

# 复合酶协同超声技术提取菌草灵芝流浸膏工艺研究

张桂清, 林伟达, 姚俊新, 杨宇森, 林占熿 (福建农林大学国家菌草工程技术研究中心, 福建福州 350002)

**摘要** [目的]探讨复合酶协同超声波提取灵芝流浸膏的最佳工艺条件, 以期灵芝流浸膏的工业化生产提供理论依据。[方法]以菌草鹿角灵芝为原料, 采用灵芝流浸膏的提取和复合酶用量配比、复合酶酶解条件、超声波条件正交试验对复合酶协同超声波技术提取菌草灵芝流浸膏的工艺进行研究, 并与传统水浴浸提法进行对比。[结果]复合酶协同超声技术提取灵芝流浸膏的最佳工艺条件: 酶组成为纤维素酶 2.0 g, 木瓜蛋白酶 0.8 g, 果胶酶 3.0 g; 酶解条件为酶解温度 60 ℃, pH 5.5, 时间 80 min; 超声条件为时间 15 min, 功率 500 W, 温度 55 ℃。对照试验结果表明, 常规浸提法提取流浸膏得率为 2.71%, 而复合酶协同超声波法提取流浸膏得率为 66.90%, 复合酶协同超声波法提取流浸膏的得率约是常规浸提法的 25 倍。[结论]采用复合酶协同超声波技术, 提高了菌草灵芝流浸膏和多糖得率, 显著缩短了提取时间, 且降低了提取液黏度, 为灵芝流浸膏和多糖的提取提供了一种可行的方法。

**关键词** 灵芝; 流浸膏; 复合酶; 超声波  
**中图分类号** R 284.2    **文献标识码** A    **文章编号** 0517-6611(2018)28-0151-04

**Study on Extraction of *Ganoderma lucidum* Flow Extract by Complex Enzyme Combined with Ultrasonic Technique**  
**ZHANG Gui-qing, LIN Wei-da, YAO Jun-xin et al** (Fujian Agriculture and Forestry University China National Engineering Research Center of Juncao Technology, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract** [Objective] The optimal process conditions of complex enzyme extraction combined with ultrasonic extraction of *Ganoderma lucidum* extract were discussed in order to provide theoretical basis for the industrial production of *Ganoderma lucidum* extract. [Method] Using Juncao antlers *Ganoderma lucidum* as raw materials, the process of using complex enzyme combined with ultrasonic technique to extract Juncao *Ganoderma lucidum* extraction was studied by extraction of *Ganoderma lucidum* extract and the Orthogonal test on the ratio of complex enzymes, enzymatic hydrolysis conditions and ultrasonic conditions, and compared with traditional water bath extraction. [Result] The optimal process conditions of complex enzyme combined with ultrasonic technique to extract Juncao *Ganoderma lucidum* extraction, the enzyme composition was cellulase 2.0 g, papain 0.8 g, pectinase 3.0 g; the enzymolysis conditions were as follows, the temperature was 60 ℃, the pH was 5.5, the time was 80 minutes; ultrasound conditions, time was 15 minutes, power was 500 W, temperature was 55 ℃. The contrast experiment showed that the extract yield of flow extract was 2.71% by using conventional extraction, while that of flow extract was 66.90% by compound enzyme synergistic ultrasonic method, and the extract rate of flow extract by compound enzyme synergistic ultrasonic method was about 25 times of that of flow extract by conventional extraction method. [Conclusion] Synthetic enzyme synergistic ultrasonic technology improves the yield of Juncao *Ganoderma lucidum* extract and polysaccharide, significantly shortens the extraction time, and reduces the viscosity of the extract. It provides a feasible method for extracting *Ganoderma lucidum* extract and polysaccharide.

