

4.6 mm, 5 μm)、Hypersil GOLD(250 mm \times 4.6 mm, 5.0 μm)，发现 ZORBAX Extend-C₁₈ 和 ZORBAX SB-C₁₈ 色谱柱分离效果不如 Hypersil GOLD 色谱柱，故选择 Hypersil GOLD 色谱柱。

3.4 含有量分析 “中柴2号”地下部分皂苷含有量为 0.785% ~ 1.02%，其中柴胡皂苷 a 和柴胡皂苷 d 总含有量远高于《中国药典》规定的 0.30%，课题组前期研究也表明，两者含有量高于湖北、甘肃、陕西等地样品；其地上部分含有大量黄酮和少量皂苷，前者含有量 2.01 ~ 8.75 mg/g，后者 0.010% ~ 0.046%。目前，柴胡的药用部分为根部，而茎、叶等地上部分被舍弃，造成了药用资源浪费，故建议应重视这一部分，以更合理地开发柴胡药材。

参考文献：

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2015 年版一部 [S]. 北京：中国医药科技出版社，2015：280-281.
- [2] 陈慧慧，张敏，虞慧娟，等. 柴胡和黄芩配伍解热抗炎作用研究[J]. 中成药，2011，33(9)：1596-1598.
- [3] Wang Q W, Zheng X L, Yang L, et al. Reactive oxygen species-mediated apoptosis contributes to chemosensitization effect of saikosaponins on cisplatin-induced cytotoxicity in cancer cells

- [J]. *J Exp Clin Cancer Res*, 2010, 29(35) : 159-166.
- [4] 冯煦，王鸣，赵友谊，等. 北柴胡茎叶总黄酮抗流感病毒的作用[J]. 植物资源与环境学报，2002，11(4)：15-18.
- [5] 周亚福，毛少利，李思锋，等. 柴胡属 5 种植物总皂苷和总黄酮含量的测定[J]. 时珍国医国药，2013，24(5)：1241-1243.
- [6] 曹爱农，范铭，吕铎，等. 不同产地商品柴胡性状及质量评价[J]. 中药材，2015，38(8)：1611-1614.
- [7] 林东昊，茅仁刚，王智华，等. HPLC 测定不同产地北柴胡中的柴胡皂苷 a、c、d [J]. 中成药，2002，24(5)：60-62.
- [8] 袁王俊，张维瑞，吴宏欣，等. HPLC 法测定柴胡不同部位 4 种黄酮类成分[J]. 中成药，2013，35(4)：797-800.
- [9] Lin X L, Xue L, Zhang H Y, et al. Determination of saikosaponins a, c and d in *Bupleurum Chinese DC.* from different areas by capillary zone electrophoresis [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2005, 382(7) : 1610-1615.
- [10] 唐进法，王星，曹占霞. 近红外光谱法测定柴胡药材中柴胡皂苷 A 含量[J]. 中国实验方剂学杂志，2012，18(17)：138-141.
- [11] 梁鸿，赵玉英，崔艳君. 北柴胡中黄酮类化合物的分离鉴定[J]. 北京医科大学学报，2000，32(3)：223-225.
- [12] 王鸣，刘培，冯煦，等. 北柴胡茎叶化学成分研究[J]. 中药材，2009，32(3)：367-369.

猴头菌丝固体培养物及胃乐宁片低聚糖部位的 HPLC-ELSD 指纹图谱

陈婷^{1,2}，杨军辉^{1,2}，李俊松^{1,2*}，陈坤³，狄留庆^{1,2}，郭青⁴

(1. 南京中医药大学药学院，江苏南京 210046；2. 江苏省中药高效给药系统工程技术研究中心，江苏南京 210046；3. 南京老山药业有限公司，江苏南京 210004；4. 江苏省食品药品检验所，江苏南京 210008)

摘要：目的 建立猴头菌 *Hericium erinaceus* 丝固体培养物及胃乐宁片低聚糖部位的 HPLC-ELSD 指纹图谱。方法 样品水提液的分析采用 Waters XBridge™ Amide 色谱柱 (4.6 mm \times 150 mm, 3.5 μm)；以乙腈-0.2% 醋酸铵为流动相，梯度洗脱；体积流量 1 mL/min；柱温 40 °C。结果 2 种 HPLC-ELSD 指纹图谱分别有 8 个和 9 个共有峰，相似度分别为 0.994 ~ 0.966 和 0.990 ~ 0.997，其中 3 个为甘露醇、乳糖和海藻糖，在各自范围内线性关系良好 ($r \geq 0.9990$)，平均加样回收率 95.08% ~ 104.82%，RSD 1.12% ~ 2.90%。结论 该方法简便、快速、准确，可用于猴头菌丝固体培养物及胃乐宁片的质量控制。

