

超声波辅助酶法优化黄精多糖提取工艺的研究

刘日斌^{1,2}, 张宇鹏^{2,3}, 马崇坚^{2,3}, 陈晓远^{2,3*}, 叶俊^{1,2}

(1. 韶关学院 英东食品学院, 广东 韶关 512005; 2. 韶关市粤北土壤土地工程技术研究中心, 广东 韶关 512005; 3. 韶关学院 英东生物与农业学院, 广东 韶关 512005)

摘要: 该文主要以始兴黄精为原料, 纯净水为提取溶剂, 采用超声波辅助酶法提取黄精多糖, 通过单因素试验研究复合酶添加量、酶解时间、酶解温度和料液比等因素对黄精多糖提取率的影响, 并对其最佳工艺进行正交试验优化。结果表明, 超声波辅助酶法提取黄精多糖的最佳工艺条件为: 复合酶添加量 6%、酶解温度 65 ℃、酶解时间 55 min、料液比 1:30 (g/mL), 在此工艺条件下得到黄精多糖的提取率为 25.63%。

关键词: 超声波辅助酶法; 黄精; 黄精多糖; 工艺优化; 提取率

Ultrasonic-assisted Enzymatic Optimization of Extraction Process of Polysaccharides from *Polygonatum sibiricum*

LIU Ri-bin^{1,2}, ZHANG Yu-peng^{2,3}, MA Chong-jian^{2,3}, CHEN Xiao-yuan^{2,3*}, YE Jun^{1,2}

(1. Henry Fok School of Food Science and Engineering, Shaoguan University, Shaoguan 512005, Guangdong, China; 2. Soil and Land Engineering Technology Research Center of North Guangdong, Shaoguan 512005, Guangdong, China; 3. Henry Fok College of Biology and Agriculture, Shaoguan University, Shaoguan 512005, Guangdong, China)

Abstract: To used Shixing *Polygonatum* as the raw material, purified water as the extraction solvent, and used ultrasonic-assisted enzymatic extraction of *Polygonatum* polysaccharides. Through single factor experiments, the effects of compound enzyme addition, digestion time, digestion temperature and material-liquid ratio on the extraction rate of *Polygonatum* polysaccharides were studied, and optimize the best process by orthogonal experiments. The results showed that the optimal process conditions of ultrasonic-assisted enzymatic extraction of *Polygonatum* polysaccharides were 6% compound enzyme addition, enzymolysis temperature 65 ℃, enzymolysis at a time of 55 min and a material-to-liquid ratio of 1:30 (g/mL), the extraction rate of *Polygonatum* polysaccharide under this process condition was 25.63 %.

Key words: ultrasonic assisted enzymatic method; *Polygonatum*; *Polygonatum* polysaccharides; process optimization; extraction rate

引文格式:

刘日斌, 张宇鹏, 马崇坚, 等. 超声波辅助酶法优化黄精多糖提取工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(7): 141-146.

LIU Ribin, ZHANG Yupeng, MA Chongjian, et al. Ultrasonic-assisted Enzymatic Optimization of Extraction Process of Polysaccharides from *Polygonatum sibiricum*[J]. Food Research and Development, 2021, 42(7): 141-146.

基金项目: 韶关市科技计划项目(2018sn046、2018sn155、2008111545 32467); 韶关学院第二批(2019年度)校级教育教学改革项目(SYJY20192019); 韶关学院校级课题(SY2016KJ04); 2020年韶关学院大学生创新创业训练计划项目(S202010576030)

作者简介: 刘日斌(1988—), 男(汉), 实验师, 硕士研究生, 研究方向: 粮食、油脂与植物蛋白工程。

* 通信作者: 陈晓远(1968—), 男, 教授, 博士, 研究方向: 土壤修复。

黄精属(*Polygonatum*)植物系百合科(Liliaceae)多年生草本植物。包含有滇黄精(*Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl)、黄精(*Polygonatum sibiricum* Red)或多花黄精(*Polygonatum cyrtoneuma* Hua)^[1]。黄精作为传统的中药材, 具有补气养阴、益肾、健脾、润肺等功效。同时, 黄精作为药食同源的食材, 又具有解热消暑、改善记忆

