

黄精多糖的提取工艺对比研究

张梓原, 徐伟, 王鑫, 贾旭

(哈尔滨商业大学 食品工程学院, 哈尔滨 150076)

摘要: **目的** 以黄精为原料, 对比不同提取工艺对黄精多糖提取率的影响, 以确定黄精多糖的最佳提取工艺。**方法** 对黄精多糖的水提醇沉法和复合酶解法等 2 种提取方法进行对比分析。**结果** 得到了水提醇沉法最佳的实验条件, 料液比 (g/mL) 为 1:25, pH 值为 6, 温度为 80 °C, 提取时间为 2 h, 乙醇的体积分数为 70%, 在该最佳条件下多糖的提取率为 8.84%; 得到了复合酶解法提取黄精多糖最佳复合酶组合条件, 纤维素酶与木瓜蛋白酶的质量比为 3:7, pH 值为 5.0, 酶解温度为 50 °C, 料液比 (g/mL) 为 1:20, 加酶量 (质量分数) 为 5%, 酶解 2 h, 在该条件下, 黄精多糖的提取率可达 22%。**结论** 采用复合酶解法得到的多糖得率远高于采用水提醇沉法得到的多糖得率; 实验提供了黄精多糖的最优提取工艺, 为其开发利用提供了理论参考。

关键词: 黄精多糖; 水提醇沉法; 复合酶解法

中图分类号: TQ281 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)09-0051-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.09.008

Comparative Study on Extraction Technologies of Polysaccharides from *Rhizoma Polygonatum*

ZHANG Zi-yuan, XU Wei, WANG Xin, JIA Xu

(School of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

ABSTRACT: The work aims to determine the best extraction technology of Polygonatum Polysaccharide by comparing the effects of different extraction technologies on the extraction rate of Polygonatum Polysaccharide. Water extraction and alcohol precipitation method and complex enzyme digestion method used to extract Polygonatum Polysaccharide were compared and analyzed. The optimal conditions of water extraction and alcohol precipitation were as follows: solid-liquid ratio of 1:25 (g/mL), pH=6, temperature of 80 °C, extraction time of 2 h and alcohol content of 70%, and the extraction rate of polysaccharide was 8.84% under the optimal conditions. The optimum combination of complex enzyme was cellulase: papain=3:7, pH=5.0, enzymatic hydrolysis temperature of 50 °C, solid-liquid ratio of 1:20, content of enzyme of 5% and enzymolysis time of 2 h. Under the above conditions, the extraction rate of polysaccharide could reach 22%. The yield of polysaccharides by complex enzyme hydrolysis is much higher than that by ordinary water extraction and alcohol precipitation method. The experiment provides the optimal extraction technology of Polygonatum Polysaccharide and lays a rigorous theoretical foundation for the subsequent development of polysaccharides.

KEY WORDS: Rhizoma Polygonatum; Polysaccharide; water extraction and alcohol precipitation method; compound enzyme hydrolysis

收稿日期: 2019-10-01

作者简介: 张梓原 (1995—), 男, 哈尔滨商业大学硕士生, 主攻农产品加工。

通信作者: 王鑫 (1984—), 女, 博士, 工程师, 主要研究方向为食品生物技术。

黄精是一种药食同源的传统中草药,黄精多糖是黄精生理活性物质中的重要成分,具有多种生物活性。黄精多糖广泛应用于药品^[1-2]、保健食品、精护肤品等领域,也可作为食品添加剂。

黄精多糖是植物多糖^[3-5]的一种,根据其易溶解等特性,目前用于黄精多糖的提取分离方法^[6-7]包括水提醇沉法^[8-9]、复合酶解法^[10]、碱法^[11]、微波辅助提取法^[12]、超声辅助提取法等^[13-15]。其中,水提醇沉法较为传统,且操作简单,在提取过程中受外界影响的因素较小,应用范围广,但存在提取率低、耗时长等缺点,应用于生产中效率得不到较大提高。酶解辅助提取法具有反应温度低、效率高、无污染等优点,能够降低体系中的活化能,使反应在比较温和的条件下分解植物组织,不会影响其内容物的成分结构,能加速多糖的释放与提取。微波辅助提取法具有提取时间短、效率高等优点,但其所需料液比高,超声辅助提取则无需加热,且效率较高,但其所需设备复杂。目前,水提醇沉法和复合酶解法是常用的方法。目前针对黄精多糖提取的研究较多^[16-17],但多针对单一方法,少见针对不同方法的对比。文中实验将水提法与复合酶解法进行对比,为黄精多糖的提取提供参考。

