%)可以有效地抑制兔肉中微生物的生长。

综合以上研究结果,说明洋葱精油在天然抑菌剂、抗真菌活性药物开发领域具有良好的研究前景,为开发洋葱资源提供了思路。

3.2 降脂减肥作用

早在 1975 年,Bordia 等^[32]就已发现洋葱精油能显著地阻止脂肪餐引起的胆固醇、纤维蛋白原增高,阻止凝血时间与纤维蛋白溶解活性的下降。Bordia 等^[33]发现洋葱精油显著降低了兔子血清胆固醇和血清甘油三酯的升高,推测洋葱精油通过防止 α 脂蛋白成分的下降、增强纤维蛋白溶解活性,及降低血清胆固醇和甘油三酯水平来预防动脉粥样硬化。杨超等^[34]探讨了洋葱精油对高脂血症模型大鼠血脂水平的影响,发现高脂肪组体重明显高于洋葱精油组;并且与高脂组对比,洋葱精油高剂量组血清甘油三酯和总胆固醇水平均降低,洋葱精油组动脉粥样硬化指数降低,大鼠肝脂肪变性程度明显降低,说明洋葱精油对高脂血症大鼠具有减肥和改善血脂作用。

3.3 抗氧化活性

Helen 等^[35]考察洋葱精油对小鼠由尼古丁引起的过氧化损伤的作用,发现过氧化氢酶和超氧化物歧化酶活性降低,洋葱精油具有明显的抗氧化作用。Ye 等^[28]研究了洋葱精油的抗氧化活性,ABTS 法测得 IC₅₀ 为 0.67 mg/mL, DPPH 法测得 IC₅₀ 为 0.63 mg/mL,金属螯合试验测得 IC₅₀ 为 0.51 mg/mL,并且其还原力大小与洋葱精油剂量相关。因此,洋葱精油具有稳定自由基作用,可用于抗褐变、延缓衰老等用途。

3.4 抗癌活性

Belman^[36]最早发现肿瘤的发生率和生长可通

过周期施用一定剂量洋葱精油(10 ~ 10 000 μg)被抑制。Seki 等^[37]考察了洋葱精油对人早幼粒白血病 HL-60 细胞的作用,发现 HL-60 细胞在洋葱精油浓度为 20 μg/ml 环境下培养时,洋葱精油对 HL-60 细胞的增殖有明显的抑制作用,并且当洋葱精油与全反式维甲酸联用时效果更好。Sharen 等^[38]通过体外实验,发现洋葱精油可降低口腔癌细胞活力,且其作用与洋葱精油浓度相关。

3.5 免疫调节

Xin 等^[39]通过正常小鼠的溶血空斑实验及淋巴细胞转化实验,发现洋葱精油对小鼠的 T 细胞转化有明显的抑制作用,而对体液抗体生成有促进作用,这说明洋葱精油对体液免疫和细胞免疫的调节可能随剂量不同而呈双向调节作用。

3.6 抗毒活性

Sajitha 等^[40]通过小鼠实验发现一定时间内服用洋葱精油(剂量为 100 mg/(kg·d))可明显抵消铅的不利影响,并且大蒜油也具有相同作用,这说明洋葱精油和大蒜油内的含硫化合物对含铅化合物具有抗毒作用。Kamel 等^[41]发现洋葱精油(100 mg/kg)可缓解顺铂引起的大鼠肾毒性,说明对洋葱精油对顺铂引起的大鼠肾毒性具有保护作用。Meted 等^[42]研究表明洋葱提取物的预处理可以减弱由阿霉素产生的肝毒性。

3.7 其他作用

Grassino 等^[43]采用恒流法和原子吸收光谱法,研究了洋葱精油对铁皮板金属(锡和铬)的溶出影响,发现当铁板表面有洋葱精油涂层(7.31 ~ 9.76 g/m²)时,锡的溶出量显著低于表面是癸二酸二辛酯油保护涂层(9.24 ~ 11.03 g/m²)情况;当使用洋葱精油涂层(1.0 ~ 1.3 mg/m²)时,铬的溶出量显著低于表面是癸二酸二辛酯油保护涂层(1.8 ~ 2.5 mg/m²)情况,这说明洋葱精油具有一定的防腐蚀作用,可用于罐装食品和储存。

