

## 薏苡仁油主要成分及其功能性研究进展

沈佳奇<sup>1</sup>, 李志<sup>2</sup>, 周棱波<sup>1</sup>, 汪灿<sup>1</sup>, 张国兵<sup>1</sup>, 任艳<sup>1</sup>, 徐建霞<sup>1</sup>, 邵明波<sup>1</sup>

(1. 贵州省农业科学院 旱粮研究所, 贵阳 550000; 2. 六盘水市山地特色生态产品研究中心, 贵州 六盘水 553000)

**摘要:** 薏苡是一种药食同源的谷类作物, 原产于我国, 种植历史悠久。薏苡仁油是提取自薏苡仁或薏苡仁加工副产物麸皮中的油脂及脂溶性功能成分的混合物。研究表明, 薏苡仁油具有降脂、抗癌等作用。综述了薏苡仁油主要成分及其功能性的国内外研究进展, 提出了目前存在的不足并展望研究方向, 旨在为薏苡仁油综合开发利用及其功能机制的深入研究提供参考。

**关键词:** 薏苡仁油; 主要成分; 薏苡仁酯; 薏苡素; 功能性; 抗癌

**中图分类号:** TS225.6; TS201.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-7969(2020)08-0090-06

### Progress on main components and functions of coix seed oil

SHEN Jiaqi<sup>1</sup>, LI Zhi<sup>2</sup>, ZHOU Lingbo<sup>1</sup>, WANG Can<sup>1</sup>, ZHANG Guobing<sup>1</sup>,  
REN Yan<sup>1</sup>, XU Jianxia<sup>1</sup>, SHAO Mingbo<sup>1</sup>

(1. Institute of Upland Food Crops, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550000, China;

2. Mountain-featured Ecological Product Research Center of Liupanshui,

Liupanshui 553000, Guizhou, China)

**Abstract:** Adlay is a cereal crop for both medicine and food originated in China with a long history. Coix seed oil is a mixture of oil and lipophilic compounds extracted from coix seed or coix seed by-product bran. Research shows that coix seed oil has the function of reducing fat and anticancer activity. The main components and functions of coix seed oil at home and abroad were summarized. Some shortcomings and future research directions were put forward in order to provide references for the comprehensive development and utilization and further research on the functional mechanism of coix seed oil.

**Key words:** coix seed oil; main component; coixenolide; coixol; function; anticancer

薏苡仁(*Coicis semen*), 又称回回米、药玉米、催生子、香谷米, 是薏苡的干燥成熟种仁。薏苡是一种药食同源的禾本科玉米族薏苡属一年生或多年生谷类作物, 原产于我国, 种植历史悠久。早在先秦时期《神农本草经》中即有薏苡相关记载, 在《皇帝内经》《植物名实图考》《本草纲目》《伤寒杂病论》等著作中均有薏苡仁入药的相关论述。薏苡仁油通常是指

提取自薏苡仁或薏苡仁加工副产物麸皮的油脂、脂溶性功能成分的混合物。研究表明, 薏苡仁油具有抑制癌变组织增长的功效<sup>[1]</sup>, 在胃癌、肺癌、胰腺癌等疾病的临床治疗中, 以薏苡仁油为主要原料生产的“康莱特”双相广谱抗癌注射乳剂联合疗法可明显提高治疗效果并改善放化疗产生的不良反应<sup>[2-5]</sup>。本文结合近年来国内外对薏苡仁油理化性质、功能性成分及作用机制的相关研究, 对薏苡仁油的主要成分及其功能性进行概述, 旨在为薏苡仁油综合开发利用及其功能机制的深入研究提供参考。

#### 1 主要成分

薏苡仁平均含油率为 5% ~ 10%<sup>[6-7]</sup>, 油脂一般储藏在胚的盾片细胞或麸皮中, 主要以不饱和脂肪酸的甘油三酯形式存在。薏苡仁油中还含有薏苡仁酯、薏苡素、生育酚、角鲨烯、甾醇、汉地醇等功能性成分, 是一种营养健康的功能性油脂。

收稿日期: 2019-10-22; 修回日期: 2020-03-27

基金项目: 贵州省农业攻关计划项目[黔科合支撑(2018)2293]; 贵州省农业攻关计划项目[黔科合机农字(2013)4025]; 贵州省科研机构服务企业行动计划项目[黔科合服企(2014)4002]; 贵州农科院青年基金项目[黔农科青(2018)34号]

作者简介: 沈佳奇(1990), 男, 助理研究员, 硕士, 研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程(E-mail) 348606561@qq.com。

