

芦蒿叶中黄酮类化合物的纯化及其营养饼干的研制

Purification of flavonoids from *Artemisia selengensis* leaves and preparation of healthy biscuits with the flavonoids

卢永翎 王 晨 梁玉理 朱 坤

LU Yong-ling WANG Chen LIANG Yu-li ZHU Kun

朱潇仪 郭红梅 吕丽爽

ZHU Xiao-yi GUO Hong-mei LU Li-shuang

(南京师范大学金陵女子学院, 江苏 南京 210097)

(Ginling College, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210097, China)

摘要:以吸附率和解吸附率为评价指标,从 16 种树脂里筛选出富集芦蒿叶中黄酮类化合物效果最佳的 NKA-2 型树脂,进而选择 NKA-2 型树脂柱对不同浓度乙醇的解吸液进行考察。结果表明,20% 乙醇洗脱组分中黄酮类化合物得率和纯度最高,分别为 38.56% 和 67.80%。将该组分芦蒿叶提取物加入面粉中制备出芦蒿营养饼干,通过探讨饼干配方及生产工艺确定 2 种不同口味饼干的最佳配方。

关键词:大孔吸附树脂;芦蒿;黄酮类化合物;饼干

Abstract: Flavonoids from *Artemisia selengensis* leaves were enriched by macro-porous resin NKA-2 that was chosen by comparing the static adsorption and desorption properties among 16 kinds of resins. As a result, the peak yield and purity of flavonoids can reach 38.56% and 67.80% respectively, when using 20% ethanol as eluent. Those natural extractions gained from *Artemisia selengensis* leaves were added into flour to produce a kind of healthy biscuits, and this study would further determine the optimal formula of those healthy biscuits with two different flavors by exploring biscuit recipes and producing processes.

Keywords: macro-porous resin; *Artemisia selengensis*; flavonoids; biscuit

芦蒿(*Artemisia selengensis* Turcz)为菊科蒿属多年生草本植物,学名菱蒿,又名狭叶艾、白蒿等。芦蒿风味独特,味道鲜美,《本草纲目》^[1]中记为“主治五脏邪气,风寒湿脾,补中气,利膈开胃,可去东河豚毒”。芦蒿中富含氨基酸、维生素、微量元素^[2-3]及黄酮类化合物^[4-6],是典型的保健蔬

菜。黄酮类物质具有抗氧化^[7-8]、清除体内自由基^[9]、降血糖^[10]、降血脂^[11]、抗肿瘤^[12]等多种功能。南京八卦洲芦蒿种植面积超过 1 300 hm²,产量 4 万 t,产值近 1.6 亿元,但是人们主要食用芦蒿的嫩茎,对于含有更多黄酮类化合物的芦蒿叶缺乏进一步的开发利用,造成一定的浪费。

涂宗财等^[5]和付庆权等^[6]采用响应面法优化了芦蒿叶中总黄酮的提取工艺,但有关芦蒿叶黄酮的富集和纯化,特别是其在大孔树脂上的吸附动力学研究尚未见报道。大孔吸附树脂分离技术对黄酮类化合物的筛分有着广泛应用^[13-16],树脂的吸附性能与其极性、空间结构有重要关系。本试验以芦蒿叶为原料,研究了 HPD417、NKA-2、HPD950、AB-8 等 16 种大孔树脂对芦蒿叶黄酮的吸附与解吸附性能,以期寻找对芦蒿叶总黄酮精制纯化的有效方法,并将其与易于进行营养强化处理的饼干相结合,通过优化产品配方研制出风味独特的芦蒿饼干,为芦蒿叶的开发利用以及健康食品的拓展提供新的途径。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

芦蒿:南京八卦洲野生蔬菜基地;
芦丁标准品:含量 98%,上海源叶生物科技有限公司;
无水乙醇:分析纯,南京宁试化学试剂有限公司;
氢氧化钠、硝酸铝、亚硝酸钠、乙酸乙酯、甲醇、硫酸:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

HPD100、HPD417、HPD450、HPD600、HPD722、HPD950、ADS17、DM130、APD500、APD750、D101 树脂:河北沧州宝恩生化制剂厂;

NKA-2、NKA-9、AB-8、X-5、聚酰胺树脂:天津南开大学化工厂;

