

真空冷冻干燥佛手瓜的工艺研究

袁利鹏, 刘波*, 黄丽, 郑耿杨 (广东农工商职业技术学院热带农林学院, 广东广州 510507)

摘要 通过正交试验优化研究了一种佛手瓜真空冷冻干燥方法。佛手瓜真空冷冻干燥的最佳工艺如下: 预处理的佛手瓜片置于含 0.15% 偏重亚硫酸钠、0.2% 维生素 C 和 0.3% 柠檬酸钠的护色液中浸泡 30 min; 浸泡在含 0.75% 柠檬酸和 10% 蔗糖的增味溶液中 120 min; 再浸泡于含 0.05% 乳酸钙的硬化处理溶液中 45 min; 最后进行真空冷冻干燥处理, 其控制条件为升华阶段真空度 80~100 Pa, 加热板温度为 40 ℃; 解析阶段真空度为 50~60 Pa, 加热板温度为 50 ℃。该方法解决了佛手瓜在传统加工过程中颜色褐变、风味丧失、营养流失及等问题, 干燥后的佛手瓜冻干片口感酥脆, 酸甜适口, 保存期长。

关键词 佛手瓜; 真空冷冻干燥; 正交试验; 工艺

中图分类号 TS 255.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)14-0197-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.14.058



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Vacuum Freeze-drying Technology of *Sechium edule* Swartz

YUAN Li-peng, LIU Bo, HUANG Li et al (Tropical Agriculture and Forestry College, Guangdong AIB Polytechnic, Guangzhou, Guangdong 510507)

Abstract Through orthogonal test optimization, a vacuum freeze-drying method for *Sechium edule* Swartz was studied. The optimum conditions for vacuum freeze-drying of *S. edule* were follows: pre-treated slices of *S. edule* were firstly immersed in a color-protection solution (containing 0.15% sodium metabisulfite, 0.2% vitamin C and 0.3% sodium citrate) for 30 minutes; then they were immersed in a flavor-enhancement solution containing 0.75% citric acid and 10% sucrose for 120min; and they were re-soaked in a hardening treatment solution containing 0.05% calcium lactate for 45 min; finally vacuum freeze-drying treatment was conducted. And the conditions were controlled as follows; the vacuum degree in the sublimation stage was 80-100 Pa, the temperature of the heating plate was 40 ℃; the vacuum degree in the analysis stage was 50-60 Pa, and the temperature of the heating plate was 50 ℃. This method obviously solved the problems of color browning, flavor loss, nutrient loss and the like in the traditional processing process of *S. edule*. The dried slices of *S. edule* had a crisp taste, a sweet and sour taste and a long shelf life.

Key words *Sechium edule* Swartz; Vacuum freeze-drying; Orthogonal test; Technology

佛手瓜 (*Sechium edule* Swartz) 是葫芦科梨瓜属多年生攀缘性宿根草本植物, 原产墨西哥和印度洋一带, 19 世纪初传入我国, 以西南、华南地区栽种较为普遍^[1]。佛手瓜富含各种营养素, 含有丰富的果胶, 热量低, 同时又是低钠食品, 常食用可减轻心脏、肾脏的负担, 避免水肿病的发生, 同时还可以减缓动脉硬化, 是心脏病、高血压病患者的保健蔬菜^[2]。此外, 佛手瓜还含有苷类、黄酮等活性物质^[3]。作为一种药食兼用的保健蔬菜, 具有极高的加工开发价值。佛手瓜从 2000 年起在广东省开始大面积推广种植, 被誉为“广东绿色蔬菜拳头产品”, 年产量约 80 万 t。其中, 新丰佛手瓜被誉为“2009 年广东人民最喜爱的土特产”荣誉、“2010 年亚运推荐名优旅游特产”称号等, 2010 年 12 月获“国家绿色食品认证”“广东省名牌产品”荣誉以及受“地理标志产品”保护^[4]。但是, 由于佛手瓜鲜食口味较平淡, 结构致密, 制作菜肴硬度大, 口感不理想, 因此限制了其销售。近年来, 佛手瓜的应用推广遭遇了前所未有的难题。2009 年 8 月 20 日, 据《南方农村报》报道, 广东省新丰县无公害佛手瓜上市价格低, 新丰县黄磜镇种植的无公害佛手瓜大量上市, 平均产量高达