通信作者: 邵明波, 研究员, 硕士(E-mail) 563189433@qq.com。

### 1.1 甘油三酯

薏苡仁油主要以甘油三酯的形式存在<sup>[8]</sup>,含量达86%~95%<sup>[9-10]</sup>。研究表明,在肿瘤的治疗过程中薏苡甘油三酯具有积极作用<sup>[11-12]</sup>。由于脂肪酸的种类、占比、排列不同,合成的甘油三酯成分差异多样,人体的需求也不同。适量的不饱和脂肪酸甘油三酯有益人体健康,但过量的饱和脂肪酸甘油三酯却是心血管疾病的主要诱因<sup>[13-15]</sup>。薏苡仁中的甘油三酯以不饱和脂肪酸甘油三酯为主,主要有OLO、LOL、OOO、PLO、OPO、LPL等组合方式<sup>[8, 10, 16]</sup>。不同产地薏苡仁油中甘油三酯成分差异较大<sup>[17]</sup>,相同产地不同年份的薏苡仁油甘油三酯组成亦有不同(见表1),相同产地2015年与2017年产薏苡仁油中甘油三酯成分均有较大差异,这可能是由于采样品种不同所导致的,但相关研究较少,样品量不足,有待进一步研究。

表1 不同产地薏苡仁油中主要甘油三酯组成

年份	产地	组成及含量/%						文献
		LOL	LPL	OLO	PLO	OOO	OPO	
2015	贵州	26.04	6.69	23.83	15.40	14.09	6.89	[8]
2015	福建	25.74	6.70	22.90	14.48	14.29	6.80	[8]
2015	浙江	18.51	2.66	29.29	8.04	30.50	7.29	[8]
2015	云南	25.37	6.28	23.67	15.34	14.40	7.41	[8]
2015	辽宁	21.21	6.04	23.55	12.95	19.30	9.49	[8]
2017	贵州	22.93	2.88	32.21	11.75	21.40	6.54	[10]
2017	福建	19.23	4.26	27.11	14.54	20.74	9.78	[10]
2017	浙江	21.96	4.18	25.47	14.36	21.51	8.51	[10]
2017	云南	18.88	3.12	28.84	12.93	23.73	9.05	[10]
2017	辽宁	21.31	3.55	27.89	13.74	22.00	8.56	[10]

薏苡仁油中的脂肪酸以不饱和脂肪酸为主,其组成因品种、产地、气候等条件的不同存在差异。对9种薏苡仁油的脂肪酸组成进行对比,结果如表2所示。

表2 薏苡仁油中主要脂肪酸组成

产地	提取溶剂	组成及含量/%				文献
		C18:1	C18:2	C16:0	C18:0	
云南	SFE-CO <sub>2</sub>	53.49	30.38	14.11	1.89	[18]
贵州	丙酮	53.38	33.21	10.38	1.81	[10]
云南	丙酮	53.74	32.06	11.57	1.40	[10]
不详	丙酮	49.65	36.76	12.69	0.89	[19]
湖北	乙醚	46.40	37.41	12.26	2.53	[19]
不详	SFE-CO <sub>2</sub>	47.38	31.42	19.00	2.20	[20]
四川野生	乙腈-二氯甲烷	48.65	31.64	15.16	2.31	[8]
贵州	乙腈-二氯甲烷	40.17	36.18	18.60	3.61	[8]
不详	SFE-CO <sub>2</sub>	49.40	28.80	13.50	3.60	[21]

由表2可见,薏苡仁油中含有丰富的不饱和脂肪酸,以油酸、亚油酸为主,两者总含量在76%~87%之间,与具有“东方橄榄油”之称的油茶籽油(78%~87%)<sup>[7-8]</sup>、“液体黄金”之称的橄榄油(79%~82%)<sup>[22-23]</sup>相当,具有较高的营养价值。

### 1.2 薏苡仁酯

薏苡仁酯(Coixenolide)是对薏苡仁油中不饱和脂肪酸的2,3-丁二醇酯的统称,其性质与酯相似,没有明显的沸点和熔点,折光指数( $n_D^{20}$ )为1.4705,旋光度( $n_D^{20}$ )为0°。目前,对于薏苡仁酯的相关研究主要是提取分离和微胶囊化<sup>[24-27]</sup>。刘恩岐<sup>[24]</sup>、吴育廉<sup>[26]</sup>等测得薏苡仁中薏苡仁酯的含量分别为3.15%和4.19%,可能与产地不同有关。薏苡仁酯对于肿瘤、关节炎的治疗具有积极作用<sup>[28-30]</sup>。刘静姝等<sup>[31]</sup>发现薏苡仁酯能显著抑制NPC细胞活性并诱导其晚期凋亡。陈小卫等<sup>[32]</sup>发现薏苡仁酯具有抑制HL-60细胞增殖和诱导其凋亡的作用。Zheng等<sup>[33]</sup>发现薏苡仁酯能极显著地降低胶原性关节炎(CIA)评分。