4 结语与展望

随着人们生活水平的提高,崇尚自然和健康意识逐步增强。洋葱精油的生物活性说明洋葱精油未来在食品、保健、医药领域将会得到广泛应用,预示着洋葱资源的开发利用存在潜力巨大的市场,其工业化生产将面临巨大的机遇和挑战。目前,我国对洋葱精油提取研究较多,取得了不少成果,但有关洋葱精油生物活性的研究较少或缺乏深入研究,深加工产品较少。因此,以后洋葱精油的研究需继续深

人,一方面开发或优化适于工业化生产的提取技术;另一方面进一步探索生物活性背后的确切机制、构效关系等,为洋葱精油的开发应用提供参考。

参考文献

- 1 Shi XG, et al. Research progress on extraction technology of essential oils from onion [J]. China Condiment (中国调味品), 2014, 39: 126-129.
- 2 Su JH, et al. Isolation and identification of *Penicillium* species during storage of onions [J]. J Gansu Agric Univ (甘肃农业大学学报), 2016, 51: 95-101.
- 3 Teshika JD, et al. Traditional and modern uses of onion bulb (*Allium cepa* L.): a systematic review [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2019, 59 (S1): S39-S70.
- 4 Chu LL, et al. Extraction of onion (*Allium cepa*) essential oil by polystyrene nanofibrous membranes [J]. J Food Process Eng, 2017, 40: e12318.
- 5 Wu JB, et al. Essential oil extraction plant summary of research development [J]. Chem Eng Des Commun (化工设计通讯), 2016, 42: 33-34.
- 6 Wang Q, et al. Study on value added onion oil extraction technology [J]. Food Sci (食品科学), 2001, 22: 56-58.
- 7 Wang JJ, et al. Study on extraction process for manufacturing onion oil [J]. J Nanjing Agric Univ (南京农业大学学报), 2003, 26: 20-23.
- 8 Li X, et al. Study on extraction technique and chemical component analysis of onion essential oil by GC/MS [J]. China Condiment (中国调味品), 2013, 38: 82-85.
- 9 Wang ZD, et al. Optimisation of steam distillation extraction oil from onion by response surface methodology and its chemical composition [J]. Nat Prod Res, 2017, 32: 112-115.
- 10 Liu HY, et al. Onion oil extraction technology [J]. J Chin Cereals Oils Assoc (中国粮油学报), 2006, 21: 123-125.
- 11 Xiao J. Extraction and analysis of onion oleoresin and preparation of microcapsule [D]. Nanjing: Southeast University (东南大学), 2006.
- 12 Saengcharoenrat C, et al. Effects of supercritical carbon dioxide conditions on onion oil desorption [J]. J Food Eng, 2004, 63: 33-37.
- 13 Li LM. Study on the extraction of onion (*Allium cepa* L.) oil [D]. Beijing: China Agricultural University (中国农业大学), 2004.
- 14 Yan W. Extraction of onion essential oil and onion flavone [D]. Jinan: Shandong University (山东大学), 2008.
- 15 Zhao H, et al. Study on technology of extracting of onion essential oil by microwave-assisted method [J]. Flavour Frag Cosmet (香料香精化妆品), 2005, 3: 1-4.
- 16 Li SH, et al. Optimization of microwave assisted extraction of onion essential oil by response surface method [J]. China Condiment (中国调味品), 2018, 43: 97-101.
- 17 Pan XJ. Onion oil extraction process and optimization [D]. Shanghai: East China University of Science and Technology (华东理工大学), 2010.
- 18 Xue SJ, et al. Study on technology of extracting of onion essential oil by synchrotron radiation method [J]. The Food Ind (食品工业), 2017, 38: 13-16.
- 19 Quan MP. Research progress on chemical component analysis and biological activity of essential oil from *Allium cepa* [J]. China Condiment (中国调味品), 2018, 43: 187-190.
- 20 Sharma K, et al. Economical and environmentally-friendly approaches for usage of onion (*Allium cepa* L.) waste [J]. Food Funct, 2016, 7: 3354-3369.
- 21 Zhao H, et al. Study on contrast between onion essential oil and oleoresin from dried onion powder [J]. Liaoning Agric Sci (辽宁农业科学), 2007, 2: 24-26.
- 22 Zhang LG, et al. Extraction and quality analysis of volatile oils from onions by coupling pilot and laboratory equipment based on multi-rectification [J]. Sep Purif Technol, 2014, 137: 36-42.
- 23 Mnayer D, et al. Simultaneous extraction of essential oils and flavonoids from onions using turbo extraction-distillation [J]. Food Anal Methods, 2015, 8: 586-595.
- 24 Kocić-anackov S, et al. Antifungal activity of the onion (*Allium cepa* L.) essential oil against *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species isolated from food [J]. J Food Process Preserv, 2016, 41: e13050.
- 25 Zhang JS, et al. Chemical constituents of onion oleoresin produced by means of microwave-assisted extraction [J]. J Liaoning Univ Pet Chem Technol (辽宁石油化工大学学报), 2006, 26: 103-106.
- 26 Zohri AN, et al. Antibacterial, antidermatophytic and antitoxic activities of onion (*Allium cepa* L.) oil [J]. Microbiol Res, 1995, 150: 167-172.
- 27 Benkeblia N. Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*) [J]. LWT-Food Sci Technol, 2004, 37: 263-268.
- 28 Ye C, et al. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil from onion (*Allium cepa* L.) [J]. Food Control, 2013, 30: 48-53.
- 29 Obied HN, et al. An in vitro study of anti-bacterial, anti-adherence, anti-biofilm and anti-motility activities of the aqueous extracts of fresh and powdered onion (*Allium cepa*) and onion oil [J]. J Pharm Sci Res, 2018, 10: 1573-1578.
- 30 Wang M, et al. Effect of compound preservative on fresh-

