

白及产业现状及可持续发展策略

张曼¹, 韩亭亭^{1,3}, 胡春芳¹, 白岩^{1,3}, 樊泽鹏¹, 洪琳^{1,2*}

1. 浙江农林大学, 浙江 杭州 311300

2. 浙江省乡村振兴研究院, 浙江 杭州 311300

3. 浙江农林大学 亚热带森林培育国家重点实验室, 浙江 杭州 311300

摘要: 近年来, 白及产业发展迅速, 在医药、保健、美容等领域广泛应用, 但是仍存在制约产业可持续发展的问题。通过对白及市场和产业发展现状进行实地调查, 查阅相关文献并结合课题组研究成果, 发现其主要存在以下制约因素: 野生资源短缺, 品种参差不齐; 作用机制不明确, 综合利用程度低; 质量标准不明确, 品质难以控制; 产业层次低, 产业集群发展缓慢等。因此, 应通过加强白及种质资源保护和优良品种选育, 深化白及作用机制和综合开发利用研究, 完善白及质量评价体系, 实施品牌战略, 拓展销售市场等方法促进白及产业健康及可持续发展。

关键词: 白及; 产业现状; 可持续发展; 制约因素; 种植资源保护; 优良品种选育

中图分类号: R282 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2019)20-5103-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.20.037

Industrialization condition and sustainable development strategies of *Bletillae Rhizoma*

ZHANG Man¹, HAN Ting-ting^{1,3}, HU Chun-fang¹, BAI Yan^{1,3}, FAN Ze-peng¹, HONG Lin^{1,2}

1. Zhejiang Agriculture & Forestry University, Hangzhou 311300, China

2. Rural Revitalization Institute of Zhejiang Province, Hangzhou 311300, China

3. State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang Agriculture & Forestry University, Hangzhou 311300, China

Abstract: In recent years, the industry of *Bletillae Rhizoma* has developed rapidly and widely in medicine, health care, beauty, etc., but there are still problems that restrict its sustainable development. Based on field investigating in development status of *Bletillae Rhizoma* market and industry, consulting relevant literature and our research results, and main constraints were discovered as follows: wild resources shortage, uneven varieties, unclear mechanism, low comprehensive utilization, unclear quality standards, difficulty of quality control, weak industrial level, slow cluster development and so on. Therefore, we can strengthen the protection of germplasm resources and selection of superior varieties, carry out the mechanism of its effective ingredients, improve quality evaluation system and expand sales market using brand strategy to promote the healthy and sustainable development of *Bletillae Rhizoma*.

Key words: *Bletillae Rhizoma*; industry status; sustainable development; restrictive factors; protection of germplasm resources; selection of superior varieties

白及 *Bletilla striata* (Thunb. ex A. Murray) Rehb. f. 又名白芨, 两者通用, 《中国药典》2015 年版和《中国植物志》记载为“白及”, 民间常用“白芨”。白及为兰科白及属多年生草本植物, 以干燥块茎入药, 始载于《神农本草经》: “主痈肿、恶疮、败疽, 伤阴死肌, 胃中邪气”; 《本草纲目》亦有记载: “性

涩而收, 故能入肺止血, 生肌治疮”^[1-3]。白及性微寒, 味苦、甘、涩; 归肝、胃、肺经, 具有收敛止血、消肿生肌等功效, 主要用于咳血吐血、外伤止血、疮疡肿毒、皮肤皲裂、肺结核咳血、溃疡病出血等症^[4]。现代研究表明, 白及块茎主要含有白及多糖、挥发油、甾类、萜类、酯类、醚类、白及醇、

收稿日期: 2019-01-29

基金项目: 浙江省农业新品种选育重大科技专项 (2016C02058); 浙江农林大学学生科研训练项目 (KX20180044)

作者简介: 张曼 (1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为药用植物资源学。E-mail: 2362785445@qq.com