### 1.3 生育酚

生育酚(Tocopherol)是维生素E的水解产物,有8种同分异构体,是一种常见的天然脂溶性抗氧化剂,在食品加工中具有广泛应用。薏苡仁油中生育酚含量为0.3~1.6 mg/g,主要由22种基因调控9种合成相关酶在叶片和种子中参与合成过程<sup>[34]</sup>。由于生育酚在有氧、碱性条件下不稳定,因此原料是否脱壳、采收时间、萃取溶剂、干燥条件对薏苡仁油中生育酚的含量均有影响。

Moreau等<sup>[35]</sup>测定了3种通过正己烷提取的产自美国中北部地区的薏苡仁油,其中 $\gamma$ -生育酚含量为0.30~0.45 mg/g,平均为0.35 mg/g,相同条件下,49种玉米油中 $\gamma$ -生育酚含量为0.23~1.11 mg/g,平均为0.55 mg/g,9种类蜀黍油中 $\gamma$ -生育酚含量为0.47~1.06 mg/g,平均为0.81 mg/g。王青霞等<sup>[10]</sup>测定了8种通过丙酮提取的产自云南、贵州、辽宁等地的薏苡仁油中生育酚的含量,其中 $\alpha$ -生育酚含量为0.32~1.30 mg/g, $\gamma$ -生育酚含量为0.16~0.40 mg/g, $\delta$ -生育酚含量为1.24~3.38  $\mu$ g/g,总生育酚含量为0.64~1.57 mg/g,未脱壳薏苡仁油中生育酚含量(1.00~1.57 mg/g)均显著高于脱壳薏苡仁油(0.64~0.81 mg/g)。

### 1.4 薏苡素

薏苡素(Coixol)又称薏苡酰胺,属碳环芳香族酸酐性化合物,针状结晶(水),熔点151.5~152.5℃,

无色针状结晶(丙酮-石油醚),熔点 157 ~ 158 °C,在薏苡、白茅、芦苇、甘草等禾本科与玄参科作物中均有检出<sup>[36-38]</sup>。薏苡素具有镇静、镇痛、降血糖、降温等作用。Hameed 等<sup>[39]</sup>发现薏苡素可改善糖尿病患者的葡萄糖耐量和空腹血糖水平;Gomita 等<sup>[40]</sup>发现其具有抗惊厥作用;Lee 等<sup>[41]</sup>发现其对气道黏液高分泌具有调控功能。薏苡中的薏苡素普遍存在于薏苡的根、茎、叶、种仁、种皮等部位,其中根部含量最高,约为 1.26 mg/g,种仁中含量最少,约为 0.14 mg/g<sup>[42]</sup>。大量研究表明薏苡仁油具有镇痛的功效<sup>[43-44]</sup>,这与薏苡素的效果相似,因此薏苡仁油中可能含有薏苡素。

### 1.5 角鲨烯、甾醇等

薏苡仁油中角鲨烯含量较其他植物油高,约占不皂化物总量的 10%, $\beta$ -谷甾醇约占 40%,胆甾醇约占 14%,汉地醇约占 6%<sup>[45]</sup>。在以不同处理方式薏苡仁为原料提取的薏苡仁油中,未脱壳薏苡仁油的甾醇和角鲨烯含量显著高于脱壳薏苡仁油,合计

约为 8.3 mg/g<sup>[10]</sup>。研究表明,角鲨烯具有镇痛、消炎、抗肿瘤、抗氧化等功效<sup>[46-48]</sup>,而甾醇则具有消炎、抗氧化等作用<sup>[49-50]</sup>。

## 2 薏苡仁油的功能性

### 2.1 对体外培养肿瘤细胞的抑制作用

表 3 为薏苡仁油对体外培养肿瘤细胞的影响。由表 3 可见,薏苡仁油对胃癌、肺癌、口腔癌、结肠癌、胰腺癌等多种体外培养肿瘤细胞株增殖具有抑制作用,并呈现出时间和剂量依赖性,细胞株的生长具有明显凋亡特征性形态改变。其机制可能是薏苡仁油中的亚油酸、咖啡酸等功能性成分通过 PRMT5-PI3K/AKT 等信号通路,调节或干扰 IL-10、IFN- $\beta$ 、Atg5 等部分基因的表达,抑制或促进环氧化酶-2 等酶合成,从而达到刺激免疫活性、阻断细胞周期进展的目的,最终实现抑制肿瘤细胞增殖并诱导其凋亡的效果。同时,Manosroi 等<sup>[55]</sup>研究发现,以烘烤过的薏苡仁为原料,提取的薏苡仁油抑制癌细胞增殖及诱导其凋亡效果更强。