文中实验针对黄精多糖的水提醇沉法及复合酶法进行研究,这2种方法是目前最为常见的方法,且操作简单,适用范围广,通过对比分析2种方法的优缺点,以满足日常生产需求。通过比较多糖的得率来优化提取工艺条件,确定较佳的提取工艺和工艺条件,为后续黄精多糖的开发提供支持。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料:黄精,购于天问山有限公司,产地哈尔滨;木瓜蛋白酶,购于河南千志商贸有限公司;纤维素酶(酶活力 40 000 U/g),购于上海如吉生物科技发展有限公司;果胶酶,酶活力 50 000 U/g,购于浙江博丹衡食品配料有限公司。

主要仪器:UV-5200 紫外可见分光光度计、PB-10 Satorius 普及型 pH 计、TCL-16 高速离心机、HWS-24 电热恒温水浴锅。

1.2 方法

1.2.1 水提醇沉法提取黄精多糖的工艺流程

采用水提醇沉法提取黄精多糖的工艺流程:黄精→粉碎→称取样品→加水恒温浸提→过滤→取过滤液体→乙醇沉淀 24 h→蒸发以除去乙醇和水→粗多糖定容备用→苯酚-硫酸法测吸光度值→计算多糖得率。

1.2.2 复合酶解法提取黄精多糖工艺流程

采用复合酶解法提取黄精多糖工艺流程:黄精粉→石油醚超声提取→将药渣中石油醚挥干→复合酶酶解→沸水浸提→醇沉→多糖提取液定容备用→苯酚-硫酸法测多糖吸光度值→计算多糖质量浓度→计算多糖得率。

1.2.3 水提醇沉法提取黄精多糖实验方法

1.2.3.1 水提醇沉法单因素实验

以黄精为原料提取黄精多糖,考察料液比(g/mL)(1:10,1:20,1:25,1:30,1:35)、pH值(5,6,7,8,9)、温度(50,60,70,80,90℃)、乙醇体积分数(30%,40%,50%,60%,70%)时间(1,2,3,4,5h)等因素对多糖提取率的影响。

1.2.3.2 水提醇沉法正交试验

采用正交实验法优化提取黄精多糖条件,在单因素实验的基础上,以提取温度、提取pH值、料液比作为考察的3个因素,每因素取3个水平,以黄精多糖得率作为考察指标,进行 $L_9(3^4)$ 正交实验设计(见表1),得到最佳提取条件。

表1 正交实验因素水平
Tab.1 Orthogonal experimental factor level

水平	因素		
	A 料液比/(g·mL ⁻¹)	B 提取温度/°C	C 提取 pH 值
1	1:25	70	5
2	1:30	80	6
3	1:35	90	7

1.2.4 复合酶解法提取黄精多糖实验方法

1.2.4.1 复合酶解法单因素实验

选择纤维素酶、果胶酶、木瓜蛋白酶等3种常见酶进行复合酶解法提取黄精多糖实验,控制酶解pH值(4,4.5,5,5.5,6)、酶解温度(40,45,50,55℃)、料液比(g/mL)(1:10,1:15,1:20,1:25,1:30)、加酶质量分数(4.0%,4.5%,5.0%,5.5%,6.0%)等因素对多糖提取率的影响。

1.2.4.2 复合酶解法正交试验

以酶解温度、酶解pH、料液比作为考察的3个因素,每因素取3个水平,以黄精多糖得率作为考察指标,进行 $L_9(3^4)$ 正交实验设计(见表2),得到最佳的提取条件。

表2 正交实验因素水平
Tab.2 Orthogonal experimental factor level

水平	因素		
	A 酶解 pH	B 酶解温度/°C	C 料液比/(g·mL ⁻¹)
1	4.5	45	1:15
2	5	50	1:20
3	5.5	55	1:25

1.2.5 多糖含量的测定方法

以硫酸-萘酚法测定^[18]黄精多糖得率，所建立的葡萄糖标准曲线见图 1。

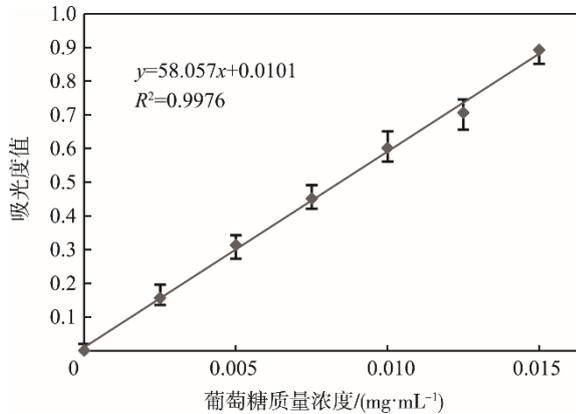


图 1 葡萄糖标准曲线
Fig.1 Glucose standard curve

按照式 (1) 计算黄精多糖得率：

$$P = C \times D / m \times 100\% \quad (1)$$

式中： C 为多糖的质量浓度 (mg/mL)； D 为取样量 (mL) 与稀释倍数的乘积； m 为黄精粉的质量 (g)。

1.2.6 统计分析

对结果进行正交统计分析，确定最佳提取条件。

2 结果与分析

2.1 水提醇沉法提取黄精多糖

2.1.1 提取料液比选择实验

由图 2 可知，随着溶剂比例的增加，黄精多糖得率呈现先升高后降低的趋势，在料液比 (g/mL) 为 1:25 时达到最大值 (8.49%)。梁引库^[19]在黄精多糖提取工艺研究中发现，在料液比 (g/mL) 为 1:20 时，多糖的提取率高达 2.7%。由此，确定 1:25 为水提醇沉法提取黄精多糖实验的最佳料液比。