力、提高免疫力等功能^[2-4]。黄精的化学成分主要包括多糖、黄酮、木脂素、萜醌、生物碱、挥发性油脂等^[5-6]。其中,黄精多糖被认定为具有抗氧化、抗炎、降抗动脉粥样硬化、抗病毒、抑制癌细胞、保肝等作用^[7-8]。

黄精多糖的含量是评价黄精质量的重要指标之一,目前黄精多糖的提取方法研究较多的主要有水提醇沉法、碱提取法、酶提取法、闪式提取法、超声波辅助提取法、超声微波协同辅助提取法等。超声波辅助提取工艺具有简单、环保、快速高效等特点,在很多物质提取领域有比较好的应用。酶提取法具有反应条件温和、环境友好,提取效率高等特点。本试验将超声波辅助提取法和酶提取法结合提取黄精多糖,采用单因素试验和正交试验进行提取工艺综合优化,为黄精多糖的开发利用提供一定的试验数据。

1 材料与方法

1.1 材料

九蒸九晒黄精:市购;木瓜蛋白酶(酶活力 $\geq 100\ 000$ U/g)、纤维素酶(酶活力 $\geq 30\ 000$ U/g)、异抗坏血酸钠、柠檬酸、柠檬酸钠:广东味多美食品配料有限公司;葡萄糖(标准品):成都艾科达化学试剂有限公司;浓硫酸:衡阳市凯信化工试剂有限公司;无水乙醇、95%乙醇:天津市大茂化学试剂厂;硫酸亚铁:天津科密欧化学试剂有限公司;水杨酸:洛阳市化学试剂厂。以上试剂均为分析纯。

1.2 设备

ZD-3 自动电位滴定仪:上海仪电科学仪器股份有限公司;PS-40AL 超声波清洗机:深圳市华深科工设备有限公司;BS210S 电子分析天平:北京赛多利斯天平有限公司;V-5000 可见分光光度计:上海元析仪器有限公司;DHG-9076 电热恒温鼓风干燥箱:江苏省金坛市大地自动化仪器厂;HH-6 数显恒温水浴锅、JJ-2 万能粉碎机:常州国华电器有限公司;RE-52B 旋转蒸发器:上海亚荣生化仪器设备有限公司;TD25-WS 离心机:湖南平凡科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 黄精多糖的提取率及含量测定

1.3.1.1 黄精多糖的提取

将购买的新鲜干黄精放入 70 °C 烘箱中再次烘干 2 h,取部分粉碎、过 40 目筛装入自封袋中备用。按试验要求准确称取 2.000 0 g 粉碎好的黄精置于三角瓶中,按比例加入一定量的纯净水,按一定配比加入木瓜蛋白酶和纤维素酶,调节 pH 值后放入功率 240 W 超声波提取器中,设置好温度和时间进行黄精多糖提

取。提取结束后,95 °C 水浴 10 min 灭酶,趁热用 200 目绢布过滤。滤液于 60 °C 下真空旋转蒸发浓缩,浓缩至浓缩液体积小于 20 mL,转移至量筒中,并用少量蒸馏水润洗剩余的浓缩液,合并浓缩液并定量到 20 mL,倒入 250 mL 三角瓶中,加入 80 mL 无水乙醇,搅拌均匀后静置 2 h,4 000 r/min 离心 10 min,离心后取沉淀,依次用 95%乙醇、无水乙醇、乙醚洗涤,烘干得黄精多糖^[9-10]。

1.3.1.2 葡萄糖标准溶液的测定

采用苯酚-硫酸法测定^[11]。准确称取 0.100 0 g 葡萄糖干燥标准品置于 100 mL 容量瓶内,加入蒸馏水溶解,并稀释到刻度,混匀。取上述配制好的葡萄糖溶液 10 mL 稀释至 50 mL 得到葡萄糖标准溶液。分别取 0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8 mL 上述标准溶液于 10 mL 具塞试管中,然后分别加入蒸馏水至各管溶液体积达 2 mL,同时往各管中加入 1.0 mL 6%苯酚溶液,充分混匀,迅速加入 5.0 mL 浓硫酸溶液,混匀,静置 5 min 后放入沸水浴中加热 15 min,取出冷却,备用。单独取 2.0 mL 蒸馏水作为对照组,按上述操作步骤进行相同操作,最后将所有溶液在 487 nm 条件下测定其吸光度。以葡萄糖浓度为横坐标,测得的吸光度为纵坐标,绘制标准曲线,如图 1 所示。得回归方程 $Y = 11.643X - 0.0015$, $R^2 = 0.994$,在 0~0.18 mg 浓度范围内有良好的线性关系。