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:31571783)

作者简介:卢永翎,女,南京师范大学实验师,硕士。

通信作者:吕丽爽(1969—),女,南京师范大学教授,博士。

E-mail: lishuanglv@126.com

收稿日期:2017-06-09

低筋粉、优级白砂糖、小苏打、食盐、奶香粉、抹茶粉、可可粉:市售。

1.1.2 仪器

紫外-可见分光光度计:UV-6100A 型,上海元析仪器有限公司;

- 冷冻干燥机:FreeZone 2.5 Plus 型,美国 Labconco 公司;
- 质构仪:QTS-25 型,美国 Brookfield CNSFarnell 公司;
- 分析天平:AUY220 型,日本岛津公司;
- 高速万能粉碎机:FM177 型,天津泰斯特仪器有限公司;
- 电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9140 型,上海精宏试验设备有限公司;
- 旋转蒸发器:RE-52A 型,上海亚荣生化仪器厂;
- 电烤炉:YXD101-2 型,早苗食品机械有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 芦蒿叶黄酮的提取及测定

(1) 芦蒿叶粗提液的制备:新鲜芦蒿洗净、去除老、黄叶子后烘干,粉碎,按料液比 1:50 (g/mL)加入 75%乙醇溶液,90℃加热回流 90 min,冷却,抽滤。残渣重复提取 1 次。合并两次提取液旋转蒸发,冷冻干燥,得芦蒿叶总黄酮粗提物^[5-6]。

(2) 黄酮类化合物标准曲线的建立:参考文献[6],以芦丁为对照,采用 Al(NO₃)₃显色法,在波长 510 nm 处测定,以不同浓度的芦丁为横坐标,吸光值为纵坐标,绘制标准曲线。

1.2.2 大孔树脂纯化芦蒿叶粗提物

(1) 大孔树脂的预处理:取 16 种树脂适量,蒸馏水洗去杂质及破碎树脂,于 70℃干燥至质量恒定,备用。分别精密称取 1.0 g 于 250 mL 锥形瓶中,95%乙醇浸泡 24 h 后,用蒸馏水洗至无醇味。

(2) 大孔吸附树脂对黄酮类化合物的静态吸附和解吸附:将预处理好的大孔树脂置于 250 mL 锥形瓶内,加入 50 mL 芦蒿叶总黄酮粗提物的稀释样液(0.536 mg/mL),振荡吸附 24 h(25℃,150 r/min),测定吸附平衡后样液中黄酮类化合物的浓度;用蒸馏水冲洗树脂中残余黄酮类化合物后吸干水分,加入 70%乙醇振荡解吸附 24 h(25℃,150 r/min),过滤,测定滤液中黄酮类化合物的浓度,并按式(1)~(4)计算树脂的吸附量、吸附率、解吸附率和回收率。

$$Q_a = \frac{(C_0 - C_r) \times V_a}{W}, \tag{1}$$

$$A = \frac{C_0 - C_r}{C_0} \times 100\%, \tag{2}$$

$$D = \frac{C_d \times V_d}{Q_a \times W} \times 100\%, \tag{3}$$

$$R = A \times D \times 100\%, \tag{4}$$

式中:

- Q_a ——干树脂的吸附量,mg/g;
- A ——吸附率,%;
- D ——解吸率,%;
- R ——回收率,%;
- C_0 ——吸附液起始浓度,mg/mL;
- C_r ——吸附后溶液浓度,mg/mL;
- C_d ——解吸液浓度,mg/mL;

V_a ——吸附液体积,mL;

W ——树脂(干)重量,g;

V_d ——解吸液体积,mL。

(3) 大孔树脂层析柱分离芦蒿叶提取物:参考文献[13~15]方法,取经预处理的 NKA-2 树脂 100 mL 湿法装柱(Φ 4.0 cm×30 cm),一定浓度的芦蒿叶粗提液上样,先用水洗脱 3 BV,再依次用不同体积分数的乙醇解吸液(20%,40%,60%,80%)以 1.5 BV/h 的流速进行洗脱,收集流出液并用薄层色谱板检测(展开剂为 20:15:2:1 的甲苯:乙酸乙酯:甲酸:水,显色剂为 10%硫酸乙醇溶液,在 105℃加热下检视),合并,减压浓缩并冷冻干燥保存,测定各洗脱组分中黄酮的含量。