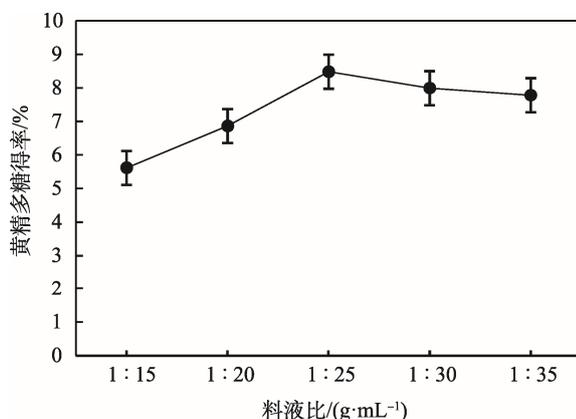


图 2 料液比对黄精多糖得率的影响
Fig.2 Effect of ratio of solid-liquid ratio on yield of Polysaccharides

2.1.2 提取时间选择实验

由图 3 可知，随着提取时间的延长，黄精多糖得率出现波动，但影响较小。在提取时间为 2 h 时，多糖得率略高于其他多糖得率，由此确定 2 h 为水提醇沉法提取黄精多糖实验的最佳提取时间。

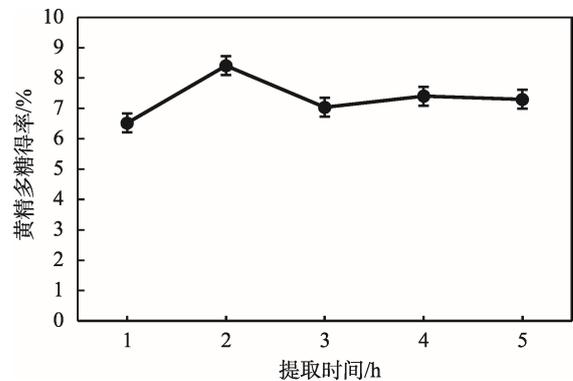


图 3 提取时间对黄精多糖得率的影响
Fig.3 Effect of extraction time on yield of Polysaccharide

2.1.3 提取 pH 选择实验

由图 4 可知，随着 pH 值的升高，黄精多糖得率整体趋势呈先上升后降低的趋势，在 pH=6 时，得率明显高于其他水平，为 7.34%。由此，确定 pH 值 6 为水提醇沉法提取黄精多糖实验最佳值。

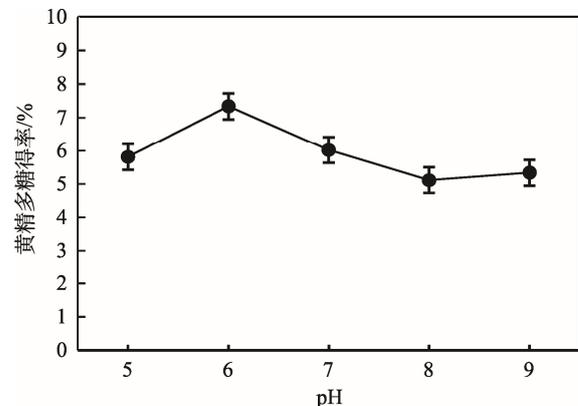


图 4 提取 pH 对黄精多糖得率的影响
Fig.4 Effect of extract pH on yield of Polysaccharide

2.1.4 提取温度选择实验

由图 5 可知，随着提取温度的升高，黄精多糖得率呈先升高后降低的趋势，在 80 °C 时得到最大提取率 (7.84%)。由此，确定 80 °C 为水提醇沉法提取黄精多糖实验的最佳提取温度。梁引库^[19]在工艺研究实验中发现，最佳提取温度也为 80 °C，此时黄精多糖得率为 3.0%。