105 000 kg/hm²。产地批发价仅 0.4 元/kg, 低于往年同期售价^[5]。因此, 为了解决佛手瓜的销售问题, 带动当地农村经济发展, 发展佛手瓜的精深加工技术十分必要^[6]。

真空冷冻干燥(简称冻干)技术是目前被世界公认的最先进食品加工技术^[7-8]。这项技术的研究和应用在我国还刚刚起步, 具有广阔的市场前景。冻干食品不同于一般干燥食品, 由于冻干食品是在冻结状态下脱水, 所以食品中的营养成分和风味损失很少, 可以最大限度地保留食品原有的营养、味道和芳香, 保持着食品原来的颜色和形状^[9-10]。由于冻干食品脱水彻底、重量轻, 不仅适合长途运输, 而且在常温下可保存 3~5 年。冻干食品最大的特点是它具有较好的复水性, 可迅速吸水复原, 而其品质与新鲜品基本相同或完全相同^[11-13]。尽管目前已有一些关于果蔬或中药材冷冻干燥的报道, 但尚未有关于佛手瓜真空冷冻干燥方法的报道。佛手瓜本身口味较平淡, 结构致密。笔者对佛手瓜风味的调配以及冻干程序等方面进行了探索, 旨在为佛手瓜的高质量真空冷冻干燥提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料 佛手瓜(XXX 公司); 偏重亚硫酸钠; 维生素 C; 柠檬酸钠; 柠檬酸; 蔗糖; 乳酸钙等。

1.2 仪器与设备 XD-145 多功能烘干机(广州天臣仪器有限公司); YZG-1000 真空干燥机(常州长盛设备科技有限公司); FD-8 美国西盟真空冷冻干燥机(广州深华设备有限公司); TS 100 尼康倒置显微镜(广州佳学仕仪器设备有限公司)。

1.3 工艺流程 工艺流程如下: 预处理(分级、清洗、切

基金项目 广东省自然科学基金项目(2014A030306026, 2015A030313793); 广东省教育厅高等学校优秀青年教师培养计划项目(Y920/4026, 2014145); 广东省科技计划项目(2013B090600059); 国家级星火计划项目(2015GA780082); 广东省教育厅高职食品加工技术专业领军人才项目。

作者简介 袁利鹏(1979—), 男, 山西大同人, 副教授, 硕士, 从事食品加工与安全检测工作。* 通信作者, 副教授, 硕士, 从事食品加工与安全检测研究。

收稿日期 2019-05-04

片)→护色→增味→硬化处理→预冻结→升华干燥→解析干燥→出仓→检验→包装。

1.4 操作要点

1.4.1 预处理。①分级。采用目测法对佛手瓜进行分级,选择成熟度、颜色、大小基本一致的原料佛手瓜为一类,对于有机械损伤或病虫害的原料进行区分,另做处理。②清洗、去皮。用清水清洗去除表面灰尘等,并人工去皮。③切片。纵向切分为厚度 2 cm 左右的圆片。

1.4.2 护色。将预先清洗去皮并切片的佛手瓜在含偏重亚硫酸钠(0.15%)、维生素 C(0.2%)和柠檬酸钠(0.3%)的护色液中浸泡护色,浸泡时间为 30 min。