*通信作者 洪琳 (1979—), 女, 讲师, 主要从事农产品营销。E-mail: hlzjfc@126.com

菲类衍生物、蒽醌衍生物等化学成分,具有抗菌、抗炎、止血、抗肿瘤、促进创伤愈合、促进细胞生长、抗衰老等药理作用,对肺结核、支气管扩张、胃和十二指肠溃疡、烧烫伤等疾患均有明显疗效^[5]。除可用于医药领域外,白及还广泛应用于烟草工业、化工行业(含美容产品)、食品工业^[6]。同时,白及叶姿优美,花大,色艳,形态奇特,具有较高的观赏价值^[7-8]。本文通过实地调查、查阅相关文献并结合课题组研究成果,阐述了国内白及产业发展现状,并对其市场进行分析,针对白及产业可持续发展的制约因素提出了相关对策,以期提高白及产业可持续发展能力。

1 白及产业发展现状及市场分析

1.1 产业发展现状

白及是我国传统中药材,具有药用范围广、观赏性强、美容价值高等特点。白及为云南白药、胃康宁胶囊、胃乐、快胃片、复方烧伤喷雾剂等的主要成分。据统计,截止 2018 年全国以白及药材为原料的药品生产厂家共 264 家,分布在全国 31 个省市自治区。其中吉林省以白及为原料的生产厂家最多,达到 79 家,其次是云南和陕西,分别为 31 家和 20 家。除临床用药外,白及还可作乳化剂、悬浮剂等。白及是传统美白方中的主要药物,被誉为“美白仙子”,列入《可用于保健食品的物品名单》和《化妆品原料目录清单》^[9]。以白及为原料的非特殊用途化妆品生产厂家共 84 家,分布在全国 12 个省市,其中广东最多,上海次之,分别为 37 家和 11 家^[10-11](表 1)。近年来,白及的市场需求量不断上升,据相关报道统计,2013 年全国市场总需求量达 1 800 t,至 2015 年已达 3 500 t,2017 年市场需求量突破 6 000 t^[12]。

白及产业包含种植、加工和流通 3 个主要环节。近年来组培快繁、组培苗大田驯化、种子直播等种苗繁育技术已有突破,在一定程度上解决了白及种苗来源问题。白及种植技术发展迅速,随着林下仿野生栽培和人工设施栽培等技术的发展和应用,产量迅速上升^[13]。白及块茎采挖后进行产地初加工,剪去茎秆、须根,煮或烫至内无白心,晒干或炕干,撞去未净粗皮与须根,使之成为光滑、洁白的半透明体,筛去灰渣即可;也可趁鲜切片,干燥即得。白及块茎、花以及白及胶在医疗药用、保健食品、日用化工、工业生产等领域应用广泛,按原材料类型、用途、产品类型进行分类,见表 2。白及主要

表 1 我国部分省市白及相关药品和非特殊用途化妆品厂家分布

Table 1 Data of related drugs and non-special cosmetics manufacturers used *Bletillae Rhizoma* as raw material in China

省份	相关药品厂家数量	非特殊用途化妆品厂家数量
广东	6	37
上海	3	11
浙江	5	7
福建	1	6
云南	31	5
山东	3	4
北京	8	4
湖南	2	3
天津	3	2
四川	9	2
黑龙江	13	2
河北	14	0
陕西	20	0
吉林	79	0

表 2 白及加工产品分类

Table 2 Classification of processed products of *Bletillae Rhizoma*

原材料	用途	产品类型
白及块茎	医疗药用	糖浆、片剂、颗粒、胶囊
	保健食品	饮料
	日用化工	牙膏、美容面膜
白及花	保健食品	花茶
	日用化工	白及花净白原液、白及花细胞美颜霜
白及胶	医疗药用	胃镜检查保护剂
	保健食品	白及胶粉(天然乳化剂、悬浮剂)
	日用化工	天然植物添加剂、膜化材料
	工业生产	高级香烟滤嘴黏合剂