2.1.5 最优乙醇浓度选择实验

由图 6 可知，随着提取乙醇浓度的提高，黄精多糖得率逐渐升高。在乙醇的体积分数为 70% 时得到最

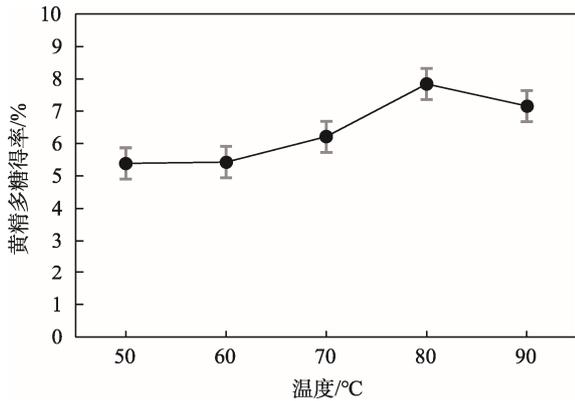


图5 提取温度对黄精多糖得率的影响
Fig.5 Effect of extraction temperature on yield of Polysaccharide

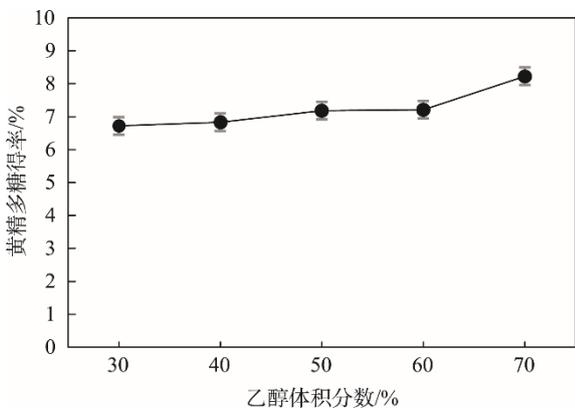


图6 乙醇浓度对黄精多糖得率的影响
Fig.6 Effect of alcohol content on yield of Polysaccharide

大提取率 (8.23%)。综合考虑成本和黄精多糖得率, 确定体积分数为 70% 为水提醇沉法提取黄精多糖实

验的最佳乙醇浓度。

2.1.6 正交实验

由于时间因素对多糖得率影响较小,故选用料液比、提取温度、pH 值为正交试验考察因素。由表 3 正交实验结果可以看出,当实验条件为 A₁B₂C₂ 时,黄精多糖的得率最高。通过分析极差 R 可以得到,在对黄精多糖提取率有影响的因素中产生影响的主次关系分别为: A (料液比) > B (提取温度) > C (提取 pH 值)。

最终确定了水提醇沉法提取黄精多糖的最佳工艺条件:料液比 (g/mL) 为 1:25,提取温度为 80 °C, pH=6,提取时间为 2 h。在此工艺条件下,黄精多糖的提取率为 8.6%。李丽^[12]在黄精多糖提取工艺优化实验中确定 pH=6,料液比 (g/mL) 为 1:25,提取温度为 80 °C,提取时间为 2 h 时,多糖的得率高达 8.9%。梁引库^[19]在黄精多糖提取工艺研究中表明,在料液比 (g/mL) 为 1:20,提取温度为 80 °C,提取时间为 3 h 时,多糖的得率达到 3.23%。详见表 3—4。

2.1.7 验证实验

采用水提醇沉法最佳组合条件进行验证实验,测定 3 组平行实验,得到黄精多糖提取率平均值为 8.84%,与表 3 中最高黄精多糖得率相对误差较小,证明此工艺条件可以重复进行。

2.2 复合酶解法提取黄精多糖

2.2.1 复合酶种类的筛选

选用果胶酶 (A)、纤维素酶(B)、木瓜蛋白酶(C)

表 3 水提法正交实验结果

Tab.3 Orthogonal experimental results of water extraction

试验号	A 料液比/(g·mL ⁻¹)	B 提取温度/°C	空	C 提取 pH 值	黄精多糖 得率/%
1	1 (1:25)	1 (70)	1	1 (5)	8.167
2	1	2 (80)	2	2 (6)	8.625
3	1	3 (90)	3	3 (7)	8.034
4	2 (1:30)	1	2	3	7.114
5	2	2	3	1	6.908
6	2	3	1	2	5.741
7	3 (1:35)	1	3	2	7.395
8	3	2	1	3	8.083
9	3	3	2	1	7.022
k ₁	8.275	7.559	7.330	7.366	
k ₂	6.588	7.872	7.587	7.254	\bar{x} =
k ₃	7.500	6.932	7.446	7.744	7.45
R	1.687	0.940	0.257	0.490	
因素主次			A>B>C		
优方案			A ₁ B ₂ C ₂		

表 4 正交实验结果分析
Tab.4 Analysis of orthogonal experimental results

因素	平方和	自由度	均方	F 值	显著性	平方和	显著性
A	4.29	2	2.145	42.9	19	9	**
B	1.38	2	0.69	13.8	19	9	*
C	0.40	2	0.20	4.0	19	9	
误差 D	0.10	2	0.05				

进行组合筛选,由图 7 可知,在不同单种酶和多种酶的酶解条件下,多糖得率有很大不同,且得率均大于水提醇沉法。其中,木瓜蛋白酶和纤维素酶的组合效果最佳,可达 19.23%。确定最佳复合酶组合为纤维素酶和木瓜蛋白酶。