**Key words** *Ganoderma lucidum*; Flow extract; Complex enzyme; Ultrasonic

灵芝是《神农本草经》记载的名符其实的“上上药”, 被视为吉祥长寿的象征, 享有“仙草”的美誉。而菌草鹿角灵芝比一般灵芝的有效成分高 3%, 安全性也较高, 具有提高免疫力、改善睡眠、抗肿瘤、保肝、辅助治疗关节炎等保健作用。灵芝切碎, 按一定工艺参数提取、浓缩、蒸干得到的提取物, 呈深黄褐色的膏状物, 称为灵芝流浸膏, 它的有效成分非常丰富, 主要含有多糖类、三萜类、甾醇类、核苷类、氨基酸及微量元素等<sup>[1]</sup>。灵芝多糖是灵芝的主要功效成分之一, 大多为异多糖, 主要为葡萄糖, 少量为阿拉伯糖、木糖、甘露糖、半乳糖等<sup>[2]</sup>, 其中灵芝多糖因其抗肿瘤、免疫调节、抗氧化和抗衰老等作用倍受人们关注, 具有广泛的药理活性, 能提高机体免疫力和耐缺氧能力, 有消除自由基、抗衰老、抑制肿瘤、降血压、降血脂等作用<sup>[3]</sup>。现代科学研究表明, 灵芝中的三萜类成分也是其主要有效成分之一, 具有抗肿瘤、保肝、免疫促进、调血脂和降血糖、抗真菌等多种药理作用<sup>[4]</sup>。

关于段木灵芝的研究很多, 有大量的文献可查, 技术和方法都比较成熟, 但是对于菌草灵芝的研究鲜有报道, 而现今菌草灵芝凭借其生产成本低、成品质量高等优势, 已逐渐

在全国推广, 成为灵芝研究领域的重要品种。但关于菌草灵芝流浸膏方面的研究还是空白, 因此开展菌草灵芝流浸膏生产工艺研究意义重大。

有研究报道, 将酶用于中药的提取制备中, 效果良好。如纤维素酶、果胶酶等可以破坏细胞壁的致密构造, 从而有利于有效成分的溶出<sup>[5]</sup>。酶解法通过酶解破坏细胞结构来强化有效成分的传质过程, 较大幅度提高多糖得率, 不易破坏多糖的立体结构和生物活性<sup>[6]</sup>, 而在提取过程中, 利用超声波产生强烈的振动、较高的加速度、强烈的空化效应、搅拌作用等, 能加速有效成分进入溶剂, 另外超声波的次级效应, 如机械振动、乳化、扩散、击碎、化学效应等也能加速有效成分的扩散释放<sup>[7]</sup>, 与常规溶剂提取相比, 超声波辅助提取是近年来发展较快的新型提取方法, 具有高效性、强选择性、提取时间短、能耗低等特点<sup>[8]</sup>。为此, 笔者采用正交试验设计法优化复合酶并协同超声波提取菌草灵芝流浸膏的最佳工艺条件并同传统方法的提取结果进行了比较, 探索各因素对灵芝流浸膏指标性成分含量的影响, 以期提高提取效率、缩短提取时间和降低能耗, 为改进灵芝流浸膏的生产工艺提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 研究对象。**菌草鹿角灵芝, 购于福建农林大学小

卖铺。

**1.1.2 主要仪器。**超离心研磨仪(德国,RetschZM200);数控超声波清洗器(KQ-500DE 型,昆山市超声仪器有限公司);紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限公司);pH 计(雷磁 pHS-3C,厦门精艺兴科技有限公司);磁力搅拌器(IKA-Werke GmbH and Co.KG);冷冻干燥机(北京博医康实验仪器有限公司);恒温水浴锅(上海亚荣生化仪器厂);旋转蒸发器 RE52CS(上海亚荣生化仪器厂);SHZ-D(III)循环水式真空泵(贡义市予华仪器有限责任公司);数显恒温水浴锅 HH-6(国华电器有限公司)。