流通渠道有中药材批发企业、零售企业、医疗机构、专卖店、基地直销等。2010 年我国白及约 70%通过个体经营户进行销售^[7]。2012—2014 年,我国的西南、华中以及华东等地采用“企业+农户”经营模式,由于市场上人工种植的白及数量较少,一般随购随销,存货较少^[6]。至 2015 年,云南、贵州等产区已初步形成较大种植规模,据不完全统计,截止 2016 年 12 月,全国白及种植面积约 2 600 km²,其中云南省种植面积最大,约 1 100 km²,占 42%^[12,14]。

1.2 市场分析

由于白及对生态环境要求严格,繁殖、生长缓慢,加上人为长期掠夺性挖采,导致野生资源遭到严重破坏^[15]。近年来随着白及在医药、保健、美容等诸多领域的广泛应用,国内外市场对白及需求量不断上升,市场缺口逐年加大,各大产区开始人工规模种植。笔者对2013年1月—2018年12月白及百度搜索指数进行分析。以网民搜索行为为数据基础,以“白及的功效与作用、种植、价格”等关键词为统计对象,分析并计算出各个关键词搜索频次的加权和,反映其关键词的变化趋势,在一定程度上可以反映消费者对白及市场的关注度。如图1所示,近年来消费者对“白及的功效与作用”的关注度逐步上升,对“白及种植”的关注度更是迅速上升,“白及价格”与“白及种植”趋势较为同步。

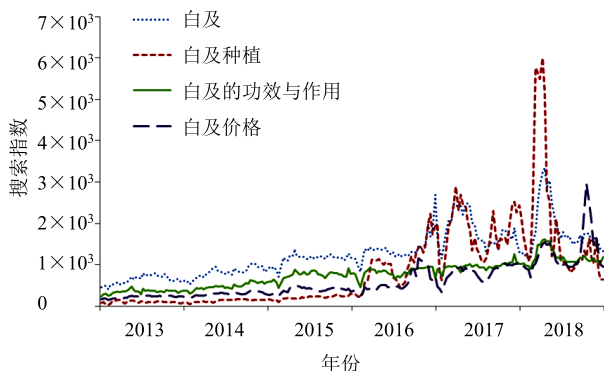


图1 2013年1月—2018年12月白及相关关键词百度搜索指数变化趋势

Fig. 1 Search index of *Bletillae Rhizoma* from January 2013 to December 2018

通过采集河北安国、安徽亳州、成都荷花池、广西玉林等药材市场的价格信息,初步了解2013—2018年我国白及销售价格的变化趋势状况(图2)。2013年1月—2017年6月,由于白及人工栽培处于起步阶段,未量产,导致市场价格迅速上升,最高达862.5元/kg;2017年6月—2018年12月,白及规模化栽培基地开始量产,后期深加工产品开发不足,价格快速回落,尤其是2018年8~12月新货上市之后,下滑至140元/kg左右。白及的价格波动,总体上体现了市场供求关系。