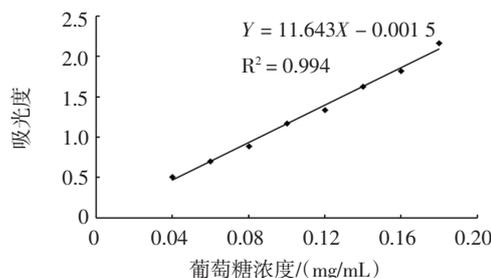


图1 葡萄糖溶液标准浓度曲线

Fig.1 Standard concentration curve of glucose solution

1.3.1.3 多糖含量及提取率的测定

准确称取 30 mg 干燥、冷却的黄精多糖样品,定容得到 100 mL,用移液管量取黄精多糖溶液 1 mL,按照 1.3.1.2 葡萄糖标准溶液的测定方法进行测定,同时做好空白试验,利用葡萄糖标准溶液的回归方程等进行计算^[12]。

$$\text{多糖含量}(M)/g = \frac{X \times D \times B}{W \times 10\ 000}$$

式中: X 为测定溶液中的多糖溶液浓度,mg/mL; D 为粗糖样品溶液的稀释倍数,为 50; B 为测定溶液多糖样品的称取质量,g; W 为粗糖样品的质量,g。

多糖提取率/%= $M/[F \times (100 - G)/100] \times 100$

式中: M 为多糖含量,g; F 为黄精粗多糖样品的质量,取5g; G 为样品的水分含量,%。

1.3.1.4 水分含量的测定

参照国家标准 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中“第一法 直接干燥法”进行测定。

1.3.2 单因素试验

1.3.2.1 提取方法的选择

在固定料液比为 1:15(g/mL)和溶液 pH 5.0 条件下,分别考察超声波辅助提取(240 W 超声波 50 °C 提取 40 min、沸水浴提取 20 min)、超声波辅助酶法提取[酶(木瓜蛋白酶:纤维素酶=1:1,质量比)3%、240 W、50 °C 超声波提取 40 min、沸水浴灭酶 20 min]、常规酶法提取[酶(木瓜蛋白酶:纤维素酶=1:1,质量比)3%(酶与底物质量比)、50 °C 水浴提取 40 min、沸水浴灭酶 20 min] 3 种不同提取方法对黄精多糖提取率的影响。

1.3.2.2 木瓜蛋白酶和纤维素酶质量比的选择

在固定料液比为 1:15(g/mL)、溶液 pH 5.0、50 °C 超声波辅助提取 40 min、沸水浴灭酶 20 min、复合酶(木瓜蛋白酶与纤维素酶)总量 3% 添加量条件下,分别按木瓜蛋白酶与纤维素酶 2:8、4:6、5:5、6:4、8:2 (质量比)提取黄精多糖,研究木瓜蛋白酶与纤维素酶添加质量比对黄精多糖提取率的影响。

1.3.2.3 复合酶酶解 pH 值的选择

在固定 3% 复合酶(木瓜蛋白酶:纤维素酶=6:4,质量比)、料液比为 1:15(g/mL)、50 °C 超声波辅助提取 40 min、沸水浴灭酶 10 min 条件下,分别将酶解 pH 值调至 4.0、4.5、5.0、5.5、6.0 提取黄精多糖,研究酶解 pH 值对黄精多糖提取率的影响。

1.3.2.4 复合酶添加量的选择

在固定料液比为 1:15(g/mL)、pH 5.0、50 °C 超声波辅助提取 40 min、沸水浴灭酶 10 min 条件下,分别添加复合酶(木瓜蛋白酶:纤维素酶=6:4,质量比)2%、3%、4%、5%、6%、7% 提取黄精多糖,研究复合酶添加量对黄精多糖提取率的影响。