1.4.3 增味。将上述经过护色并晾干的佛手瓜片在含柠檬酸(0.5%)和蔗糖(15%)的增味溶液中浸泡增味,浸泡时间为 120 min。

1.4.4 硬化处理。将上述经过增味并晾干的佛手瓜片在含乳酸钙(0.05%)的硬化处理溶液中浸泡,浸泡时间为 45 min。

1.4.5 预冻结。将经过上述处理的佛手瓜片装盘,在 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下预冻结,使中心温度达 $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$,维持 2 h。

1.4.6 升华干燥。将预冻结过的佛手瓜片进行升华干燥,调节真空度为 80~100 Pa,温度调节至 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,当佛手瓜片中心温度达 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时维持 0.5 h。

1.4.7 解析干燥。调节真空度为 50~60 Pa,解析温度 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$,当佛手瓜中心温度、板温和物料表面温度 3 条温度线相平行时,继续保持干燥状态 4 h,干燥即结束。

1.4.8 出仓。产品出仓以及检查分装的环境要按照相关制度保持搞清洁度,出仓温度为 $22\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度小于 40%。

1.4.9 检验。经上述操作规范获得的产品要求如下:水分含量(3.0 ± 0.2)%,复水性大于 90%, V_c 保持率大于 85%,粗蛋白保持率大于 85%,总糖保持率大于 85%。微生物检测达到国家相应标准,应符合:①GB 4789.2—2010《食品卫生微生物学检测 菌落总数测定》;②GB/T4789.3《食品卫生微生物学检测 大肠菌群计数的测定》,致病菌未检出。感官指标如下:冻干瓜肉部分色泽洁白,靠近瓜皮部分色泽浅绿,口感酥脆,酸甜适口。

1.4.10 包装。在温度 $22\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度低于 35%的清洁环境中,将不合格、形状不规则的产品挑出来,采用铝箔袋进行抽真空包装。

1.5 真空冷冻干燥佛手瓜护色试验

1.5.1 单因素试验。

1.5.1.1 偏重亚硫酸钠添加量对佛手瓜感官品质的影响。护色液含有 0.2%维生素 C 和 0.3%柠檬酸钠,浸泡时间为 30 min;增味溶液含有 0.5%柠檬酸和 20%蔗糖,浸泡时间为 120 min;硬化处理溶液含有 0.05%乳酸钙,浸泡时间为 45 min。偏重亚硫酸钠添加量分别为 0.05%、0.10%、0.15%、0.20%、0.25%,通过考察不同偏重亚硫酸钠添加量的佛手瓜,对其进行感官评分,确定偏重亚硫酸钠添加量的取值范围。

1.5.1.2 柠檬酸钠添加量对佛手瓜感官品质的影响。护色液含有 0.2%维生素 C 和 0.15%偏重亚硫酸钠,浸泡时间为

30 min;增味溶液含有 0.5%柠檬酸和 20%蔗糖,浸泡时间为 120 min;硬化处理溶液含有 0.05%乳酸钙,浸泡时间为 45 min。柠檬酸钠添加量分别为 0.20%、0.25%、0.3%、0.35%、0.40%,通过考察不同柠檬酸钠添加量的佛手瓜,对其进行感官评分,确定柠檬酸钠添加量的取值范围。

1.5.1.3 维生素 C 添加量对佛手瓜感官品质的影响。护色液含有 0.3%柠檬酸钠和 0.15%偏重亚硫酸钠,浸泡时间为 30 min;增味溶液含有 0.5%柠檬酸和 20%蔗糖,浸泡时间为 120 min;硬化处理溶液含有 0.05%乳酸钙,浸泡时间为 45 min。维生素 C 添加量分别为 0.10%、0.15%、0.20%、0.25%、0.30%,通过考察不同维生素 C 添加量的佛手瓜,对其进行感官评分,确定维生素 C 添加量的取值范围。

1.5.2 正交试验。在单因素试验的基础上,选取偏重亚硫酸钠添加量、柠檬酸钠添加量和维生素 C 添加量 3 个因素、各 3 个水平进行正交试验,具体试验设计方案见表 1。