**1.1.3 主要试剂。**纤维素酶 400 U/mg、木瓜蛋白酶 1 000 U/mg、果胶酶 500 U/mg、醋酸、醋酸钠、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠。

1.2 方法

**1.2.1 灵芝流浸膏的提取。**菌草鹿角灵芝子实体做成切片,放在烘箱中 65 ℃烘干后用超离心研磨仪研磨成菌草鹿角灵芝粉末,过 80 目筛。称取 5.0 g 灵芝子实体粉末,加入一定 pH 的缓冲液(醋酸-醋酸钠缓冲液 pH 为 4.6~5.5,磷酸盐缓冲液 pH 为 6.5)100.0 mL 和适量的酶,充分混匀,恒温酶解。反应结束后,将其置于 100 ℃水浴中 10 min 使酶灭活,冷却至室温,提取液经过滤,通过旋转蒸发皿减压浓缩至 10 mL 左右,冷冻干燥至恒重,计算灵芝流浸膏粉的提取率。

灵芝流浸膏粉提取率=灵芝流浸膏质量 / 灵芝粉质量×100%

**1.2.2 复合酶用量配比正交试验。**在 60 min、50 ℃、pH 为 5 的酶解条件下,以纤维素酶、木瓜蛋白酶和果胶酶的用量为正交试验的 3 个因素,每个因素各设定 4 个水平,进行  $L_{16}(4^3)$  正交试验(表 1)。

表 1 复合酶用量配比正交试验因素水平  
Table 1 Factors and levels of the orthogonal test of compound enzyme dosage ratio

| 水平<br>Level | 因素 Factor             |                     |                      |
|-------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
|             | 纤维素酶<br>Cellulase (A) | 木瓜蛋白酶<br>Papain (B) | 果胶酶<br>Pectinase (C) |
| 1           | 0                     | 0                   | 0                    |
| 2           | 1.0                   | 0.2                 | 2.5                  |
| 3           | 1.5                   | 0.5                 | 3.0                  |
| 4           | 2.0                   | 0.8                 | 3.5                  |

**1.2.3 复合酶酶解条件正交试验。**根据最佳复合酶用量配比试验结果,以酶提温度、pH、酶提时间作为考察因素,每个因素各设定 3 个水平,进行  $L_9(3^3)$  正交试验(表 2)。

**1.2.4 超声波条件正交试验。**根据最佳复合酶用量配比试验以及最佳酶解条件试验结果,以超声时间、温度、功率作为考察因素,每个因素各设定 3 个水平,进行  $L_9(3^3)$  正交试验(表 3)。

**1.2.5 复合酶-超声协同提取法与传统水浴浸提法的比较。**为了考察复合酶-超声波协同提取法与传统水浴浸提法对灵芝流浸膏提取率的影响,称取 5.0 g 灵芝粉 8 份,其中 4 份按照复合酶协同超声波提取最佳工艺条件进行提取,另外 4 份

分别加入 100 mL 浓度 40%乙醇水浴浸提 80 min,温度 60 ℃。

表 2 复合酶酶解条件正交试验因素水平  
Table 2 Factors and levels of the orthogonal test for enzymatic hydrolysis condition

| 水平<br>Level | 因素 Factor                                      |        |                                           |
|-------------|------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------|
|             | 酶提温度<br>Enzyme extraction temperature (A) // ℃ | pH (B) | 酶提时间<br>Enzyme extraction time (C) // min |
| 1           | 40                                             | 4.6    | 60                                        |
| 2           | 50                                             | 5.5    | 80                                        |
| 3           | 60                                             | 6.5    | 100                                       |

表 3 超声波条件正交试验因素水平  
Table 3 Factors and levels of the orthogonal test for ultrasonic testing

| 水平<br>Level | 因素 Factor                          |                   |                                         |
|-------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------|
|             | 超声时间<br>Ultrasonic time (A) // min | 功率<br>Power (B) W | 超声温度<br>Ultrasonic temperature (C) // ℃ |
| 1           | 10                                 | 300               | 35                                      |
| 2           | 15                                 | 400               | 45                                      |
| 3           | 20                                 | 500               | 55                                      |