1.3.2.5 酶解温度的选择

在固定料液比为 1:15(g/mL)、6% 复合酶(木瓜蛋白酶:纤维素酶=6:4,质量比)添加量、pH 5.0、超声波辅助提取 40 min、沸水浴灭酶 10 min 条件下,分别按 40、45、50、55、60、65 °C 进行黄精多糖提取,研究酶解温度对黄精多糖提取率的影响。

1.3.2.6 酶解时间的选择

在固定料液比为 1:15(g/mL)、6% 复合酶(木瓜蛋

白酶:纤维素酶=6:4,质量比)添加量、pH 5.0、酶解温度为 65 °C、沸水浴灭酶 10 min 条件下,分别按 20、30、40、50、60、70 min 提取黄精多糖,研究酶解时间对黄精多糖提取率的影响。

1.3.2.7 料液比的选择

在固定 6% 复合酶(木瓜蛋白酶:纤维素酶=6:4,质量比)添加量、pH 5.0、酶解温度为 65 °C、酶解时间为 50 min、沸水浴灭酶 10 min 条件下,分别按料液比 1:10、1:15、1:20、1:25、1:30(g/mL) 提取黄精多糖,研究料液比对黄精多糖提取率的影响。

1.3.3 正交试验

以单因素试验结果为基础,选取复合酶添加量、酶解温度、酶解时间和料液比作为考察因素,采用 $L_9(3^4)$ 进行正交设计,以多糖提取率为指标,进行试验。正交试验因素水平设计见表 1。

表 1 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平
Table 1 $L_9(3^4)$ orthogonal experimental factor level

水平	因素			
	A 复合酶添加量/%	B 酶解温度/°C	C 酶解时间/min	D 料液比/(g/mL)
1	5	55	45	1:20
2	6	60	50	1:25
3	7	65	55	1:30

1.4 数据处理

每个试验重复 3 次,结果以平均值±标准差表示。正交试验设计与数据分析采用 Design-Expert 8.0.6 软件进行处理。

2 结果与讨论

2.1 单因素试验

2.1.1 提取方法对黄精多糖提取率的影响

不同提取方法对黄精多糖提取率的影响见图 2。

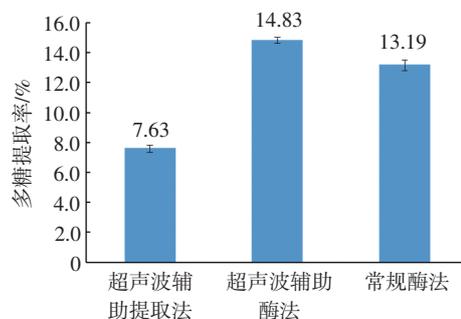


图 2 不同提取方法对黄精多糖提取率的影响

Fig. 2 The effect of different extraction methods on the extraction rate of *Polygonatum polysaccharide*

由图 2 可知,超声波辅助酶法提取多糖辅助提取

率最高,常规酶法的提取率次之,超声波辅助提取法最低,这说明超声波辅助提取与酶法提取具有较好的协同作用,超声波的空化效应对酶的作用影响不大,两者结合使用可以很好的提高提取效果,这与陶涛等^[13]研究结果一致。因此选择超声波辅助酶法提取进行优化工艺条件是可行的。

2.1.2 木瓜蛋白酶和纤维素酶质量比对黄精多糖提取率的影响

木瓜蛋白酶和纤维素酶质量比对黄精多糖提取率的影响见图3。

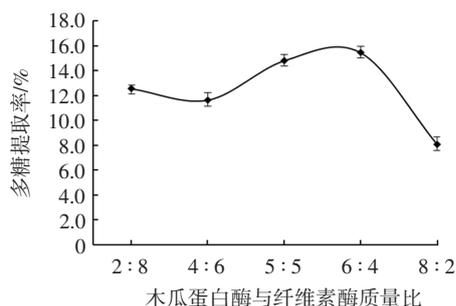


图3 木瓜蛋白酶和纤维素酶质量比对黄精多糖提取率的影响

Fig.3 The effect of the mass ratio of papain and cellulase on the extraction rate of *Polygonatum polysaccharide*