表 1 真空冷冻干燥佛手瓜护色正交试验因素与水平设计

Table 1 The factor and level design of the orthogonal test for color protection of vacuum freeze-dried *S.edule* %

水平 Level	因素 Factor		
	偏重亚硫酸 钠添加量 Adding amount of sodium sulfite	柠檬酸钠添加量 Adding amount of sodium citrate	维生素 C 添加量 Adding amount of vitamin C
1	0.10	0.20	0.15
2	0.15	0.30	0.20
3	0.20	0.35	0.20

1.6 真空冷冻干燥佛手瓜增味试验

1.6.1 单因素试验。

1.6.1.1 柠檬酸添加量对佛手瓜感官品质的影响。护色液含有 0.15%偏重亚硫酸钠、0.2%维生素 C 和 0.3%柠檬酸钠,浸泡时间为 30 min;增味溶液含有 20%蔗糖,浸泡时间为 120 min;硬化处理溶液含有 0.05%乳酸钙,浸泡时间为 45 min。柠檬酸添加量分别为 0.25%、0.50%、0.75%、1.50%、2.00%,通过考察不同柠檬酸添加量的佛手瓜,对其进行感官评分,确定柠檬酸添加量的取值范围。

1.6.1.2 乳酸钙添加量对佛手瓜感官品质的影响。护色液含有 0.15%偏重亚硫酸钠、0.2%维生素 C 和 0.3%柠檬酸钠,浸泡时间为 30 min;增味溶液含有 0.5%柠檬酸,浸泡时间为 120 min;硬化处理溶液含有 0.05%乳酸钙,浸泡时间为 45 min。蔗糖添加量分别为 5%、10%、15%、20%、25%,通过考察不同蔗糖添加量的佛手瓜,对其进行感官评分,确定蔗糖添加量的取值范围。

1.6.1.3 乳酸钙添加量对佛手瓜感官品质的影响。护色液含有 0.15%偏重亚硫酸钠、0.2%维生素 C 和 0.3%柠檬酸钠,浸泡时间为 30 min;增味溶液含有 0.5%柠檬酸和 20%蔗糖,浸泡时间为 120 min。硬化处理溶液时乳酸钙添加量分别为 0.05%、0.10%、0.15%、0.20%、0.25%,浸泡时间为 45 min;通过考察不同乳酸钙添加量的佛手瓜,对其进行感官评分,确定乳酸钙添加量的取值范围。

1.6.2 正交试验。在单因素试验的基础上,选择柠檬酸、蔗糖和乳酸钙 3 个因素各 3 个水平进行正交试验,具体试验设计方案见表 2。

1.7 感官指标的测定 由 10 名感官检验员对产品颜色、气味、外观和口感进行评价,感官评分标准见表 3。色泽评分标准如下:瓜肉洁白、瓜皮浅绿为 90~100 分;瓜肉洁白、瓜皮微黄为 80~89 分;瓜肉和瓜皮微黄为 70~79 分。口感评分标准如下:口感酥脆、酸甜适中为 90~100;口感较脆、酸甜较好为 80~89;口感偏软或偏硬、微酸或偏甜为 70~79。

表 2 真空冷冻干燥佛手瓜增味正交试验因素与水平设计

Table 2 The factor and level design of the orthogonal test for the flavor enhancement of vacuum freeze-dried *S.edule* %

水平 Level	因素 Factor		
	柠檬酸添加量 Adding amount of citric acid	蔗糖添加量 Adding amount of sucrose	乳酸钙添加量 Adding amount of calcium lactate
1	0.50	10	0.05
2	0.75	15	0.10
3	1.50	20	0.15