1.2.3 芦蒿饼干的制作

(1) 基本配方及工艺流程:低筋粉 100%(以面粉为基准,其他辅料以占面粉质量比例计算)、鸡蛋(全蛋)90%、蛋黄 10%、白砂糖 40%、小苏打 1%、食盐 0.9%、奶香粉 0.9%、水适量。

原辅料挑选→称量→原辅料预混、打发→加入 20%乙醇洗脱得到的芦蒿叶提取物、面粉、小苏打、奶香粉进行调粉(可添加可可粉或抹茶粉)→成型→烘烤(上火温度控制为 200℃,底火温度控制为 180℃,时间约为 15 min)→冷却→检验→成品

(2) 饼干中黄酮含量的测定:将饼干样用粉碎机粉碎,加入 70%乙醇水溶液磁力搅拌 1 h,过滤膜取续滤液按 1.2.1 项下芦丁标准曲线制备方法配置溶液并测定吸光度值。

(3) 影响饼干感官品质的因素分析:通过探讨芦蒿叶提取物用量、白砂糖用量、可可粉和抹茶粉加入量对饼干品质的影响,以感官评定为标准,确定芦蒿饼干的最佳配方。芦蒿叶提取物用量对饼干质量的影响:面粉用量 183 g,分别添加 550,800,1 050,1 300 μg/g 的黄酮类化合物,其他辅料用量与基本配方相同。白砂糖用量对饼干品质的影响:面粉用量 183 g,黄酮类化合物添加量 800 μg/g,白砂糖添加量分别为 55,73,91,110 g。可可粉用量对饼干品质的影响:面粉用量为 183 g,黄酮类化合物的添加量为 800 μg/g,白砂糖添加量为 73 g,分别加入可可粉 18.3,27.5,36.6 g。抹茶粉用量对饼干品质的影响:面粉用量 183 g,黄酮类化合物添加量 800 μg/g,白砂糖添加量 73 g,分别加入抹茶粉 3.7,9.2,14.7 g。

(4) 模糊评判方法:参考文献[17~19]方法,由 10 位食品专业人员组成评定小组,从饼干色泽、形状、结构、风味和口感 5 个方面评定产品品质,评定标准见表 1。

(5) 饼干质构分析:用 QTS-25 型质构仪对饼干硬度、内聚性、弹性、咀嚼性进行测定分析,评价饼干的品质。测定条件:压缩模式,选用 TA5 探头,压缩距离 1.5 mm,等待时间 3 s,触发力 5 g,测试前速度 1.0 mm/s,测试速度 0.5 mm/s,测试后速度 0.5 mm/s。

2 结果与分析

2.1 芦蒿中黄酮类化合物的提取优化

2.1.1 黄酮类化合物标准曲线的建立 标准曲线方程为: $y = 0.09x + 0.000\ 2, R^2 = 0.999\ 9$,根据回归方程计算芦蒿叶及饼干中黄酮类化合物的含量。

表 1 芦蒿饼干感官评分标准

Table 1 Sensory estimate standard of healthy biscuits
with flavonoids

项目	评分标准	分值
色泽	颜色均匀,呈浅绿色;抹茶味呈较明亮的绿色;可 可味呈略有光泽的巧克力色	15~20
	颜色不太均匀,颜色过深	10~15
	有明显的色差,有过焦现象	5~10
形状	外形完整,厚薄均匀,纹路清晰,不收缩,不变形	15~20
	外形不完整,厚薄不一致,底部有凹纹,轻微起泡 及变形	10~15
	外形有破碎,纹路不清晰,表面起泡严重,变形 严重	5~10
结构	断面结构呈多孔状,细密,无大孔洞	12~15
	内部较疏松,不均匀,有较大孔洞	8~12
	表面有裂纹,内部疏松,有大孔洞,易碎	5~8
风味	微甜,有芦蒿的清香,有适宜的抹茶或巧克力 风味	20~25
	有轻微苦味,抹茶或巧克力味道过重	15~20
	苦味重或过甜,无芦蒿清香,有异味	10~15
口感	口感酥脆、不粘牙,无渣感	15~20
	口感松软、略粘牙、轻微渣感	10~15
	质构板硬、粘牙、有杂质	5~10