由图3可知,在一定条件下,木瓜蛋白酶比例的增加,能提高黄精多糖提取率。在木瓜蛋白酶和纤维素酶比例为6:4(质量比)时,黄精多糖提取率最高,达15.48%,可能是该比例下,纤维素酶可以适当的破坏黄精的细胞壁,使得以糖蛋白形式存在的多糖得以脱离细胞游离出来,游离出来的糖蛋白又刚好能被木瓜蛋白酶很好的分解成多糖分子和蛋白质分子。因此,可以得到较多的多糖分子。该结果与苑路等^[14]研究的结果类似。当木瓜蛋白酶比例持续升高时,黄精多糖提取率有明显下降,原因可能是酶与酶之间的竞争性抑制作用使酶的整体酶解效率降低。综合考虑,选择木瓜蛋白酶和纤维素酶比例6:4(质量比)为最佳复合酶复配比例。

2.1.3 复合酶酶解 pH 值对黄精多糖提取率的影响

pH 值对黄精多糖提取率的影响见图4。

由图4可知,pH 值作为影响酶解效率的重要影响因素。当pH 值为5.0时,黄精多糖提取率最高。在其他不同pH 值条件下的多糖提取率均有不同程度的下降。其中在pH 值大于5.0时的下降速率较大,这可能是偏酸性条件下更适合该复合酶的酶解条件。因此选择pH 值为5.0作为复合酶的最佳酶解pH 值。

2.1.4 复合酶添加量对黄精多糖提取率的影响

复合酶添加量对黄精多糖提取率的影响见图5。

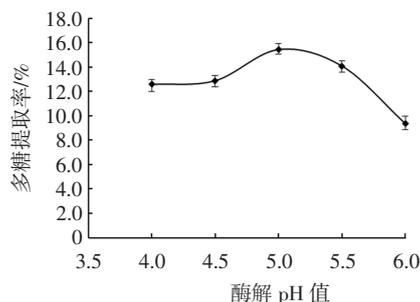


图4 pH 值对黄精多糖提取率的影响

Fig.4 The effect of pH on the extraction rate of *Polygonatum polysaccharide*

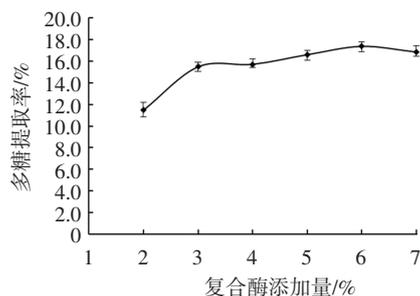


图5 复合酶添加量对黄精多糖提取率的影响

Fig.5 The effect of compound enzyme addition on the extraction rate of *Polygonatum polysaccharide*

由图5可知,在一定条件下,随着复合酶添加量的增加,黄精多糖提取率不断提高。复合酶添加量由3%增加到6%的过程中,多糖提取率增加较为缓慢。当复合酶添加量达到6%时,多糖提取率达到最高。而随着复合酶的继续增加,酶解效率却出现了微量的下降,可能是由于竞争性抑制作用使酶解效率降低。因此,选择6%复合酶添加量为最佳酶添加量。

2.1.5 酶解温度对黄精多糖提取率的影响

酶解温度对黄精多糖提取率的影响见图6。

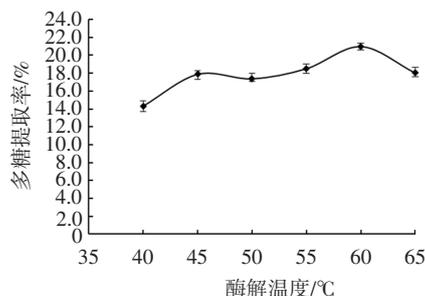


图6 酶解温度对黄精多糖提取率的影响

Fig.6 The effect of enzymolysis temperature on the extraction rate of *Polygonatum polysaccharide*

如图6所示,酶解温度对黄精多糖的提取有一定的影响,当温度在40℃时,黄精多糖提取率较低,这可能是由于温度较低酶活性较低、分子运动也相对较

弱。当温度升高至 60℃时,黄精多糖的提取率最高。而温度再次升高至 65℃时,黄精多糖提取率有所下降,这可能是由于温度太高对酶的活性位点起到破坏作用。因此选择 60℃作为最佳酶解温度。