2.2.2 复合酶用量配比的选择实验

由图 8 可知,纤维素酶与木瓜蛋白酶的质量比为 3:7 时,黄精多糖得率最高达到 20.71%,因而确定纤维素酶与木瓜蛋白酶的最佳质量比为 3:7。

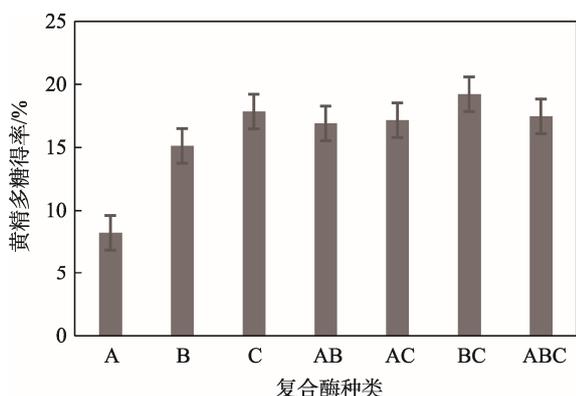


图 7 复合酶种类筛选结果

Fig.7 Screening results of compound enzyme species

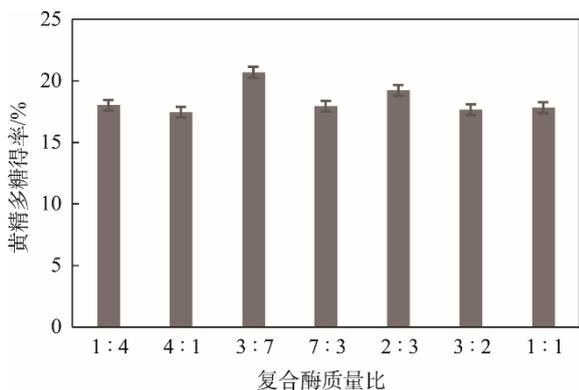


图 8 复合酶量配比筛选结果

Fig.8 Screening results of compound enzyme dosage ratio

2.2.3 加酶量选择实验

由图 9 可知,在加酶量(质量分数)达到 5.0%前,黄精多糖的得率随着加酶量的增加而升高;在加酶量为 5.0%时,黄精多糖的得率达到最高,为 21.93%。当加酶量超过 5.0%后,得率逐渐降低,分

析原因为酶之间的竞争产生抑制作用,导致得率呈现下降趋势。方如银等^[20]在复合酶优化黄精多糖的提取工艺研究实验中发现,当加酶量(质量分数)为 5.5%时,多糖得率维持稳定(2.2%)。由此,确定复合酶法提取黄精多糖最佳加酶量(质量分数)为 5.0%。

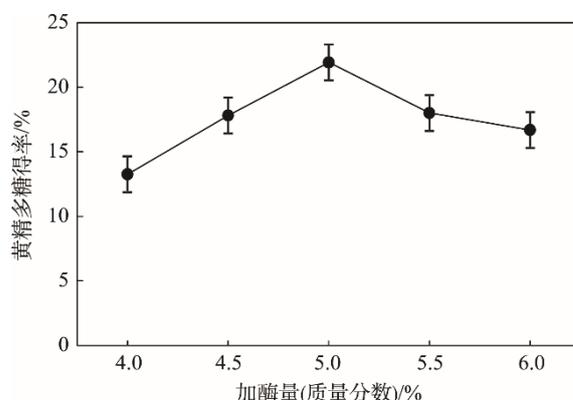


图 9 加酶量对黄精多糖得率的影响

Fig.9 Effect of enzyme quantity on yield of Polysaccharide

2.2.4 酶解 pH 值选择实验

由图 10 可知,黄精多糖的得率随着 pH 值的增加,呈现先升高后降低的趋势;在 pH=5 时,黄精多糖的提取率最高达到 19.62%。方如银等^[20]实验结果发现,当酶解 pH 值为 4.5 时,酶会发挥出最大功效,使得多糖的得率为 2.23%。考虑到所使用 2 种酶的适宜环境为偏酸性,确定复合酶法提取黄精多糖最佳 pH 值为 5。