2.1.2 树脂吸附及解吸附能力的比较 16 种树脂对芦蒿中黄酮类化合物的静态吸附及解吸附结果见表 2。经 Spss 17.0 数据处理软件进行显著性分析,表明各树脂对黄酮类化合物的吸附率和解吸附率均存在显著性差异($P<0.05$)。大孔树脂是一种高分子聚合物,具有吸附性和筛选性相结合的特点,可以根据吸附力(范德华力或氢键吸附)和分子量的大小选择性地吸附有机物^[20]。由表 2 可知,吸附能力较好的树脂有 HPD417、NKA-2、HPD950、AB-8,其中 NKA-2 型树脂对芦蒿叶中黄酮类化合物的解吸附率和回收率分别达到 88.89%和 74.42%,优于其他 3 种树脂。综合考虑,NKA-2 型树脂适用于芦蒿叶中黄酮的纯化。

2.1.3 解吸剂浓度对黄酮洗脱效果的影响 考虑到提取的黄酮类物质用于添加到食品中,本试验采用乙醇作为解吸剂。由表 3 可知,20%乙醇洗脱得率与效果最佳,得率达到 38.56%,纯度达到 67.80%。经 Spss 17.0 显著性分析表明:各浓度乙醇洗脱组分中黄酮的得率与纯度均具有显著性差异($P<0.05$)。由此可见以 NKA-2 型树脂柱分离时,可用 20%乙醇来纯化黄酮类化合物。

2.2 饼干制作工艺优化

2.2.1 芦蒿饼干中黄酮类化合物的含量 将未加芦蒿叶提取物的饼干与加入 F1 的饼干分别按 1.2.3 的方法进行黄酮类化合物的提取和含量测定,由表 4 可知,加入芦蒿提取物后,每克饼干中的黄酮类化合物含量可以提高 200 μg 左右,效果比较显著。

2.2.2 辅料添加量对产品质量的影响 由表 5 可知,芦蒿叶

表 2 大孔树脂对芦蒿叶中黄酮类化合物静态吸附性能比较

Table 2 Comparison on static adsorption and desorption ca-
pabilities of different types of macro-porous resins
($n=3$)

树脂型号	吸附率	RSD	解吸附率	RSD	回收率	RSD
HPD600	72.09	1.85	97.80	1.74	70.50	3.13
APD500	77.68	3.03	85.49	1.32	66.41	3.71
D101	69.51	1.16	92.09	2.43	64.01	3.64
ADS17	38.59	2.35	85.24	1.68	32.89	3.94
HPD417	91.69	1.97	39.28	3.24	36.01	3.99
HPD722	66.25	2.13	92.25	1.86	61.12	3.75
NKA-9	72.98	3.23	92.89	0.46	67.79	3.62
NKA-2	83.73	2.60	88.89	1.70	74.42	2.87
APD750	66.71	2.89	84.83	0.88	56.59	3.63
HPD950	94.15	1.96	32.95	1.41	31.02	3.25
HPD450	68.05	2.61	87.29	1.12	59.40	3.55
DM130	64.11	2.04	90.09	2.16	57.76	3.83
X-5	74.33	2.78	95.60	0.93	71.06	3.71
聚酰胺	57.86	2.58	55.46	1.47	32.09	3.94
HPD100	53.16	1.56	96.42	1.57	51.25	2.79
AB-8	86.07	1.81	68.65	1.76	59.09	3.30

表 3 乙醇浓度对黄酮类物质洗脱效果的影响

Table 3 The effect of ethanol concentration on desorption
performance ($n=3$)

组分	乙醇浓度	得率	RSD	纯度	RSD
F1	20	38.56	1.34	67.80	0.30
F2	40	34.75	2.31	30.69	1.77
F3	60	19.06	2.43	46.87	2.41
F4	80	11.12	2.59	39.24	2.76

中黄酮纯化物 F1 的添加量对产品结构与形状几乎无影响,但在 $>1\ 050\ \mu\text{g/g}$ 时,饼干出现不愉悦的苦味;而添加量 $<800\ \mu\text{g/g}$ 时,则无黄酮类物质特有的风味。经过对比,当添加量为 $800\ \mu\text{g/g}$ 时,饼干具有较好的风味和口感。在色泽上,当添加量 $>1\ 050\ \mu\text{g/g}$ 时,较多的黄酮被氧化呈现黄色,影响饼干色泽;而当添加量 $<800\ \mu\text{g/g}$ 时,不显绿色。因此确定黄酮类化合物的最佳添加量为 $800\ \mu\text{g/g}$ 。