2 结果与分析

**2.1 复合酶用量配比** 酶法是一种通过酶解破坏细胞结构来强化有效成分的传质过程,是一种最大限度地提取中药有效成分的方法<sup>[9]</sup>,目前报道的酶法提取中,酶制剂大多采用纤维素酶、木瓜蛋白酶和果胶酶<sup>[9]</sup>,所以笔者选用这 3 种酶作为复合酶组成成分进行研究,并不加酶的传统提取方法进行比较。从表 4 可以直观看出,菌草鹿角灵芝流浸膏的最佳提取工艺为  $A_4B_4C_3$ ,即纤维素酶(A) 2.0 g、木瓜蛋白酶(B)0.8 g,果胶酶(C)3.0 g 组合,在 60 min、50 ℃、pH 4.6 的酶解条件下,灵芝流浸膏的平均提取率为 56.81%。极差(R)反映了同一因素取不同水平时 K 值的变化幅度,为同一因素下不同水平对应的最大值与最小值之差。变化幅度越大,说明该因素对试验结果的影响越大,它就越重要<sup>[10]</sup>。从纤维素酶(A)、木瓜蛋白酶(B)、果胶酶(C)的极差 R 值分别为 17.64、15.84、13.45 可以推导出,三者对结果的影响从大到小依次为纤维素酶(A)、木瓜蛋白酶(B)、果胶酶(C)。由直观分析数据看,因素 A、B、C 的 G 值均大于 1.5,即各因素均为主要因素<sup>[11]</sup>,影响程度依次为 A、B、C。但直观分析法不能对误差大小进行估计,也不能知道分析的精度,为了进一步判断试验误差与试验条件是否影响试验结果,将正交试验数据进行方差分析和显著性检验,找出主要因素。从正交试验方差分析结果可知, $F_A = 7.56, F_B = 5.40, F_C = 4.90$ 。可见,纤维素酶(A)、木瓜蛋白酶(B)、果胶酶(C)对菌草鹿角灵芝流浸膏提取率都有显著影响,纤维素酶(A)、木瓜蛋白酶(B)、果胶酶(C)都为主效因子。

根据正交试验结果推导的最佳组合  $A_4B_4C_3$  进行验证试验,重复 3 次,结果制备的灵芝流浸膏提取率平均值为 56.81%,RDP=6.65%,为最大值。