表 3 感官评定评分标准

Table 3 The scoring standards of sensory evaluation

评分项目 Evaluation items	评分标准 Scoring standards	评分 Score 分
颜色 (20 分) Colour	色泽好,呈现洁白色	18~20
	色泽较暗,色泽一般	15~17
	有异色,色泽发暗	≤14
气味 (20 分) Smell	气味平淡,无异味	18~20
	基本无异味	15~17
	有异味	≤14
外观 (20 分) Appearance	果肉均匀,厚实	18~20
	果肉较均匀完整	15~17
	果肉不均匀完整	≤14
口感 (20 分) Taste	口感酥脆,酸甜适口	18~20
	口感一般	15~17
	口感较差,不易下咽	≤14
滋味 (20 分) Flavor	酸甜适口	18~20
	偏甜或偏淡	15~17
	味道不适口	≤14

2 结果与分析

2.1 真空冷冻干燥佛手瓜护色正交试验结果 在单因素试验的基础上,选取偏重亚硫酸钠 (0.10%、0.15%、0.20%)、柠檬酸钠 (0.25%、0.30%、0.35%) 和维生素 C (0.15%、0.20%、0.25%) 进行正交试验,在固定条件下进行冷冻干燥,通过感官评定其色泽选择最优方案,结果如表 4 所示。

由表 4 可知,各因素对冻干佛手瓜色泽的影响程度从大到小依次为 A、B、C,最佳工艺条件为 A2B2C2,即偏重亚硫酸钠的添加量为 0.15%、维生素 C 的添加量为 0.20%、柠檬酸钠的添加量为 0.30%,此时所获得的冻干佛手瓜色泽感官评分最高。

表 4 护色正交试验结果及感官评分

Table 4 The results and sensory scores of the orthogonal test for the color protection

试验号 Test No.	A 偏重亚硫酸添加量 Adding amount of sodium sulfite	B 维生素 C 添加量 Adding amount of vitamin C	C 柠檬酸 钠添加量 Adding amount of sodium citrate	感官评分 Sensory scores (色泽 color and luster)
1	1(0.10)	1(0.15)	1(0.25)	86.5
2	1	2(0.20)	2(0.30)	89.3
3	1	3(0.25)	3(0.35)	85.6
4	2(0.15)	1	2	91.4
5	2	2	3	92.3
6	2	3	1	90.3
7	3(0.20)	1	3	86.8
8	3	2	1	87.6
9	3	3	2	85.8
k_1	87.1	88.2	88.1	
k_2	91.3	89.7	88.8	
k_3	86.7	87.2	88.2	
R	4.6	2.5	0.7	

2.2 真空冷冻干燥佛手瓜增味正交试验结果 在单因素试验的基础上,选择柠檬酸 (0.50%、0.75%、1.50%)、蔗糖 (10%、15%、20%) 和乳酸钙 (0.05%、0.10%、0.15%) 进行正交试验,在固定条件下进行冷冻干燥,通过感官评定其口感选择最优方案,结果如表 5 所示。

表 5 增味正交试验结果及感官评分

Table 5 The results and sensory scores of the orthogonal test for the flavor enhancement

试验号 Test No.	A 柠檬酸 添加量 Adding amount of citric acid	B 蔗糖 添加量 Adding amount of sucrose	C 乳酸钙 添加量 Adding amount of calcium lactate	感官评分 (口感) Sensory scores (taste)
1	1(0.5)	1(10)	1(0.05)	89.2
2	1	2(15)	2(0.15)	93.2
3	1	3(20)	3(0.20)	85.7
4	2(0.75)	1	2	85.6
5	2	2	3	90.5
6	2	3	1	88.4
7	3(1.5)	1	3	76.8
8	3	2	1	86.7
9	3	3	2	84.2
k_1	89.4	88.1	88.0	
k_2	90.1	87.7	86.1	
k_3	86.1	84.3	86.0	
R	6.3	3.8	2.0	

由表 5 可知,各因素对冻干佛手瓜口感的影响程度从大到小依次为 A、B、C,最佳工艺条件为 A2B1C1,即柠檬酸的添加量为 0.75%、蔗糖的添加量为 10%、乳酸钙的添加量为 0.05%,此时所获得的冻干佛手瓜口感感官最好。