白砂糖添加量对饼干色泽、风味及口感有重要的影响。当白砂糖低于 73 g 时,饼干口感较硬且粘牙;添加量为 73 g

表 4 芦蒿提取物对产品中黄酮类化合物含量的影响

Table 4 Effects of *Artemisia Selengensis* Extract on
content of flavonoids in products ($n=3$)

产品	不加芦蒿提取物		加入芦蒿提取物	
	黄酮类化合物含 量/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	RSD/ %	黄酮类化合物含 量/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	RSD/ %
原味饼干	0.831	1.47	1.079	2.75
巧克力饼干	1.791	2.24	2.003	0.71
抹茶饼干	2.244	2.72	2.425	2.23

表 5 辅料添加量对产品质量的影响							
Table 5 Effects of the amount of materials on product quality							
辅料添加量	色泽	形状	结构	风味	口感	总分	
黄酮纯化物 F1/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	550	11.5	17.5	12.5	17.5	15.3	74.3
	800	16.3	18.1	12.0	22.0	16.5	84.9
	1 050	14.0	16.3	13.3	16.0	16.0	75.6
	1 300	12.5	18.5	12.0	15.5	14.5	73.0
白砂糖/g	55	14.5	16.0	13.6	12.3	8.5	64.9
	73	16.5	16.0	13.5	23.0	17.0	86.0
	91	12.0	14.3	10.0	20.0	14.5	70.8
	110	10.5	13.5	8.5	15.5	9.0	57.0
可可粉/g	18.3	16.5	17.5	10.3	20.3	14.3	78.9
	27.5	18.1	16.3	12.5	22.0	16.0	84.9
	36.6	17.0	16.5	11.3	17.3	13.3	75.4
	3.7	14.8	16.5	10.5	20.6	13.5	75.9
抹茶粉/g	9.2	18.0	15.0	13.0	22.5	15.6	84.1
	14.7	16.1	18.0	11.0	13.3	13.0	71.4

时,焦糖化反应轻微,能够很好地体现芦蒿的淡绿色,并且口感酥松,味道纯正;添加量>91 g 时,焦糖化反应明显,焙烤的金黄色与芦蒿提取物的绿色,形成了棕黄色甚至深褐色,影响产品品质。因此确定最佳白砂糖添加量为 73 g。

可可粉的添加量对饼干的风味与结构有较大影响,而对色泽影响较小。当可可粉为 27.5 g 时,饼干具有疏松质地,同时在风味和色泽上的评分都较高。而抹茶粉对饼干的色泽、风味和结构均有较明显的影响,综合三者的结果,发现当抹茶粉添加量为 9.2 g 时,饼干的整体评分较高。因此确定最佳可可粉和抹茶粉添加量分别为 27.5 g 和 9.2 g。

2.2.3 饼干产品的质构特性 为验证产品的质量(按 2.2.2 中最佳配方制作),分别对添加黄酮纯化物 F1 的原味饼干、巧克力味饼干及抹茶味饼干进行了质构分析。由表 6 可知,3 种饼干的硬度均在 4 000 g 左右,硬度适中,内聚性、弹性、咀嚼性均无显著性差异,内部疏松程度较好。

表 6 3 种饼干的质构特性分析					
Table 6 Texture properties of three kinds of biscuits ($n=10$)					
产品	硬度/g	内聚性	弹性/mm	咀嚼性/mJ	
原味饼干	4 115.33±89.94	0.16±0.01	0.42±0.06	0.83±0.12	
巧克力饼干	3 918.33±38.89	0.14±0.01	0.39±0.05	0.90±0.10	
抹茶饼干	3 940.00±43.27	0.15±0.02	0.38±0.06	0.82±0.08	