2.1.6 酶解时间对黄精多糖提取率的影响

酶解时间对黄精多糖提取率的影响见图 7。

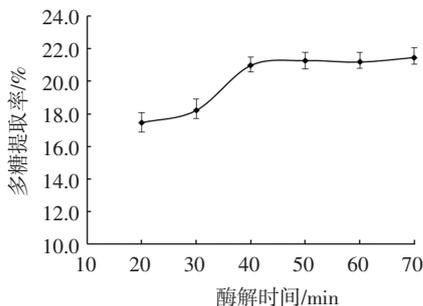


图 7 酶解时间对黄精多糖提取率的影响

Fig.7 The effect of hydrolysis time on the extraction rate of *Polygonatum polysaccharide*

如图 7 所示,黄精多糖的提取率随着酶解时间的延长不断提高,当酶解时间由 20 min 逐渐延长至 40 min 时,黄精多糖的提取率增幅较快。随着时间继续延长,黄精多糖的提取率增幅越来越缓慢,这是由于酶解时间达到 50 min 的时候,黄精粉末中的黄精多糖基本都被提取到溶液中。因此选择 50 min 作为最佳酶解时间。

2.1.7 料液比对黄精多糖提取率的影响

料液比对黄精多糖提取率的影响见图 8。

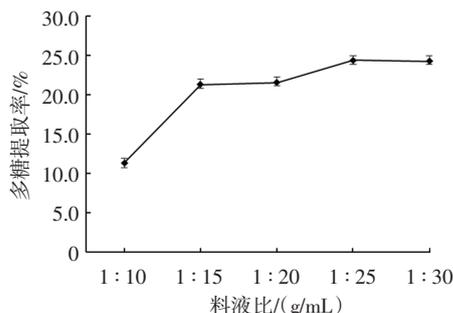


图 8 料液比对黄精多糖提取率的影响

Fig.8 The effect of material-liquid ratio on the extraction rate of *Polygonatum polysaccharide*

如图 8 所示,黄精多糖的提取率随着提取液溶剂比例的增加不断提高,当料液比由 1:10(g/mL)到 1:15(g/mL)时,黄精多糖的提取率迅速提高,这是由于提取液增加可以增加浓度差,使得更多溶质可以溶解出来。当料液比达到 1:25(g/mL)之后,提取率趋向稳定,考虑到料液比过大,后期提取液的分离时间加长,能耗大,同时提取液消耗也更多,故选择 1:25(g/mL)作为最

佳料液比。

2.2 黄精多糖提取工艺优化

以黄精多糖提取率作为评价指标,试验结果见表 2。

表 2 正交试验设计方案及结果

Table 2 Design and results of orthogonal experiments

水平	因素				提取率/ %
	A 复合酶 添加量	B 酶解 温度	C 酶解 时间	D 料液比	
1	1	1	1	1	16.84
2	1	2	2	2	22.85
3	1	3	3	3	24.70
4	2	1	2	3	25.20
5	2	2	3	1	22.37
6	2	3	1	2	23.62
7	3	1	3	2	24.56
8	3	2	1	3	21.86
9	3	3	2	1	20.99
K ₁	21.463	22.300	20.773	20.067	
K ₂	23.730	22.360	23.013	23.777	
K ₃	22.570	23.103	23.977	23.920	
R	2.267	0.803	3.204	3.853	
因素影响主次排序				D>C>A>B	
最优组合条件				A ₂ B ₃ C ₃ D ₃	

由表 2 可知,影响黄精多糖提取率的主次因素排列顺序为提取料液比>酶解时间>复合酶添加量>酶解温度,最优组合是 A₂B₃C₃D₃。即复合酶添加量 6%、酶解温度 65℃、酶解时间 55 min、料液比 1:30(g/mL)。对此最佳条件进行补充验证试验,得到黄精多糖提取率为 25.63%,大于表 2 中第 4 组(A₂B₁C₂D₃)得到的提取率。因此最终确定最优组合为 A₂B₃C₃D₃,即黄精多糖提取率为 25.63%。