**2.2 复合酶酶解条件** 选取灵芝作为酶法提取的对象,试图破坏灵芝的细胞壁结构来提高灵芝有效成分提取效率,对于

表 4 复合酶用量配比正交试验结果

Table 4 Results of the orthogonal test for compound enzyme dosage ratio

| 处理号<br>Treatment<br>No. | 因素 Factor         |                 |                  |                               |             | 灵芝流浸膏提取率<br>Extraction rate of <i>Ganoderma<br/>lucidum</i> extract // % |
|-------------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                         | 纤维素酶<br>Cellulase | 木瓜蛋白酶<br>Papain | 果胶酶<br>Pectinase | 空列<br>Blank                   | 空列<br>Blank |                                                                          |
| 1                       | 1                 | 1               | 1                | 1                             | 1           | 21.28                                                                    |
| 2                       | 1                 | 2               | 2                | 2                             | 2           | 33.27                                                                    |
| 3                       | 1                 | 3               | 3                | 3                             | 3           | 41.64                                                                    |
| 4                       | 1                 | 4               | 4                | 4                             | 4           | 39.68                                                                    |
| 5                       | 2                 | 1               | 2                | 3                             | 4           | 25.68                                                                    |
| 6                       | 2                 | 2               | 1                | 4                             | 3           | 29.70                                                                    |
| 7                       | 2                 | 3               | 4                | 1                             | 2           | 43.87                                                                    |
| 8                       | 2                 | 4               | 3                | 2                             | 1           | 49.34                                                                    |
| 9                       | 3                 | 1               | 3                | 4                             | 2           | 35.90                                                                    |
| 10                      | 3                 | 2               | 4                | 3                             | 1           | 48.78                                                                    |
| 11                      | 3                 | 3               | 1                | 2                             | 4           | 22.70                                                                    |
| 12                      | 3                 | 4               | 2                | 1                             | 3           | 49.76                                                                    |
| 13                      | 4                 | 1               | 4                | 2                             | 3           | 46.82                                                                    |
| 14                      | 4                 | 2               | 3                | 1                             | 4           | 54.85                                                                    |
| 15                      | 4                 | 3               | 2                | 4                             | 1           | 50.48                                                                    |
| 16                      | 4                 | 4               | 1                | 3                             | 2           | 54.25                                                                    |
| $k_1$                   | 33.97             | 32.42           | 31.98            | 42.44                         | 42.47       |                                                                          |
| $k_2$                   | 37.15             | 41.65           | 39.80            | 38.03                         | 41.82       |                                                                          |
| $k_3$                   | 39.29             | 39.67           | 45.43            | 42.59                         | 41.98       |                                                                          |
| $k_4$                   | 51.60             | 48.26           | 44.79            | 38.94                         | 35.73       |                                                                          |
| $R$                     | 17.64             | 15.84           | 13.45            | 4.56                          | 6.74        |                                                                          |
| $G$                     | 3.12              | 2.80            | 2.38             | $G=R_i/R$ 空列<br>( $i=A,B,C$ ) |             |                                                                          |

实际应用有着现实的意义。从表 5 可以直观看出,茵草鹿角灵芝流浸膏的最佳提取工艺为  $A_3B_2C_2$ ,即酶解温度(A)为 60 ℃,pH(B)5.5,时间(C)80 min。从温度(A)、pH(B)、时间(C)的  $R$  值分别为 3.01、3.30、11.83 可知,时间(C)对结果的影响最大,温度(A)对结果的影响最小,即因素主次排列顺序为  $C>B>A$ 。由直观分析数据看,因素 A、B 的  $G$  值均小于 1.5,即温度(A)、pH(B)均为次要因素;时间(C)的  $G$  值大于 1.5,即时间(C)为主要因素。从正交试验方差分析结果可知,温度(A)、pH(B)、时间(C)的  $F_A=0.28,F_B=0.27,F_C=$

表 5 复合酶酶解条件正交试验结果

Table 5 Results of the orthogonal test for compound enzyme hydrolysis conditions

| 处理号<br>Treat-<br>ment<br>No. | 因素 Factor                                          |       |                                         |                               | 灵芝流浸膏提取率<br>Extraction rate<br>of <i>Ganoderma<br/>lucidum</i> extract<br>% |
|------------------------------|----------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                              | 酶提温度<br>Enzyme<br>extraction<br>temperature<br>(A) | pH(B) | 酶提时间<br>Enzyme<br>extraction<br>time(C) | 空列<br>Blank                   |                                                                             |
| 1                            | 1                                                  | 1     | 1                                       | 1                             | 38.59                                                                       |
| 2                            | 1                                                  | 2     | 2                                       | 2                             | 54.07                                                                       |
| 3                            | 1                                                  | 3     | 3                                       | 3                             | 34.83                                                                       |
| 4                            | 2                                                  | 1     | 2                                       | 3                             | 45.11                                                                       |
| 5                            | 2                                                  | 2     | 3                                       | 1                             | 33.03                                                                       |
| 6                            | 2                                                  | 3     | 1                                       | 2                             | 40.64                                                                       |
| 7                            | 3                                                  | 1     | 3                                       | 2                             | 40.40                                                                       |
| 8                            | 3                                                  | 2     | 1                                       | 3                             | 42.84                                                                       |
| 9                            | 3                                                  | 3     | 2                                       | 1                             | 44.57                                                                       |
| $k_1$                        | 42.49                                              | 41.37 | 40.69                                   | 38.73                         |                                                                             |
| $k_2$                        | 39.59                                              | 43.31 | 47.92                                   | 45.03                         |                                                                             |
| $k_3$                        | 42.60                                              | 40.01 | 36.09                                   | 40.93                         |                                                                             |
| $R$                          | 3.01                                               | 3.30  | 11.83                                   | 6.30                          |                                                                             |
| $G$                          | 0.48                                               | 0.52  | 1.88                                    | $G=R_i/R$ 空列<br>( $i=A,B,C$ ) |                                                                             |