2 白及产业可持续发展的制约因素

2.1 野生资源短缺,品种参差不齐

白及属植物全世界约有6种,主要分布于亚洲的缅甸北部经中国至日本。我国该属植物有4种,

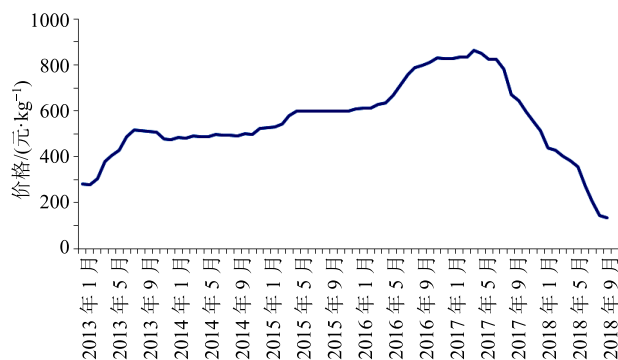


图2 白及价格变化趋势

Fig. 2 Price trends of *Bletillae Rhizoma*

分别为白及、黄花白及 *B. ochracea* Schltr、小白及 *B. formosana* (Hayata) Schltr 和华白及 *B. sinensis* (Rolfe) Schltr^[16]。白及自然繁殖率低,对生态环境要求严格,适应性较差,加之人工过度采挖,使得野生白及植物资源数量逐年减少。《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)将其列入附录II的保护物种,《国家重点保护野生植物名录》(第2批)将其列为二级保护植物。由于法律法规尚不完善,宣传及执法力度不足,民众法律、生态观念意识淡薄等原因,野生白及作为名贵中药材仍被大量采挖^[17-18]。全国第4次中药资源普查(试点)显示,在贵州、重庆、云南等白及药材传统产区,已很少有野生白及的分布^[19]。白及遗传基础研究工作薄弱,其良种选育工作进展缓慢,白及长期处于就地采收-就地留种-就地再栽培的原始循环状态,品种退化严重,药材的质量难以得到保障。课题组对全国白及种质资源调查发现主产区药农大多从山上采挖假鳞茎进行种植,品种混杂,品质参差不齐,同时存在种植黄花白及、小白及等白及属植物,甚至地宝兰 *Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr、筒瓣兰 *Anthogonium gracile* Lindl. 等非白及属兰科植物。

2.2 作用机制不明确,综合利用程度低

目前,国内外对白及的化学成分和药理作用研究较多^[20]。白及多糖为白及的主要活性成分之一,主链由1,4-连接的甘露糖基残基和1,4-连接的葡萄糖基残基组成,主要具有促进伤口愈合、止血、抗菌、抗氧化、抗肿瘤、抗纤维化等良好的药理活性^[21-22]。临床上以使用复方为主,药理活性评价主要围绕水提物展开,而对于单体化合物的评价以及作用机制研究滞后,尤其是促进创面愈合、抗肿瘤活性等作用机制有待进一步深入研究^[23-26]。白及植株根系发达,但在采挖过程中须根弃之不用,造成大量资源

浪费。白及须根富含与白及块茎结构相同或相似的化合物,须根醇提物含量及抑菌效果均优于块茎;在总酚含量方面,白及须根(0.895%)高于块茎(0.394%)^[27-29]。白及花的研究与应用也较少,白及花含有花青素可作为抗氧化的药品及食品。此外,从白及花中分离提取出近 50 种化学成分,并进行了结构鉴定^[30]。因此,亟待对白及各部位开展综合利用研究。

2.3 质量标准不明确,品质难以控制

白及的化学成分复杂、药效价值多样,在质量标准控制方面,《中国药典》2015 年版仅有性状和薄层色谱鉴别,以及对水分、总灰分的检查,没有对药理活性相关指标成分进行质量控制,如白及的主要化学成分白及多糖及其次生代谢产物联苳、菲类、联菲类、联菲醚类、菲并吡喃类以及甾体、三萜类化合物及其衍生物等。在实际应用中,白及的质量大多以白及多糖、双[4-(β -D-吡喃葡萄糖氧)苳基]-2-异丁基苹果酸酯(militarine)含量为评价标准,有关白及其他成分的含量测定较少报道。市场上产品质量参差不齐,充斥大量伪品,常见的伪品有小白及、独蒜兰 *Pleione bulbocodioides* (Franch.) Rolfe、苞舌兰 *Spathoglottis pubescens* Lindl.、竹叶兰 *Arundina graminifolia* (D. Don) Hochr. 等白及同科植物^[31]。大量伪品混入,使白及药材的有效性 & 安全性无法控制。

2.4 产业层次低,产业集群发展缓慢

白及产业仍然以农业种植为主,科技含量、附加值低,利润小,仍处于产业链的底端。在白及各产区内,种植环节虽已有一定规模经营户,但多存在品种杂、专业化程度低、规模效益不明显等问题。各种种植基地和种植户大多采取老式加工方法对产品进行处理,效率低,不能实现白及产品价值最大化。白及药材主要经销渠道是为云南白药、葵花药业、仁和制药等医药企业提供原料,能自主生产白及相关精深加工产品的企业不多,不利于产业的发展和品牌的创建。从全国来看,流通环节面向上游企业或下游企业进行白及采购、销售,能有效实现白及信息收集整理、分析预测及发布工作,使需求信息实现有效的互动传递的信息平台已有建立,但仍需通过各渠道加大推广力度以有效实施行业管理,以信息化引导药农有序种植,发展“订单农业”,提高白及质量和种植效益,减少盲目种植带来的经济损失,促进白及产业可持续发展。