2.3 真空冷冻干燥佛手瓜升、降温时电阻随温度的变化 采用自制电阻测量装置来测定试验材料的共晶点和共熔点。在试验材料冻结过程中,记录温度和电阻随时间的变化情

况。当温度下降到一定值时,电阻值突然增大,此时为共晶点温度,表示试验材料的水分几乎全部冻结为冰;给试验材料加热,当温度上升到一定值时,电阻值突然减少,此时为共熔点温度。根据实际操作经验,真空冷冻干燥过程中的速冻(预冻)温度一般为比共晶点温度低 20 ℃ 左右。降温 and 升温时佛手瓜电阻随温度的变化情况分别如图 1 和图 2 所示。据此计算出佛手瓜的共晶点约 -15.3 ℃,共熔点约 -10.1 ℃。

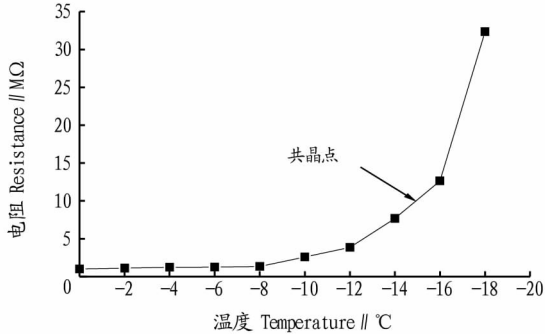


图 1 降温过程中佛手瓜电阻随温度的变化情况

Fig.1 The resistance changes of *S.edule* with temperature during the cooling process

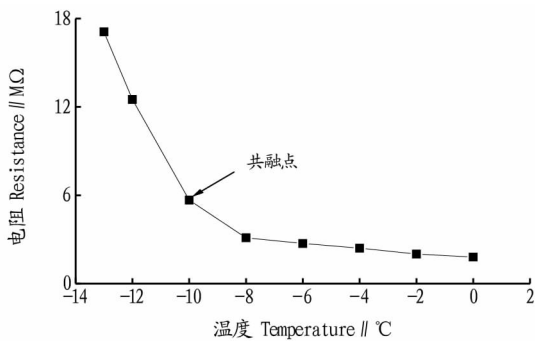


图 2 升温过程中佛手瓜电阻随温度的变化情况

Fig.2 The resistance changes of *S.edule* with temperature during the heating process

2.4 最佳真空冷冻干燥条件的确定 根据正交试验优化的结果,可得到感官评分最优值,因此可预测最佳真空冷冻干燥条件如下:护色溶液含有 0.15% 偏重亚硫酸钠、0.20% 维生素 C、0.30% 柠檬酸钠;增味溶液含 0.75% 柠檬酸和 10% 蔗糖,

硬化处理溶液含 0.05% 乳酸钙,在此条件下综合感官评分的预测值为 96.5 分。

2.5 验证试验 按照最佳条件进行 3 次重复试验,测得感官评分为 96 分,与预测结果相差约 0.1%,验证了试验结果的可靠性,表明该正交试验结果的可信度高。

3 结论

该研究方法干燥的佛手瓜片具有良好的复水性,保持了佛手瓜的特有风味和色泽,且破坏程度小、重量轻、保藏期长、便于运输。该研究聚焦在风味调配、冻干程序工艺对佛手瓜进行了干燥试验。经过正交试验的优化,最佳的工艺条件如下:护色溶液含有 0.15% 偏重亚硫酸钠、0.20% 维生素 C、0.30% 柠檬酸钠,浸泡时间为 30 min;增味溶液含 0.75% 柠檬酸和 10% 蔗糖,浸泡时间为 120 min;硬化处理溶液含 0.05% 乳酸钙,浸泡时间为 45 min。验证试验中测得感官评分为 96 分,此时冻干瓜肉部分色泽洁白,靠近瓜皮部分色泽浅绿,口感酥脆,酸甜适口。