表 3 薏苡仁油对体外培养肿瘤细胞的影响

癌症类型	细胞系	抑制增殖	诱导凋亡	可能机制	文献
胃癌	SGC-7901	是	是	负向调节 PRMT5-PI3K/AKT 信号通路	[51]
胃癌	AGS	是	未注明	含有抗癌物质咖啡酸和绿原酸	[52]
肺癌	A549	是	是	上调 IL-10、IFN- $\beta$ 、Atg5 表达	[53]
肺癌	A549	是	未注明	抑制环氧化酶-2 表达	[54]
口腔癌	KB	是	是	含有抗癌物质亚油酸	[55]
结肠癌	HT-29	是	是	刺激免疫活性	[56]
胰腺癌	PaTu-8988/SW1990	是	是	干扰基因表达信号,在 G(2)/M 期阻断细胞周期进展	[57]

### 2.2 对动物肿瘤组织的抑制作用

在人源性移植型肿瘤动物模型以及诱导性自发型肿瘤动物模型的治疗过程中,薏苡仁油展示出了与肉桂醛、6-姜酚、5-氟尿嘧啶等常见抗癌药物相似的功效,同时还具有一定的降低体脂<sup>[58]</sup>、健脾利湿<sup>[59]</sup>、防治肾炎<sup>[60]</sup>、预防骨质疏松<sup>[61]</sup>、增强免疫力<sup>[62]</sup>的功能。

张真真<sup>[58]</sup>通过对比复合薏苡仁油、肉桂醛、6-姜酚对经口灌胃 DMBA/TPA 诱导的皮肤癌 ICR 小鼠模型的影响,发现复合薏苡仁油具有降脂肪、防治皮肤癌变的作用,其机制是通过脂筏协同消融来实现。Sainakham 等<sup>[63]</sup>通过对比超临界 CO<sub>2</sub> 萃取的薏苡仁油与 5-氟尿嘧啶对人结肠癌移植瘤小鼠模型的影响,发现小鼠肿瘤相对体积显著降低,薏苡仁油与 5-氟尿嘧啶具有相似效果。Chang 等<sup>[64]</sup>通过研究薏苡仁油对经烟草致癌物诱导的 A/J 小鼠肺癌模型的影响,发现薏苡仁油对治疗肺癌小鼠模型具

有一定的效果。Hung 等<sup>[65]</sup>发现薏苡仁油通过抑制小鼠肿瘤组织中环氧化酶的表达实现对肿瘤组织的抑制作用,这与 Dong 等<sup>[54]</sup>对肺癌细胞体外培养的研究结论相同,而 Liu 等<sup>[66]</sup>的研究则表明这是通过抑制 Phospho-Akt(Ser473)抗体和 Phospho-mTOR(Ser2448)抗体的合成过程实现的。但 Du 等<sup>[67]</sup>研究表明,薏苡仁油可诱导或抑制 CYP 酶活性,因此在临床用药中应当注意谨慎对待薏苡仁油引起的药代动力学改变引起的药物相互作用。

### 2.3 对肿瘤临床治疗的积极作用

临床治疗中,薏苡仁油常被应用于肿瘤患者的治疗和康复过程中。试验证明,薏苡仁油注射液具有镇痛、抗癌、安定的作用,可有效优化治疗效果,减轻放疗过程中患者的病痛和不良反应。

Liu 等<sup>[66]</sup>在 34 例晚期肺癌的临床试验中对薏苡仁油联合化疗与单纯化疗效果进行自对比研究;Fu 等<sup>[68]</sup>在 9 例肝癌的临床试验中对薏苡仁油联合肝癌介入与单纯肝癌介入治疗效果进行自对比研

究;沈伟生等<sup>[69]</sup>在50例晚期胰腺癌的临床试验中对薏苡仁油联合化疗与单纯化疗效果进行25:25对照研究;Schwartzberg等<sup>[70]</sup>在85例晚期胰腺癌的临床试验中对薏苡仁油联合吉西他滨与单纯吉西他滨治疗效果进行57:28对照研究;陈琳<sup>[71]</sup>在62例晚期肝癌的临床试验中对薏苡仁油联合索拉菲尼与单纯索拉菲尼治疗效果进行31:31对照研究;均证实薏苡仁油可提高癌症治疗过程中的化疗效果、改善临床表现、降低胃肠道反应,并具有良好的耐受性。