3 结论

超声波辅助酶法的多糖提取率明显要比常规酶法和超声波辅助提取法的要高,影响超声波辅助酶法提取黄精多糖的主次因素顺序为提取料液比>酶解时间>复合酶添加量>酶解温度,黄精多糖的最优提取条件为复合酶添加量 6%,酶解温度 65℃,酶解时间 55 min,料液比 1:30(g/mL),得到黄精多糖提取率为 25.63%。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2005 年版增补本[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [2] 卢玉清,王德群. 黄精属中药资源特点和优选方法[J]. 安徽中医药大学学报, 2014, 33(1): 81-84.

- [3] 时晓娟,李朋收,魏颖,等.黄精多糖提取工艺及药理作用研究进展[J].中医药导报,2015,21(23):103-105.
- [4] 侯慧.黄精的化学成分及药理作用研究探讨[J].黑龙江科技信息,2014(7):78.
- [5] 王易芬,穆天慧,陈纪军,等.滇黄精化学成分研究[J].中国中药杂志,2003(6):47-50.
- [6] 孙隆儒,李铄.黄精化学成分的研究(II)[J].中草药,2001(7):12-14.
- [7] 夏晓凯,张庭廷,陈传平.黄精多糖的体外抗氧化作用研究[J].湖南中医杂志,2006,22(4):90-96.
- [8] 陆建平,张静,张艳贞.黄精多糖的功能活性及应用前景[J].食品安全质量检测学报,2013,4(1):273-278.
- [9] 李安,张翊,秦海,等.黄精多糖的提取及调配型酸性功能乳饮料的研究[J].中国乳品工业,2018,46(4):22-27.
- [10] 杨婧娟,张希,谭书宇,等.黄精发酵工艺的初步研究[J].食品研究与开发,2016,37(17):81-88.
- [11] 方欢乐,李晓明,李秋全,等.黄精多糖的提取及抗氧化作用的研究[J].生物化工,2018,4(3):11-12,15.
- [12] 高嵩,王鹤潼,王立芳,等.黄精多糖提取纯化工艺研究[J].上海中医药大学学报,2015,29(3):86-90.
- [13] 陶涛,李立祥,张芳,等.超声波协同纤维素酶对黄精多糖和皂苷的提取研究[J].食品工业科技,2012,33(9):271-275.
- [14] 苑璐,冷凯良,周余航,等.复合酶解法优化黄精多糖提取工艺[J].食品与生物技术学报,2017,36(9):996-1001.

加工编辑:张璐

投稿日期:2020-06-03

欢迎订阅 2021年《食品研究与开发》

《食品研究与开发》是由天津市食品研究所有限公司和天津市食品工业生产力促进中心主办,国内外公开发行的食品专业科技期刊,1980年创刊,半月刊,采用国际流行开本大16开。其专业突出,内容丰富,印刷精美,是一本既有基础理论研究,又包括实用技术的刊物。本刊已被“万方数据库”、“中文科技期刊数据库”、《乌利希期刊指南》、美国《化学文摘》、英国国际农业与生物科学研究中心(CABI)、英国《食品科技文摘》(FSTA)等知名媒体收录,并被列入“中文核心期刊”、“中国科技核心期刊”、RCCSE中国核心学术期刊(A)。主要栏目有:基础研究、应用技术、检测分析、生物工程、专题论述、食品机械等。

本刊国内统一刊号 CN 12-1231/TS;国际刊号 ISSN 1005-6521;邮发代号:6-197。全国各地邮局及本编辑部均可订阅。从本编辑部订阅全年刊物享八折优惠。2021年定价:30元/册,全年720元。

本编辑部常年办理邮购,订阅办法如下:

(1)邮局汇款。地址:天津市静海县静海经济开发区南区科技路9号;收款人:《食品研究与开发》编辑部;邮政编码:301600。

(2)银行汇款。开户银行:工商银行静海支行,行号:102110000863。

账号:0302095119300204171;单位:天津市食品研究所有限公司。



《食品研究与开发》编辑部

www.tjfrad.com.cn

E-mail: tjfood@vip.163.com

电话(传真):022-59525671