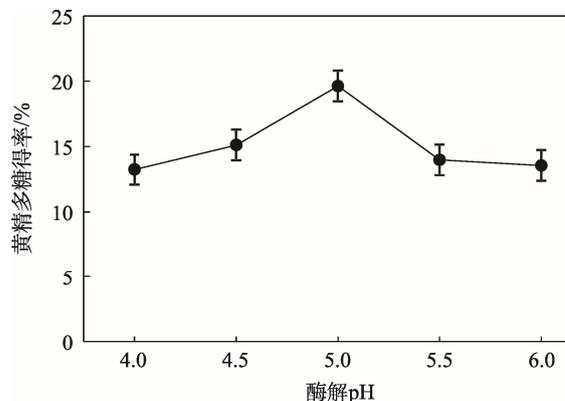


图 10 酶解 pH 对黄精多糖得率的影响

Fig.10 Effect of Enzymatic Hydrolysis pH on yield of Polysaccharide

2.2.5 酶解温度选择实验

由图 11 可知,黄精多糖的得率随着温度的升高,呈现出先升高后降低的趋势;在温度为 50 °C 时得率最高,达到 19.98%,随后下降,这可能是由于温度的升高破坏了部分酶的活性。方如银^[20]在实验中发现,45 °C 为最适合的温度,酶活力能全部释放,多糖的得率为 2.27%。由此,确定复合酶法提取黄精多糖的最佳提取温度为 50 °C。

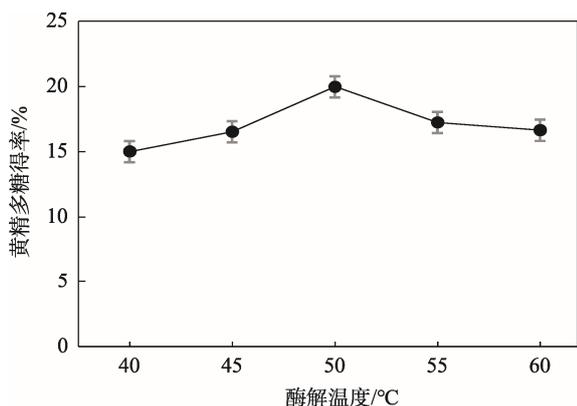


图 11 酶解温度对黄精多糖得率的影响

Fig.11 Effect of Enzymatic Hydrolysis temperature on yield of Polysaccharide

2.2.6 酶解料液比选择实验

由图 12 可知,在料液比 (g/mL) 达到 1:20 之前,黄精多糖的得率呈现上升的趋势;在料液比 (g/mL) 达到 1:20 后,黄精多糖的得率上升趋势较平缓;在料液比 (g/mL) 为 1:20 时,黄精的提取率为 21.88%。考虑到经济效益及后续操作的便利性,

确定复合酶法提取黄精多糖的最佳提取料液比 (g/mL) 为 1:20。

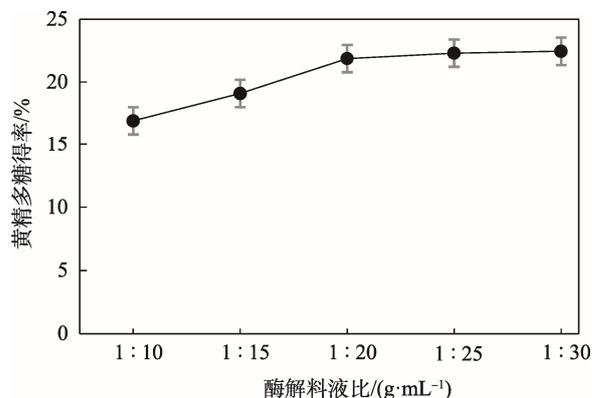


图 12 酶解料液比对黄精多糖得率的影响

Fig.12 Effect of Enzymatic Hydrolysat/liquid ratio on yield of Polysaccharide

2.2.7 正交优化实验

选择对结果影响较大的条件 (酶解 pH、酶解温度、料液比) 为考察因素,并进行正交实验。由表 5 可知当实验条件为 A₄B₂C₂ 时,黄精多糖的得率最高。分析极差 R 可以得到,在对黄精多糖提取率有影响的因素中,产生影响的主次关系分别为: B (酶解温度) > A (酶解 pH) > C (料液比)。

根据以上实验结果,确定了复合酶法提取黄精多糖最佳实验条件,酶解温度为 50 °C, pH=5.0, 料液比 (g/mL) 为 1:20, 加酶量 (质量分数) 为 5%。在此条件下,黄精的得率最佳,为 22.3%。详见表 5—6。

表 5 复合酶解正交实验结果

Tab.5 Results of orthogonal experiment of compound Enzymatic Hydrolysis

试验号	A 酶解 pH 值	B 酶解温度/°C	空	C 料液比/(g·mL ⁻¹)	黄精多糖 得率%
1	1 (4.5)	1 (45)	1	1 (1:15)	18.659
2	1	2 (50)	2	2 (1:20)	19.897
3	1	3 (55)	3	3 (1:25)	20.115
4	2 (5.0)	1	2	3	19.230
5	2	2	3	1	20.258
6	2	3	1	2	21.155
7	3 (5.5)	1	3	2	19.694
8	3	2	1	3	19.329
9	3	3	2	1	22.310
k ₁	19.557	19.194	19.714	20.409	x̄=20.01
k ₂	20.214	19.828	20.479	20.249	
k ₃	20.444	21.193	20.022	19.558	
R	0.887	1.999	0.765	0.851	
主次因素			B>A>C		
优方案			A ₄ B ₂ C ₂		