3 白及产业可持续发展策略

3.1 加强白及种质资源保护和优良品种选育

国务院颁布的《中药材保护和发展规划(2015—2020 年)》提出,坚持资源保护与产业发展相结合,减少对野生资源的依赖,实现中药产业持续发展与生态环境保护相协调。鉴于白及野生资源的重要性,应加强野生资源的原生地保护、异地保护和设施保护等保护措施。原生地保护指在野生白及原生环境中采取措施就地加以保护,如建立自然保护区、建立药用植物园等。异地保护是指将野生白及迁至其他与原生地环境条件相似的地区进行栽培。本课题组收集国内不同地区的白及种质资源在浙江农林大学百草园进行异地保护,为进一步品种选育、药材品种定向培育方面准备遗传材料。设施保护采用低温密封保存白及种子或组织,其在长时间保存后仍有极高活力。优质中药材是保证中药有效、安全和稳定的物质基础,中药材质量的稳定和提升决定着中医药疗效的发挥。中药材质量受诸多因素的制约,其中优良品种起着关键性的作用,是中药材生产的“源头”。各产区进行品种选育时,可在种源试验或系统选择的基础上通过杂交育种,获得具有优良性状新的品种,发挥杂种优势,可以有效提高白及产量和品质。

3.2 深化白及作用机制和综合开发利用研究

运用代谢组学、蛋白质组学等技术手段开展白及药效物质基础及作用机制研究。白及除具有收敛止血、消肿生肌等功效,近年来还发现具有较显著的抗肿瘤活性,通过分离鉴定活性成分,围绕抑制细胞增殖、促进凋亡、调节肿瘤细胞自噬等机制展开研究,分析其调控与肿瘤发生、发展、转移相关的信号通路^[32-33]。深化白及多层次产品综合开发利用研究,目前白及除了在医药中的应用外,还在保健品、饮品、乳化剂、化妆品、新型生物材料等得以应用^[34]。白及胶的主要功能性成分白及葡甘聚糖毒性小,对人体皮肤无刺激,可以应用于医药和日化产品^[35-36]。同时白及多糖表现出良好的生物可降解性、生物相容性以及结构可修饰性,为优良的栓塞材料,是应用前景广阔的生物材料^[37]。白及也可作为观赏植物资源进行开发利用,规模化产区可利用白及花期开展休闲观光、健康旅游等,推广白及和白及花类产品。

3.3 完善白及质量评价体系

《中国药典》2015 年版仅有白及的性状和理化

性质的鉴别,迫切需要完善其质量评价体系。优质种子种苗是实现中药材规范化生产的基础,是从源头把握好中药质量的保证,推动制订白及种子种苗标准,在适宜产区开展标准化、规模化、产业化的种子种苗繁育,从源头上控制和提高白及的质量,打造各产区优势品种。吴风云等^[38]在白及品质特征影响因素研究中发现白及药材中重金属含量随生长年限的延长而增加,3年生及以下白及5种重金属的含量均符合《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》要求,但4年生白及的Cd和Pb富集量快速上升。目前颁布的贵州省地方标准《白及绿色生产技术规程》(DB52/T 1349-2018)、《地理标志产品 正安白及》(DB52/T 1255-2017)将多糖(以C₆H₁₂O₆计)和1,4-二[4-(葡萄糖氧)苄基]-2-异丁基苹果酸酯(militarine)含量、二氧化硫、重金属及砷盐和农药残留限量作为白及质量控制指标,为控制和评价白及质量提供了依据。