### 3 结语及展望

薏苡是我国传统的药食两用的谷类作物,传统医学普遍认为薏苡仁具有健脾利湿、清热排脓之效。薏苡仁油作为集种仁中大部分脂溶性功能成分的载体,在现代医学临床研究中也证实具有镇痛、抗肿瘤、抗氧化、预防骨质疏松、提高免疫力等功效,具有广阔的开发前景。但目前临床医疗中已研发推广的注射用抗肿瘤产品主要以薏苡仁油及脂溶性功能成分的混合物为主,对其机制的相关研究也大多是以未经纯化的薏苡仁油为主要研究对象,未能有针对性地提取类似“青蒿素”的功能性成分,探究单一纯化成分在抑制肿瘤细胞增殖过程中的机制,并在临床治疗中广泛推广应用;同时,薏苡仁油脂肪酸组成及功能性成分符合消费者对中高端食用油的消费预期,但种仁、麸皮含油率较低,无法采用常规压榨方式获取油脂,市面上的食用薏苡仁油较少,消费者可选择的产品较少,在养成消费习惯方面存在劣势;此外,薏苡仁油中的角鲨烯、甾醇等不皂化物具有较好的抗氧化能力,但以薏苡仁油为主要原料的护肤品、卸妆油相关研发和产品较少,产品附加值较低,市场认可度不足。

为进一步开发薏苡抗癌药物、食用薏苡仁油、保健品、化妆品或营养补充剂等高附加值产品及不断加快薏苡仁中药功效国际化推广进程,笔者建议从以下几个方面进一步开展研究:一是深入对薏苡仁油中功能性成分的纯化、人工合成及其作用机制的研究,从辅助癌症治疗的薏苡仁油混合物注射制剂变为具有针对性的纯化薏苡仁酯或薏苡素注射制剂;二是强化对薏苡仁胚芽油、糠油、麸皮油、种皮油提取工艺的研究,把薏苡仁油的生产建立在薏苡仁生产副产物的基础上,提高薏苡仁整体的利用能力和利用效率;三是证实经消化系统的食用薏苡仁油功能性及其机制的研究,进一步提高食用薏苡仁油的市场认可度;四是探索薏苡仁油对乏脂性湿疹等常见皮肤疾病的预防和治疗功效的研究,以及护肤品、卸妆油的开发利用,提升薏苡仁油产品附加值;

五是针对加工过程中的差异化需求,进一步选育含油率高、功能性成分含量高的薏苡仁品种,为薏苡仁油生产加工提供丰富的原料基础。

### 参考文献:

- [1] YU F, GAO J, ZENG Y, et al. Inhibition of coix seed extract on fatty acid synthase, a novel target for anticancer activity[J]. *J Ethnopharmacol*, 2008, 119(2):252-258.
- [2] LIU J L, YU L B, DING W. Efficacy and safety of Kanglaite injection combined with radiochemotherapy in the treatment of advanced pancreatic cancer: a PRISMA-compliant meta-analysis[J]. *Medicine*, 2019, 98(32):e16656.
- [3] WU Y, ZHANG J, HONG Y, et al. Effects of Kanglaite injection on serum miRNA-21 in patients with advanced lung cancer[J]. *Med Sci Monit*, 2018, 24:2901-2906.
- [4] ZHAN Y P, HUANG X E, CAO J, et al. Clinical safety and efficacy of Kanglaite® (Coix Seed Oil) injection combined with chemotherapy in treating patients with gastric cancer[J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2012, 13(10):5319-5321.
- [5] LU Y, LI C, DONG Q. Chinese herb related molecules of cancer-cell-apoptosis: a minireview of progress between Kanglaite injection and related genes[J]. *J Exp Clin Cancer Res*, 2008, 27(1):31.
- [6] 李祥栋, 潘虹, 陆秀娟, 等. 薏苡种质的主要营养组分特征及综合评价[J]. *中国农业科学*, 2018, 51(5):835-850.
- [7] 党娟. 萌芽薏米营养生化特性及产品延伸研究[D]. 贵阳:贵州大学, 2015.
- [8] XI X J, ZHU Y G, TONG Y P, et al. Assessment of the genetic diversity of different Job's tears (*coix lacryma-jobi* L.) accessions and the active composition and anticancer effect of its seed oil[J]. *PLoS One*, 2016, 11(4):e153269.
- [9] 袁翔宇. 基于甘油三酯组成分析的植物油真实性表征技术研究[D]. 南京:南京财经大学, 2017.
- [10] 王青霞, 余佳浩, 张连富. 8种薏苡仁油的化学成分分析[J]. *中国油脂*, 2018, 43(8):63-67.
- [11] 姚庆华, 郭勇. 薏苡仁甘油三酯(康莱特)治疗晚期恶性肿瘤患者机制研究进展[J]. *中国肿瘤临床*, 2012, 39(16):1151-1154.
- [12] 曹向明, 沈伟生, 舒中琴, 等. 薏苡仁甘油三酯在吉西他滨三维适形同步放疗治疗局部晚期胰腺癌中免疫调节功能观察[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2012, 32(10):1414-1416.
- [13] WIESNER P, WATSON K E. Triglycerides: a reappraisal[J]. *Trends Cardiovas Med*, 2017, 27(6):428-432.
- [14] ABDEL-MAKSOU M, SAZONOV V, GUTKIN S W, et al. Effects of modifying triglycerides and triglyceride-