3.48,可见 3 因素对茵草鹿角灵芝流浸膏提取率的影响都没有显著性,即温度(A)、pH(B)、时间(C)都不是主效因子。

**2.3 超声波条件** 超声波辅助提取是利用超声波的空化作用、机械作用、热效应等增大物质分子运动频率和速度,增加溶剂的穿透力,从而提高中药成分的浸出率,具有省时、节能、提取效率高等优点,值得一提的是它没有因较高温度减弱有机成分的活性<sup>[12-13]</sup>。该技术具有能耗低、效率高、不破坏有效成分等特点。从表 6 可以直观看出,茵草鹿角灵芝流浸膏的提取工艺为  $A_2B_3C_3$ ,即超声时间(A)为 15 min,功率(B)为 500 W,温度(C)为 55 ℃。由正交表极差( $R$ )分析可知,因素主次排列顺序为  $C>B>A$ ,即影响因素依次为温度(C)、功率(B)、时间(A)。由直观分析数据看,因素 A、B、C 的  $G$  值均小于 1.5,即时间(A)、功率(B)、温度(C)因素均为次要因素。从正交方差分析结果可知,超声时间(A)、功率(B)、温度(C)  $F$  值分别为  $F_A=0.132,F_B=0.294,F_C=0.554$ ,可见它们对茵草鹿角灵芝流浸膏提取率都没有显著影响,即时间、功率、温度都不是主效因子。

**2.4 复合酶超声协同提取法与传统水浴浸提法比较结果** 采用常规浸提法提取的茵草鹿角灵芝流浸膏得率为 2.71%,复合酶协同超声波法提取的茵草鹿角灵芝流浸膏得率为 66.90%,复合酶协同超声波法提取的茵草鹿角灵芝流浸膏得率约是常规浸提法的 25 倍。复合酶-超声波协同提取法提高了灵芝多糖提取率,可能是由于以下原因造成的:超声破碎是利用超声波振动传递能量,改变物质组织结构、状态、功能或加速这些改变过程,从而提高多糖得率,缩短提取时间,降低提取液黏度;生物酶技术是一种新型高效绿色提取技术,对多糖的破坏较小,操作相对简单且能保证较高的