3.4 实施品牌战略,拓展销售市场

强化白及品牌观念,通过推广白及规范种植技术,充分利用当地开发白及资源的有利条件,鼓励龙头企业、农民专业合作社、家庭农场、专业大户等经营主体适度规模经营,在市场机制的作用下,将各产区白及产业规模化,建立白及产业集群。同时,加强引导、强化各类服务体系建设,充分发挥引导、组织和服务功能,将白及产业链各关联环节整合成有机整体,形成包括种质资源供应、生产与管理、产地加工、销售等环节的高效白及产业链。积极开发以白及有效成分为主导的创新药物、健康相关产品;在研究与开发的基础上,实施品牌战略。培育技术含量高、竞争能力强、市场前景好、有自主知识产权的白及知名品牌,以拓展白及销售市场。

4 结语与展望

在国家发展中医药产业的战略规划背景下,《中医药发展战略规划纲要(2016—2030年)》正逐步贯彻实施,应抓住机遇,进行深入研究,利用白及资源开发出具有市场竞争力的产品,做到质量和效益的统一,从而实现白及产业的可持续发展。

参考文献

[1] 明·李时珍. 本草纲目草部(第十二卷)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999.
[2] 清·顾观光著, 杨鹏举校注. 神农本草经(卷四)[M]. 北京: 学苑出版社, 2007.
[3] 孙乐乐, 杨永红, 刘军凯, 等. 白及的本草考证[J]. 中

药材, 2010, 33(12): 1965-1968.

- [4] 中国药典[S]. 一部. 2015.
[5] He X, Fang J, Wang X, et al. *Bletilla striata*: Medicinal uses, phytochemistry and pharmacological activities [J]. *J Ethnopharmacol*, 2017, 195: 20-38.
[6] 张永为, 蒋福升, 王寅, 等. 白及产业现状及可持续发展的探讨[J]. 中华中医药学刊, 2012, 30(10): 2264-2267.
[7] 石晶, 罗毅波, 宋希强. 我国白芨市场调查与分析[J]. 中国园艺文摘, 2010, 26(8): 1672-1673.
[8] 王彩霞, 田敏, 李全健, 等. 白及的花部特征与繁育系统[J]. 园艺学报, 2012, 39(6): 1159-1166.
[9] 蒋俊, 陈红霞, 汤兴利, 等. 基于中医药美白理论的白及研发思考[J]. 中草药, 2017, 48(11): 2313-2320.
[10] 白及国产药品[DB/OL]. 国家药品监督管理局, [2018-11-12]. <http://www.nmpa.gov.cn/WS04/CL2042/>.
[11] 白及非特殊用途化妆品[DB/OL]. 国家药品监督管理局, [2018-11-12]. <http://125.35.6.80:8181/ftban/>.
[12] 王礼中, 梁泉, 杨生超. 白及规范化栽培技术[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2017.
[13] Zhang M, Shao Q, Xu E, et al. *Bletilla striata*: A review of seedling propagation and cultivation modes [J]. *Physiol Mol Biol Plant*, 2019, 25(3): 601-609.
[14] 庄立, 李燕. 浅析普洱市白及产业现状与发展对策[J]. 农村实用技术, 2017(3): 14-16.
[15] 曹琦, 王学平. 药用白芨的生物学特性及其保护[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(18): 175-176.
[16] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
[17] 曹琦, 王学平. 临沧地区野生药用白芨资源现状及可持续发展研究[J]. 现代农业科技, 2015(10): 94-95.
[18] 张燕君, 孙伟, 何艳, 等. 白及属植物资源评价与可持续利用的现状与展望[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(22): 4397-4403.
[19] 任凤鸣, 刘艳, 李滢, 等. 白及属药用植物的资源分布及繁育[J]. 中草药, 2016, 47(24): 4478-4487.
[20] Sun D, Wang M, Ji D. Synthesis of a reduction-sensitive *Bletilla striata* polysaccharide amphiphilic copolymer [J]. *Chin Chem Lett*, 2018, 29(6): 831-833.
[21] Chen Z, Cheng L, He Y, et al. Extraction, characterization, utilization as wound dressing and drug delivery of *Bletilla striata* polysaccharide: A review [J]. *Inter J Biol Macromol*, 2018, 120(Part B): 2076-2085.
[22] Wang Y, Han S, Li R, et al. Structural characterization and immunological activity of polysaccharides from the tuber of *Bletilla striata* [J]. *Inter J Biol Macromol*, 2018, 122: 628-635.
[23] Ding L, Shan X, Zhao X, et al. Spongy bilayer dressing