- keeping of fresh-cut yam [J]. Food Mach (食品与机械), 2017, 33: 134-140.
- 31 Koné AP, et al. Plant extracts and essential oil product as feed additives to control rabbit meat microbial quality [J]. Meat Sci, 2019, 150: 111-121.
- 32 Bordia A, et al. Effect of the essential oils of garlic and onion on alimentary hyperlipemia [J]. Atherosclerosis, 1975, 21: 15-19.
- 33 Bordia A, et al. Effect of essential oil of onion and garlic on experimental atherosclerosis in rabbits [J]. Atherosclerosis, 1977, 26: 379-386.
- 34 Yang C, et al. Anti-obesity and hypolipidemic effects of garlic oil and onion oil in rats fed a high-fat diet [J]. Nutr Metab, 2018, 15: 43-50.
- 35 Helen A, et al. Antioxidant effect of onion oil (*Allium cepa* Linn) on the damages induced by nicotine in rats as compared to alpha-tocopherol [J]. Toxicol Lett, 2000, 116: 61-68.
- 36 Belman S. Onion and garlic oils inhibit tumor promotion [J]. J Carcinog, 1983, 4: 1063-1065.
- 37 Seki T, et al. Garlic and onion oils inhibit proliferation and induce differentiation of HL-60 cells [J]. Cancer Lett, 2000, 160: 29-35.
- 38 Sharen AA, et al. Cytotoxic evaluation of onion oil on oral cancer cell [J]. Drug Invent Today, 2019, 12: 1385-1387.
- 39 Xin WF, et al. The effect of garlic oil, onion oil and green Chinese onion oil on immune system of mice [J]. Chin J Food Hygiene (中国食品卫生杂志), 1996, 4: 9-10.
- 40 Sajitha GR, et al. Prophylactic effects of garlic oil and onion oil fractions as compared to vitamin E on rats orally fed with lead acetate solution [J]. Indian J Clin Biochem, 2016, 31: 260-269.
- 41 Kamel KM, et al. Protective effects of onion oil and selenium against cisplatin-induced nephrotoxicity and oxidative stress in rats [J]. Egyptian J Hosp Med, 2015, 58: 18-25.
- 42 Mete R, et al. Protective effects of onion (*Allium cepa*) extract against doxorubicin-induced hepatotoxicity in rats [J]. Toxicol Ind Health, 2016, 32: 551-557.
- 43 Grassino AN, et al. Influence of essential onion oil on tin and chromium dissolution from tinplate [J]. Food Chem Toxicol, 2009, 47: 1556-1561.
-
- (上接第 15 页)
- 17 Wang Y, Xu KY, Bao JF. Regulation of autophagy on oxidative stress pathway and its effect on liver fibrosis [J]. Chin J Health Lab Tec (中国卫生检验杂志), 2020, 30: 1716-1718.
- 18 Chen WL, Li WM, Zhang SH, et al. Total flavonoids of astragalus attenuates hepatic fibrosis by anti-inflammatory and antioxidant effect [J]. Jiangxi Med J (江西医药), 2020, 55: 1404-1407.
- 19 Guo YX, Dong HJ, Liu T, et al. Effects of total flavonoids from *Nymphaea candida* on hepatic fibrosis induced by carbon tetrachloride in rats [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2020, 51: 4983-4990.