得率,酶解法减少了化学试剂的使用,有利于资源的利用和环境的保护<sup>[14]</sup>。

表 6 超声波条件正交试验结果

| 处理号<br>Treat-<br>ment<br>No. | 因素 Factor                         |                    |                                          |                               | 灵芝流浸膏提取率<br>Extraction rate<br>of <i>Ganoderma<br/>lucidum</i> extract<br>% |
|------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                              | 超声时间<br>Ultrasonic<br>time<br>(A) | 功率<br>Power<br>(B) | 超声温度<br>Ultrasonic<br>temperature<br>(C) | 空列<br>Blank                   |                                                                             |
| 1                            | 1                                 | 1                  | 1                                        | 1                             | 71.262                                                                      |
| 2                            | 1                                 | 2                  | 2                                        | 2                             | 62.454                                                                      |
| 3                            | 1                                 | 3                  | 3                                        | 3                             | 68.060                                                                      |
| 4                            | 2                                 | 1                  | 2                                        | 3                             | 45.486                                                                      |
| 5                            | 2                                 | 2                  | 3                                        | 1                             | 87.542                                                                      |
| 6                            | 2                                 | 3                  | 1                                        | 2                             | 78.134                                                                      |
| 7                            | 3                                 | 1                  | 3                                        | 2                             | 66.010                                                                      |
| 8                            | 3                                 | 2                  | 1                                        | 3                             | 54.334                                                                      |
| 9                            | 3                                 | 3                  | 2                                        | 1                             | 68.842                                                                      |
| $k_1$                        | 67.26                             | 60.92              | 67.91                                    | 75.88                         |                                                                             |
| $k_2$                        | 70.39                             | 68.11              | 58.93                                    | 68.87                         |                                                                             |
| $k_3$                        | 63.06                             | 71.68              | 73.87                                    | 55.96                         |                                                                             |
| $R$                          | 7.33                              | 10.76              | 14.94                                    | 19.92                         |                                                                             |
| $G$                          | 0.37                              | 0.54               | 0.75                                     | $G=R_i/R$ 空列<br>( $i=A,B,C$ ) |                                                                             |

3 结论与讨论

复合酶协同超声波提取灵芝流浸膏的最佳工艺条件:复合酶组成为纤维素酶 2.0 g,木瓜蛋白酶 0.8 g,果胶酶 3.0 g;酶解条件为酶解温度 60 ℃,pH 5.5,时间 80 min;超声条件为时间 15 min,功率 500 W,温度 55 ℃。在复合酶协同超声波提取最佳工艺条件下,茵草鹿角灵芝流浸膏得率为 66.90%,常规浸提法提取茵草鹿角灵芝流浸膏得率为 2.71%,复合酶协同超声波法提取茵草鹿角灵芝流浸膏得率约是常规浸提法的 25 倍,且显著缩短了提取时间。

中药浸膏粉的吸湿性是长期困扰中药制剂生产的主要

问题,药浸膏粉吸潮后变软、结块,流动性变差,给生产和贮藏带来困难并影响中药制剂的质量和疗效。长期以来在中药制剂生产实践中,人们发现中药浸膏的质量与其物理性质有着密切的关系,茵草灵芝膏就是由于流动性较差,吸湿性较强,最终导致重复验证试验很难进行。另外,该试验茵草鹿角灵芝是在学校小卖铺中购买的,生长时期不同,而不同生长时期的茵草鹿角灵芝切片的流浸膏提取率是不同的,这也导致重复验证试验很难进行。在今后的研究过程中,如果能精心挑选同一生长时期的茵草鹿角灵芝切片进行流浸膏提取,效果一定会更好。

参考文献

[1] 王明蛟,高航,刚婉娇,等.灵芝化学成分分析方法的研究[J].长春中医药大学学报,2014,30(5):817-819.

[2] 刘佳,王勇.灵芝多糖的研究进展[J].现代药物与临床,2012,27(6):629-634.

[3] 唐晓璇,王成忠,李双.灵芝多糖的研究进展[J].山东食品发酵,2014(2):28-31.

[4] 李国华,李晔,梅锡玲,等.灵芝三萜类化合物研究进展[J].中草药,2015,46(12):1858-1862.

[5] 王芸芸,李莉,李香玉,等.复合酶法提取甘草渣中总黄酮[J].化学与生物工程,2008,25(8):49-51.

[6] 吕兴萍,杨薇红,马春娇.响应面优化酶法提取灵芝多糖工艺条件[J].江苏农业科学,2014,42(6):258-260.

[7] 郑丹婷,蔡思敏,苑子涵,等.灵芝多糖的提取、分离及分析方法的研究进展[J].机电信息,2016(11):33-38.

[8] 范金波,侯宇,周素珍,等.超声波辅助酶法提取黑木耳多糖工艺条件优化[J].食品与发酵科技,2014,50(6):31-35.