- rich lipoproteins on cardiovascular outcomes[J]. *J Cardiovasc Pharm*, 2008,51(4):331-351.
- [15] BUDOFF M M. Triglycerides and triglyceride-rich lipoproteins in the causal pathway of cardiovascular disease[J]. *Am J Cardiol*, 2016,118(1):138-145.
- [16] 向智敏, 祝明, 陈碧莲, 等. HPLC-MS 分析薏苡仁油中的甘油三酯成分[J]. *中国中药杂志*, 2005(18):1436-1438.
- [17] 吴人杰, 许平翠, 寿旦, 等. 一测多评法同时测定薏苡仁油中 4 种甘油三酯类抗肿瘤成分的含量[J]. *中国药房*, 2019,30(10):1375-1380.
- [18] 夏菁, 施蕊, 张静美, 等. 薏苡仁油的超临界 CO<sub>2</sub> 萃取工艺及其脂肪酸组成分析[J]. *中国油脂*, 2017,42(6):9-11.
- [19] 杨玲, 苏维埃, 钱建东, 等. 薏苡仁油脂的化学成分分析[J]. *食品科学*, 2001,22(5):60-62.
- [20] 雷正杰, 张忠义, 王鹏, 等. 薏苡仁油脂脂肪酸组成分析[J]. *中药材*, 1999(8):3-5.
- [21] 丁怡, 唐星. 柱前衍生 HPLC 法测定薏苡仁油中的脂肪酸含量[J]. *药物分析杂志*, 2004,24(3):249-252.
- [22] 龙伟, 王裕斌, 姚小华, 等. 四川青川县初榨橄榄油营养成分及油脂特性分析[J]. *中国粮油学报*, 2017,32(8):77-83.
- [23] OZCAN M M, JUHAIMI F A, USLU N, et al. The effect of olive varieties on fatty acid composition and tocopherol contents of cold pressed virgin olive oils[J]. *J Oleo Sci*, 2019,68(4):307-310.
- [24] 刘恩岐, 张新萍, 李淑芳. 薏苡仁酯提取与微胶囊化的研究[J]. *食品科技*, 2001(6):13-14.
- [25] 刘义, 吴育廉, 洪好武. 薏苡仁酯两种微胶囊化方法的比较研究[J]. *天津药学*, 2005(1):1-3.
- [26] 吴育廉, 刘义. 以  $\beta$ -环糊精为壁材制备薏苡仁酯微胶囊的工艺研究[J]. *现代食品科技*, 2006(4):179-180.
- [27] 高蓉, 杨军校, 长瑞琴, 等. 薏苡仁酯的提取、分离与鉴定[J]. *延安大学学报(自然科学版)*, 1997(2):68-69.
- [28] 王敏, 姜藻. 薏苡仁酯抑制胃癌 BGC-823 细胞黏附、侵袭及迁移能力的研究[J]. *实用肿瘤杂志*, 2010,25(3):284-288.
- [29] 王广丽, 郑敏. 薏苡仁酯对人喉癌 Hep-2 细胞增殖和凋亡的作用[J]. *中国临床康复*, 2006(47):110-111.
- [30] 胡笑克, 李毓, 高敏, 等. 薏苡仁酯对人鼻咽癌细胞体外增殖的影响[J]. *癌症*, 1999(6):730-732.
- [31] 刘静姝, 周寒静, 隆姝孜, 等. 薏苡仁酯对同源不同辐射抗性鼻咽癌细胞增殖及凋亡的作用[J]. *基因组学与应用生物学*, 2018,37(8):3587-3592.
- [32] 陈小卫, 杜庆华, 谢晓斌. 薏苡仁酯对 HL-60 细胞增殖和凋亡影响及其机制探讨[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2014,21(7):502-505.
- [33] ZHENG H X, ZHANG W M, ZHOU H J, et al. Effect of coixinolide on Foxp3+ CD4+ CD25+ regulatory T cells in collagen-induced arthritis mice[J]. *Chin J Integr Tradit West Med*, 2016,36(3):348-350.