表 6 正交实验结果分析
Tab.6 Analysis of orthogonal experimental results

因素	平方和	自由度	均方	F 值	显著性	平方和	显著性
A	1.269	2	0.634	1.434	19	9	
B	6.258	2	3.129	7.079	19	9	
C	1.223	2	0.612	1.385	19	9	
误差 D	0.885	2	0.442				

2.2.8 验证实验

采用复合酶解法最佳组合条件进行验证实验,测定 3 组平行实验,得到黄精多糖提取率平均值为 22.12%,与表 3 中最高黄精多糖得率相对误差较小,证明此工艺条件可重复进行。

3 结语

实验采用正交实验方法对黄精多糖的水提醇沉法和复合酶解法等 2 种提取方法进行了对比分析及优化,得到水提醇沉法的最佳提取条件:料液比(g/mL)为 1:25,pH=6,温度 80 °C,提取时间 2 h,乙醇体积分数为 70%,在此条件下黄精多糖的得率为 8.84%;复合酶法最优复合酶组合为纤维素和木瓜蛋白酶,得到最佳提取条件:纤维素酶与木瓜蛋白酶的质量比为 3:7,pH=5.0,酶解温度 50 °C,料液比(g/mL)为 1:20,加酶量(质量分数)为 5%,酶解 2 h,在此条件下黄精多糖的提取率可达 22%,远高于普通水提法得率。对比 2 种提取方法,水提法虽然操作简单,但得率较低;复合酶解法工艺虽然复杂,但得率较高,复合酶解法更为温和,可以保持黄精多糖原有的理化性,复合酶可以破坏黄精中植物细胞壁,使多糖较好地析出,并可以使糖蛋白中糖与蛋白质较好地分离,提高了提取效率,是更适合黄精多糖提取的工艺。

参考文献:

- [1] 江华. 黄精多糖的抗肿瘤活性研究[J]. 南京中医药大学学报, 2010, 26(26): 479—481.
JIANG Hua. Study on Anti-tumor Activity of Rhizoma Polygonatum Polysaccharide[J]. Journal of Nanjing University of Chinese Medicine, 2010, 26(26): 479—481.
- [2] 张峰, 高群, 孔令雷, 等. 黄精多糖抗肿瘤作用的实验研究[J]. 中国实用医药, 2007, 2(21): 95—96.
ZHANG Feng, GAO Qun, KONG Ling-lei, et al. Experimental Study on Anti-tumor Effects of Polysaccharides from Rhizoma Polygonatum[J]. China Practical Medicine, 2007, 2(21): 95—96.
- [3] 廖彭莹, 李典鹏, 扈芷怡, 等. 杨桃根多糖提取工艺优化及其体外活性[J]. 中成药, 2019, 41(9): 2030—2034.
LIAO Peng-ying, LI Dian-peng, HU Zhi-yi, et al. Extraction Process Optimization and in Vitro Activity of Polysaccharides from Star Peach Root[J]. Proprietary Chinese Medicine, 2019, 41(9): 2030—2034.
- [4] 景永帅, 张丹参, 张瑞娟, 等. 北沙参多糖复合酶提取工艺及理化性质研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(11): 191—197.
JING Yong-shuai, ZHANG Dan-shen, ZHANG Rui-juan, et al. Study on Extraction Technology and Physicochemical Properties of Polysaccharides from Panax Ginseng[J]. Food and Machinery, 2019, 35(11): 191—197.
- [5] 李波, 芦菲, 南海娟. 香菇碱溶液多糖提取工艺的研究[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2010, 38(2): 92—95.
LI Bo, LU Fei, NAN Hai-Juan. Extraction Technology of Lentinine Solution Polysaccharide[J]. Journal of Henan University of Science and Technology (Acta Naturalis Sinica Edition), 2010, 38(2): 92—95.
- [6] 朱巧, 邓欣, 张树冰, 等. 黄精多糖的提取工艺、组分分析与含量测定研究进展[J]. 中南药学, 2017, 15(11): 1586—1590.
ZHU Qiao, DENG Xin, ZHANG Shu-bing, et al. Research Progress on Extraction Technology, Component Analysis and Content Determination of Polysaccharides from Rhizoma Polygonatum[J]. Zhongnan Pharmacy, 2017, 15(11): 1586—1590.
- [7] 贾宇涵, 吴澎, 郝良卿, 等. 黄精多糖提取工艺及功能作用研究进展[J]. 中国调味品, 2018, 43(11): 157—161.
JIA Yu-han, WU Peng, XI Liang-qing, et al. Research Progress on Extraction Technology and Function of Polysaccharides from Rhizoma Polygonatum[J]. Chinese Condiments, 2018, 43(11): 157—161.
- [8] 孙庭阁, 赵瑞萌, 张玲. 热水浸提法提取黄精多糖最佳工艺研究[J]. 泰山医学院学报, 2010, 31(2): 128—130.
SUN Ting-ge, ZHAO Rui-meng, ZHANG Ling. Optimal Extraction Technology of Polysaccharides from Rhizoma Polygonatum by Hot Water Extraction[J]. Journal of Taishan Medical College, 2010, 31(2): 128—130.
- [9] 李丽, 杨思文, 施伽. 黄精多糖的提取工艺优化[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(5): 45—47.
LI Li, YANG Si-wen, SHI Jia. Optimization of Extraction Technology of Polysaccharides from Rhizoma