- composed of chitosan-Ag nanoparticles and chitosan-*Bletilla striata* polysaccharide for wound healing applications [J]. *Carbohydr Polym*, 2017, doi: 10.1016/j.carbpol.2016.11.040.
- [24] Dong J, Cai L, Xiong J, *et al*. Improving the antioxidant and antibacterial activities of fermented *Bletilla striata* with *Fusarium avenaceum* and *Fusarium oxysporum* [J]. *Process Biochem*, 2015, 50(1): 8-13.
- [25] Lai Y L, Lin Y Y, Sadhasivam S, *et al*. Efficacy of *Bletilla striata* polysaccharide on hydrogen peroxide-induced apoptosis of osteoarthritic chondrocytes [J]. *J Polym Res*, 2018, 25(2): 49.
- [26] Song Y, Zeng R, Hu L, *et al*. *In vivo* wound healing and *in vitro* antioxidant activities of *Bletilla striata* phenolic extracts [J]. *Biomed Pharmacother*, 2017, doi: 10.1016/j.carbpol.2016.11.040.
- [27] 俞杭苏, 代斌玲, 钱朝东, 等. 白及须根化学成分及其体外抗菌活性研究 [J]. 中药材, 2016, 39(3): 544-547.
- [28] 吕迪, 李伟平, 潘平, 等. 白及块茎和须根抑菌作用的研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 15(5): 212-216.
- [29] 周云凯, 李伟平, 田莎莎, 等. 白及须根和块茎总酚含量的测定 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(10): 161-164.
- [30] Takagi S, Yamaki M, Inoue K. Antimicrobial agents from *Bletilla striata* [J]. *Phytochemistry*, 1983, 22(4): 1011-1015.
- [31] 陈美君, 李峰庆, 吕蒙, 等. 白及与其混伪品 ITS2 序列二级结构比较与鉴别 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(15): 46-52.
- [32] 孙爱静, 庞素秋, 王国权. 白及化学成分与抗肿瘤活性研究 [J]. 中国药理学杂志, 2016, 51(2): 101-104.
- [33] Sun A, Liu J, Pang S, *et al*. Two novel phenanthraquinones with anti-cancer activity isolated from *Bletilla striata* [J]. *Bio Med Chem Lett*, 2016, 26(9): 2375-2379.
- [34] 刘京宏, 周利, 钟晓红, 等. 白及资源研究现状及长产业链开发策略 [J]. 中国现代中药, 2017, 19(10): 1485-1494.
- [35] 马世宏, 金玲, 王守香, 等. 中药白芨在牙膏中的应用研究 [J]. 中国野生植物资源, 2009, 28(3): 32-35.
- [36] Wang W, He S, Hong T, *et al*. Synthesis, self-assembly, and *in vitro* toxicity of fatty acids-modified *Bletilla striata* polysaccharide [J]. *Artif Cell Nanomed Biotechnol*, 2016, 45(1): 69-75.
- [37] Luo S H, Song S L, Zheng C S, *et al*. Embolic effects of *Bletilla striata* microspheres in renal artery and transplanted VX2 liver tumor model in rabbits [J]. *Chin J Integr Med*, 2017, 25(6): 431-438.
- [38] 吴凤云, 邱丽莎, 崔秀明, 等. 白及品质特征影响因素研究 [J]. 中国医院药学杂志, 2016, 36(21): 1838-1844.