- [34] KANG S H, LEE J Y, LEE T H, et al. De novo transcriptome assembly of the Chinese pearl barley, adlay, by full-length isoform and short-read RNA sequencing[J]. *PLoS One*, 2018,13(12):e208344.
- [35] MOREAU R A, SINGH V, HICKS K B. Comparison of oil and phytosterol levels in germplasm accessions of corn, teosinte, and Job's tears[J]. *J Agric Food Chem*, 2001,49(8):3793-3795.
- [36] 刘荣华, 付丽娜, 陈兰英, 等. 白茅根化学成分与药理研究进展[J]. *江西中医学院学报*, 2010,22(4):80-83.
- [37] TSITSA-TZARDI E, SKALITSA-DIAMANTIDIS H, PHILIANOS S, et al. Chemical and pharmacological study of *Phragmites communis* Trin [J]. *Ann Pharmaceut Franc*, 1990,48(4):185-191.
- [38] 万文婷, 马运运, 许利嘉, 等. 野甘草的现代研究概述和应用前景分析[J]. *中草药*, 2015,46(16):2492-2498.
- [39] HAMEED A, HAFIZUR R M, KHAN M I, et al. Coixol amplifies glucose-stimulated insulin secretion via cAMP mediated signaling pathway[J]. *Eur J Pharmacol*, 2019,858:172514.
- [40] GOMITA Y, ICHIMARU Y, MORIYAMA M, et al. Behavioral and EEG effects of coixol (6-methoxybenzoxazolone), one of the components in *Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf [J]. *Nihon Yakurigaku Zasshi*, 1981,77(3):245-259.
- [41] LEE H J, RYU J, PARK S H, et al. Suppressive effects of coixol, glyceryl trilinoleate and natural products derived from *Coix lachryma-jobi* var. *ma-yuen* on gene expression, production and secretion of airway MUC5AC mucin [J]. *Arch Pharm Res*, 2015,38(5):620-627.
- [42] 王颖, 赵兴娥, 王微, 等. 薏苡不同部位营养成分分析及评价[J]. *食品科学*, 2013,34(5):255-259.
- [43] 陶小军, 雷雪霏, 李云兴, 等. 薏苡仁油的镇痛止血作用[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2010,16(17):161-163.
- [44] ZHANG P, MENG X, TANG X, et al. The effect of a coix seed oil injection on cancer pain relief[J]. *Support Care Cancer*, 2019,27(2):461-465.
- [45] 陈碧莲, 祝明, 陈勇, 等. GC-MS 分析薏苡仁油中不皂化物的主要成分[J]. *中成药*, 2009,31(6):953-954.