- Polygonatum[J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2017, 23(5): 45—47.
- [10] 李智慧, 黄山, 於娜, 等. 星点设计-效应面法优化纤维素酶提取黄精多糖[J]. *化学工业与工程*, 2011, 28(4): 44—49.
- LI Zhi-hui, HUANG Shan, YU Na, et al. Optimization of Cellulase Extraction of Polysaccharides from *Xanthopanax* by Star-point Design and Effect-surface Method[J]. *Chemical Industry & Engineering*, 2011, 28(4): 44—49.
- [11] 赵瑞萌, 孙庭阁, 张玲. 碱法提取黄精多糖及提取工艺流程的优化[J]. *泰山医学院学报*, 2010, 31(1): 45—47.
- ZHAO Rui-meng, SUN Ting-ge, ZHANG Ling. Alkaline Extraction of Polysaccharides and Optimization of Extraction Process[J]. *Journal of Taishan Medical College*, 2010, 31(1): 45—47.
- [12] WEI Wang, XUE Wen, LI Xiao-wei, et al. Extraction of Polysaccharides from Black Mulberry Fruit and their Effect on Enhancing Antioxidant Activity[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018: 120.
- [13] 曲晓兰, 高红莉, 苏延友. 微波辅助提取黄精多糖的研究[J]. *泰山医学院学报*, 2006, 27(2): 165—166.
- QU Xiao-lan, GAO Hong-li, SU Yan-you. Microwave-assisted Extraction of Polysaccharide from *Rhizoma Polygonatum*[J]. *Journal of Taishan Medical College*, 2006, 27(2): 165—166.
- [14] MIN Hui OH, KYUNG Young Yoon. Comparison of the Biological Activity of Crude Polysaccharide Fractions Obtained from *Cedrela Sinensis* Using Different Extraction Methods[J]. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2018, 68(4): 327—334.
- [15] WANG Li-bo, LI Teng-fei, LIU Fang-cheng, et al. Ultrasonic-assisted Enzymatic Extraction and Characterization of Polysaccharides from Dandelion (*Taraxacum Officinale*) Leaves[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018.
- [16] 王冬梅, 宋旭辉, 李娟丽, 等. 卷叶黄精多糖提取分离工艺研究[J]. *西北农林学院学报*, 2006, 21(6): 158—161.
- WANG Dong-mei, SONG Xu-hui, LI Juan-li, et al. Extraction and Separation Process of Polysaccharides Eextracted from *Rhizoma Polygonatum*[J]. *Journal of Northwest Agriculture and Forestry University*, 2006, 21(6): 158—161.
- [17] 郭未艳, 孙秋燕, 徐晓红, 等. 滇黄精多糖提取的工艺组合及其优化[J]. *时珍国医国药*, 2013, 24(6): 1391—1393.
- GUO Wei-yan, SUN Qiu-yan, XU Xiao-hong, et al. Technological Combination and Optimization of the Extraction of Polysaccharides from Yunnan *Rhizoma Polygonatum*[J]. *Shi Zhen Chinese Medicine*, 2013, 24(6): 1391—1393.
- [18] 林艺华. 硫酸蒽酮法测定风柜斗草粗多糖含量[J]. *福建分析测试*, 2017, 26(6): 52—55.
- LIN Yi-hua. Determination of Crude Polysaccharide Content of Anthracone Sulfate in *Radix Dioscoreae*[J]. *Fujian Analytical Test*, 2017, 26(6): 52—55.
- [19] 梁引库. 黄精多糖提取工艺的研究[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(12): 269—272.
- LIANG Yin-ku. Extraction Technology of Polysaccharides from *Rhizoma Polygonatum*[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(12): 269—272.
- [20] 方如银, 李铭德. 复合酶法优化黄精多糖的提取工艺研究[J]. *中国处方药*, 2018, 16(7): 32—33.
- FANG Ru-yin, LI Ming-de. Study on Optimization of Extraction Technology of Polysaccharide from *Rhizoma Polygonatum* by Compound Enzyme Method[J]. *Chinese Prescription Drug*, 2018, 16(7): 32—33.