[9] 朱玲,史吉平,王晨光,等.响应面法优化灵芝多糖的酶法提取工艺研究[J].食品工业科技,2016,37(24):238-244.

[10] 马丽娟,王婷婷.麦冬多糖提取工艺的研究[J].黄冈职业技术学院学报,2010,12(4):26-30.

[11] 吕圭源.中药新产品开发学[M].北京:人民卫生出版社,1998:65.

[12] 李鹏婧,柳旭光,龙海荣,等.超声波辅助提取菱角壳总黄酮及抗氧化性研究[J].食品科技,2011(1):167-171.

[13] 林士惠,易运红,龙梓,等.超声波辅助提取香蕉叶多糖工艺的优化[J].南方农业学报,2014,45(2):295-298.

[14] 张慧瑛,罗光宏,郝军元,等.超声波-生物酶法提取锁阳多糖工艺优化及其抗肿瘤活性[J].食品科学,2016,37(12):59-64.

(上接第 150 页)

[9] 卫生部办公厅.卫生部关于 2002 年重大食物中毒情况的通报:卫法监发[2003]25 号[A].2003.

[10] 卫生部办公厅.卫生部关于 2003 年全国重大食物中毒事件情况的通报:卫法监发[2004]30 号[A].2004.

[11] 卫生部办公厅.卫生部关于 2004 年全国重大食物中毒情况的通报:卫应急发[2005]58 号[A].2005.

[12] 卫生部办公厅.卫生部关于 2005 年全国食物中毒事件报告情况的通报:卫应急发[2006]81 号[A].2006.

[13] 卫生部办公厅.卫生部关于 2006 年全国食物中毒报告情况的通报:卫应急发[2007]77 号[A].2007.

[14] 卫生部办公厅.卫生部办公厅关于 2007 年全国食物中毒报告情况的通报:卫办应急发[2008]24 号[A].2008.

[15] 卫生部办公厅.卫生部办公厅关于 2008 年全国食物中毒报告情况的通报:卫办应急发[2009]20 号[A].2009.

[16] 卫生部办公厅.卫生部办公厅关于 2009 年全国食物中毒事件情况的通报:卫办应急发[2010]25 号[A].2010.

[17] 卫生部办公厅.卫生部办公厅关于 2010 年全国食物中毒事件情况的通报:卫办应急发[2011]26 号[A].2011.

[18] 卫生部办公厅.卫生部办公厅关于 2011 年全国食物中毒事件情况的通报:卫办应急发[2012]18 号[A].2012.

[19] 卫生部办公厅.卫生部办公厅关于 2012 年全国食物中毒事件情况的通报:卫办应急发[2013]30 号[A].2013.

[20] 卫生部办公厅.国家卫生计生委办公厅关于 2013 年全国食物中毒事件情况的通报:国卫办应急发[2014]15 号[A].2014.

[21] 卫生部办公厅.国家卫生计生委办公厅关于 2014 年全国食物中毒事件情况的通报:国卫办应急发[2015]9 号[A].2015.

[22] 卫生部办公厅.国家卫生计生委办公厅关于 2015 年全国食物中毒事件情况的通报:国卫办应急发[2016]5 号[A].2016.

[23] 陈小敏,杨华,桂国弘,等.2008~2015 年全国食物中毒情况分析[J].食品安全导刊,2017(25):69-73.

[24] 李婷婷.2002~2011 年全国食物中毒情况分析[J].山西医科大学学报,2012,43(6):428-431.

[25] 罗海波,何来英,叶俊杰,等.2004~2013 年中国大陆食物中毒情况分析[J].中国食品卫生杂志,2015,27(1):45-49.

科技论文写作规范——讨论

着重于研究中新的发现和重要方面,以及从中得出的结论。不必重复在结果中已评述过的资料,也不要模棱两可的语言,或随意扩大范围,讨论与文中无多大关联的内容。