参考文献

- [1] 张庆和.佛手瓜庭院优质高产栽培技术[J].江西农业,2018(14):12,14.
- [2] 冯敏,肖正璐,张红霞,等.佛手瓜的营养成分及开发利用[J].现代园艺,2018(1):49-50.
- [3] 陈建福,林洵,陈美慧,等.响应面法优化超声辅助提取佛手瓜总黄酮的工艺研究[J].中国饲料,2015(16):25-28,33.
- [4] 周义润.种瓜富了秋洞人[J].中国老区建设,2003(9):56.
- [5] 丘韶燕.新丰县佛手瓜村乡村旅游发展 SWOT 分析[J].南方农业,2012,6(4):71-74.
- [6] 山东烟台市农技中心.佛手瓜的五种立体栽培形式[J].农村实用工程技术,1993(8):19.
- [7] 徐冲,陈杰,陈丽媛,等.真空冷冻干燥技术在食用菌加工中的应用研究[J].微生物学杂志,2015,35(6):96-99.
- [8] REYES A, EVSEEV A, MAHN A, et al. Effect of operating conditions in freeze-drying on the nutritional properties of blueberries[J]. International journal of food sciences and nutrition, 2011, 62(3):303-306.
- [9] 李新建,王辉,彭菲菲.真空冷冻干燥糯米方便粥的工艺研究[J].食品工业,2019,40(1):74-78.
- [10] 陈健旋.响应面法优化超声辅助提取佛手瓜多糖工艺[J].山东农业大学学报(自然科学版),2017,48(2):171-177.
- [11] 于静静,毕金峰,丁媛媛.不同干燥方式对红枣品质特性的影响[J].现代食品科技,2011,27(6):610-614,672.
- [12] 刘书成,张常松,吉宏武,等.不同干燥方式对罗非鱼片品质和微观结构的影响[J].农业工程学报,2012,28(15):221-227.
- [13] 李翠丽,冀晓龙,许芳溢,等.干燥方式对梨枣粉品质特性的影响[J].中国食品学报,2014,14(12):121-127.
- [7] BANG S C, KIM Y, LEE J H, et al. Triterpenoid saponins from the roots of *Pulsatilla koreana*[J]. J Nat Prod, 2005, 68(2):268-272.
- [8] YE W C, ZHANG Q W, HSLAO W W, et al. New lupine glycosides from *Pulsatilla chinensis*[J]. Planta Med, 2002, 68(2):183-186.
- [9] XU Q M, SHU Z, HE W J, et al. Antitumor activity of *Pulsatilla chinensis* (Bunge) Regel saponins in human liver tumor 7402 cells *in vitro* and *in vivo*[J]. Phytomedicine, 2012, 19(3/4):293-300.
- [10] 李春晓,王月明,韦东来,等.白头翁药理作用的研究进展[J].植物医生,2018,31(8):26-29.
- [11] 路西明,王学延,王建刚.白头翁对小鼠免疫功能的影响[J].甘肃中医学院学报,1998,15(2):32-34.

(上接第 182 页)

- [3] SINKALA E, KAPULU M C, BESA E, et al. Hepatosplenic schistosomiasis is characterised by high blood markers of translocation inflammation and fibrosis[J]. Liver Int, 2016, 36(1):145-150.
- [4] 王娴默,肖林.血吸虫病导致的肝纤维化血清学检测研究进展[J].检验医学与临床,2017,14(S1):362-365.
- [5] 国家中医药管理局《中华本草》编委会.中华本草:上册[M].上海:上海科学技术出版社,1998.
- [6] KIM Y, KIM S B, YOU Y J, et al. Deoxydopphyllotoxin, the cytotoxic and antiangiogenic component from *Pulsatilla koreana*[J]. Planta Med, 2002, 68(3):271-274.