3 结论

从 16 种大孔树脂中筛选出 NKA-2 型树脂对芦蒿叶黄酮粗提物进行精制纯化,其有良好的吸附和解吸附性能。当以 3 BV 水冲洗后,再用 3 BV、20%乙醇以 1.5 BV/h 的流速进行洗脱,所得组分 F1 中黄酮类化合物有较好的得率和纯度,分别为 38.56%和 67.80%。当 F1 添加量为 800 $\mu\text{g/g}$,糖占比 40%时,饼干具有芦蒿独特的风味、口感酥脆。通过进

一步优化可可粉(15%)和抹茶粉(5%)的添加量,确定 2 种不同口味的饼干配方。芦蒿饼干的营养价值高于普通饼干,是一种很好的日常健康食品,同时也为芦蒿叶的开发利用提供了一定的参考。

参考文献

[1] 李时珍. 本草纲目[M]. 北京: 中医药出版社, 1988: 28.

[2] 杨风岩. 芦蒿不同部位营养成分比较[J]. 氨基酸和生物资源, 2003, 25(1): 8-9.

[3] 邵增龙, 黄和平, 高山林, 等. 芦蒿研究进展[J]. 海峡药学, 2010, 22(1): 67-69.

[4] 张健, 张令义. 蒹蒿叶的黄酮类成分研究[J]. 中草药, 2008, 39(1): 23-26.

[5] 涂宗财, 毛沅文, 李志等. 野生蒹蒿叶中黄酮类化合物的提取工艺[J]. 南昌大学学报: 工科版, 2011, 33(3): 234-238.

[6] 扶扶权, 侯佩, 陈能. 响应面法优化芦蒿叶总黄酮的提取工艺[J]. 食品科学, 2013, 34(4): 94-98.

[7] WU Yi-hang, WANG Fang, ZHENG Qun-xiong, et al. Hepato-protective effect of total flavonoids from Laggera alata against carbon tetrachloride-induced injury in primary cultured neonatal rat hepatocytes and in rats with hepatic damage[J]. Journal of Biomedical Science, 2006, 13(4): 569-578.

[8] HUANG Bo, BAN Xiao-quan, HE Jing-sheng, et al. Hepato-protective and antioxidant activity of ethanolic extracts of edible lotus (Nelumbo nucifera Gaertn.) leaves[J]. Food Chemistry, 2010, 120(3): 873-878.

[9] 李晓明, 刘跃钧, 邓荣华, 等. 芦蒿不同部位清除自由基活性研究[J]. 食品科学, 2012, 28(5): 116-119.

[10] 王勇, 赵海燕. 植物黄酮类治疗糖尿病药理机制的研究进展[J]. 医学综述, 2010, 16(4): 612-615.

[11] 马洁桃, 张玲, 王茵. 黄酮类化合物的降脂活性及其作用机制的研究进展[J]. 中国预防医学杂志, 2011, 12(4): 370-372.

[12] TANG Shu-nan, HUANG Wei, JI Shuai, et al. Prenylated flavonoids from Glycyrrhiza uralensis as promising anti-cancer agents: a preliminary structure-activity study[J]. Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences, 2016, 25(1): 23-29.

[13] 徐海丹, 朱威, 赵波, 等. 大孔树脂吸附分离乌药叶总黄酮的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(11): 1 545-1 549, 1 571.

[14] 邓荣华, 郭宇星, 李晓明, 等. 芦蒿秸秆总黄酮富集纯化及产物鉴定[J]. 食品科学, 2013, 34(9): 85-89.

[15] 彭程程, 邓放明. 湖南香柚中黄酮类化合物的分离纯化工艺研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 145-147.

[16] 于宁, 何承辉, 邢建国, 等. 大孔吸附树脂分离纯化香青兰提取液工艺研究[J]. 中草药, 2016, 47(4): 599-605.

[17] 李新旺, 李振兴, 李远恒, 等. 响应面结合模糊综合评定在茶苏打饼干研制中的应用[J]. 食品工业科技, 2015, 36(7): 246-251.

[18] 杨君, 刘后伟. 桑叶曲奇饼干的研制[J]. 农产品加工, 2016(12): 15-17.

[19] 程华平, 万娅琼, 李翠红, 等. 抹茶酥性饼干加工技术的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(12): 374-376.

[20] 宋丹, 张永文. 试谈中药提取工艺中使用大孔吸附树脂纯化的研究要求与评价[J]. 中国新药杂志, 2015, 24(7): 745-749.