- [46] NARAYAN B H, TATEWAKI N, KONISHI T, et al. The adjuvant effect of squalene, an active ingredient of functional foods, on doxorubicin - treated allograft mice[J]. *Nutr Cancer*, 2019,71(7):1153 - 1164.
- [47] SAKUL A, OZANSOY M, ELIBOL B, et al. Squalene attenuates the oxidative stress and activates AKT/mTOR pathway against cisplatin - induced kidney damage in mice [J]. *Turk J Biol*, 2019,43(3):179 - 188.
- [48] HATAMINIA F, FARHADIAN N, KARIMI M, et al. A novel method for squalene extraction from pumpkin seed oil using magnetic nanoparticles and exploring the inhibition effect of extracted squalene on angiogenesis property [J]. *J Taiwan Inst Chem E*, 2018,91:1 - 9.
- [49] LOPEZ - GARCIA G, CILLA A, BARBERA R, et al. Anti - inflammatory and cytoprotective effect of plant sterol and galactooligosaccharides - enriched beverages in caco - 2 cells[J]. *J Agric Food Chem*, 2020(7):1862 - 1870.
- [50] 张宇, 孙波, 赵晓, 等. 南瓜籽甾醇对SD大鼠体内抗氧化作用的影响[J]. *中国油脂*, 2019,44(7):94 - 97.
- [51] 孙国壮, 曹有军, 毛海燕, 等. 薏苡仁油诱导胃癌细胞SGC - 7901凋亡的实验研究[J]. *实用临床医药杂志*, 2019,23(8):1 - 6.
- [52] CHUNG C, HSIA S, LEE M, et al. Gastroprotective activities of adlay (*Coix lachryma - jobi* L. var. *ma - yuen* Stapf) on the growth of the stomach cancer AGS cell line and indomethacin - induced gastric ulcers[J]. *J Agric Food Chem*, 2011,59(11):6025 - 6033.
- [53] 殷敏侠. 薏苡仁糠油提取及对A549和RD细胞体外抗肿瘤作用研究[D]. 江苏 无锡:江南大学, 2018.
- [54] 董庆华, 钟献, 郑树. 康莱特注射液对肺癌A549细胞环氧化酶作用的研究[J]. *中国中药杂志*, 2005,30(20):1621 - 1623, 1633.
- [55] MANOSROI J, CHANKHAMPAN C, KITDAMRONGTHAM W, et al. Potent in vitro anti - mouth cancer (KB) and immunostimulating activities of the Job's tears (*Coix lachryma - jobi* Linn.) seed semi - purified extract cock-tails containing linoleic acid[J]. *J Oleo Sci*, 2019,68(4):351 - 359.
- [56] MANOSROI A, SAINAKHAM M, CHANKHAMPAN C, et al. In vitro anti - cancer activities of Job's tears (*Coix lachryma - jobi* Linn.) extracts on human colon adenocarcinoma[J]. *Saudi J Biol Sci*, 2016,23(2):248 - 256.
- [57] BAO Y, YUAN Y, XIA L, et al. Neutral lipid isolated from endosperm of Job's tears inhibits the growth of pancreatic cancer cells via apoptosis, G2/M arrest, and regulation of gene expression[J]. *J Gastroen Hepatol*, 2005,20(7):1046 - 1053.
- [58] 张真真. 复合薏仁油(C - ASO)防治皮肤癌变功效与机制研究[D]. 河南 开封:河南大学, 2018.
- [59] 韩晓春, 季旭明, 赵海军, 等. 脾虚湿阻证动物免疫水平改变及薏苡仁作用机制探讨[J]. *中华中医药学刊*, 2018,36(11):2582 - 2586.
- [60] 胡颖, 梁华, 龚维坤, 等. 康莱特对系膜细胞增殖及端粒酶活性影响研究[J]. *中国中药杂志*, 2005,30(6):450 - 453.
- [61] 魏永忠, 周英, 赵丹, 等. 黔产薏苡仁油成分分析及对破骨细胞活性的影响[J]. *食品工业科技*, 2019,40(5):61 - 65.
- [62] 周岩飞, 金凌云, 王琼, 等. 薏苡仁油对小鼠免疫功能影响的研究[J]. *中国油脂*, 2018,43(10):77 - 81.
- [63] SAINAKHAM M, MANOSROI A, ABE M, et al. Potent in vivo anticancer activity and stability of liposomes encapsulated with semi - purified Job's tear (*Coix lachryma - jobi* Linn.) extracts on human colon adenocarcinoma (HT - 29) xenografted mice [J]. *Drug Deliv*, 2016,23(9):3399 - 3407.
- [64] CHANG H, HUANG Y, HUNG W. Antiproliferative and chemopreventive effects of adlay seed on lung cancer in vitro and in vivo[J]. *J Agric Food Chem*, 2003,51(12):3656 - 3660.
- [65] HUNG W, CHANG H. Methanolic extract of adlay seed suppresses COX - 2 expression of human lung cancer cells via inhibition of gene transcription [J]. *J Agric Food Chem*, 2003,51(25):7333 - 7337.
- [66] LIU Y, ZHANG W, WANG X J, et al. Antitumor effect of Kanglaite<sup>®</sup> injection in human pancreatic cancer xenografts[J]. *BMC Complement Altern Med*, 2014,14:228.
- [67] DU X X, YE H, ZHANG C, et al. Effect of Kanglaite on rat cytochrome P450 [J]. *Pharm Biol*, 2015,53(7):995 - 1001.
- [68] FU F, WAN Y, WU T. Kanglaite injection combined with hepatic arterial intervention for unresectable hepatocellular carcinoma: a meta - analysis [J]. *J Cancer Res Ther*, 2014,10(Suppl 1):38 - 41.
- [69] 沈伟生, 舒中琴, 邓立春, 等. 康莱特联合吉西他滨三维适形同步放化疗治疗局部晚期胰腺癌临床观察[J]. *中国中西医结合杂志*, 2012,32(7):902 - 905.
- [70] SCHWARTZBERG L S, ARENA F P, BIENVENU B J, et al. A randomized, open - label, safety and exploratory efficacy study of Kanglaite injection (KLTi) plus gemcitabine versus gemcitabine in patients with advanced pancreatic cancer[J]. *J Cancer*, 2017,8(10):1872 - 1883.
- [71] 陈琳. 索拉菲尼联合薏苡仁油治疗肝细胞肝癌的疗效及机制研究[D]. 兰州:兰州大学, 2018.