关键词：猴头菌丝；固体培养物；胃乐宁片；低聚糖；甘露醇；乳糖；海藻糖；HPLC-ELSD 指纹图谱

中图分类号：R284.1 **文献标志码：**A **文章编号：**1001-1528(2017)06-1211-06

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2017.06.022

收稿日期：2016-07-20

作者简介：陈婷（1991—），女，硕士生，研究方向为中药新剂型与新技术。E-mail：chenting920130@163.com

*通信作者：李俊松（1964—），男，教授，硕士生导师，研究方向为中药新剂型与新技术。Tel：(025) 85811230，E-mail：lijun-song1964@163.com

HPLC-ELSD fingerprints of oligosaccharide sites from mycelia of *Hericium erinaceum* solid cultures and Weilening Tablets

CHEN Ting^{1,2}, YANG Jun-hui^{1,2}, LI Jun-song^{1,2*}, CHEN Kun³, DI Liu-qing^{1,2}, GUO Qing⁴

(1. College of Pharmacy, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210046, China; 2. Jiangsu Provincial Engineering Research Center for Efficient Delivery System of TCM, Nanjing 210046, China; 3. Nanjing Laoshan Pharmaceutical Co., Ltd., Nanjing 210004, China; 4. Jiangsu Provincial Institute for Food and Drug Control, Nanjing 210008, China)

ABSTRACT: AIM To establish the HPLC-ELSD fingerprints of oligosaccharide sites from mycelia of *Hericium erinaceum* solid cultures and Weilening Tablets. **METHODS** The analysis of aqueous extract from samples was performed on a 80 °C thermostatic Waters XBridge™ Amide column (4.6 mm × 150 mm, 3.5 μm), with the mobile phase comprising of acetonitrile-0.2% ammonium acetate flowing at 1 mL/min in a gradient elution manner.

RESULTS There were eight and nine common peaks in two HPLC-ELSD fingerprints with the similarities of 0.994 – 0.966 and 0.990 – 0.997, respectively. Three of them were mannitol, lactose and trehalose, which showed good linear relationships within their own ranges ($r \geq 0.999$) , the average recoveries were 95.08% – 104.82% with the RSDs of 1.12% – 2.90%. **CONCLUSION** This simple and accurate method can be used for the rapid quality control of mycelia of *Hericium erinaceum* solid cultures and Weilening Tablets.

KEY WORDS: mycelia of *Hericium erinaceum*; solid cultures; Weilening Tablets; oligosaccharide; mannitol; lactose; trehalose; HPLC-ELSD fingerprints

胃乐宁片是由猴头菌丝及固体培养物提取、加辅料压制而成的，具有养阴和胃功效，临床常用于胃脘疼痛、痞满、腹胀及胃、十二指肠溃疡、慢性萎缩性胃炎等症状^[1]。文献报道，猴头菌丝的主要活性成分为多糖^[2-4]、低聚糖^[5-6]、芳香环^[7-8]、二萜^[9]、甾醇类^[10]、脂肪酸等^[11]，其中低聚糖具有改善胃肠环境、增加造血功能、促进有丝分裂、抗抑郁、增强免疫、抗病毒、抗菌、抗炎、抗凝血等生物活性，能够明显改善动物胃黏膜病变，并可抑制胃固有腺体减少，对慢性萎缩性胃炎具有疗效^[12-13]。另外，乳糖能增加小肠吸收钙的速度，甘露糖能减轻重症急性胰腺炎大鼠肺组织损伤，海藻糖可通过保护生物膜及大分子生物活性来维持有机体生命过程及生物学特性^[14-16]。本实验建立猴头菌丝固体培养物及胃乐宁低聚糖部位的HPLC-ELSD指纹图谱，并同时测定其中海藻糖、甘露醇、乳糖含有量，以期为提升猴头菌丝固体培养物及其制剂的质量标准奠定基础。

1 材料

1.1 仪器 Waters 2695 高效液相色谱系统，包括在线脱气机、Prominence SII-20A 自动进样器、Waters 2424 蒸发光散射检测器、CTO-20A 柱温箱；Anke TGL-16C 高速离心机（上海安亭科学仪器厂）；FA1204B 电子分析天平（上海精密科学仪器厂）；1212

有限公司）；Milli-Q Synthesis 108 超纯水仪（美国密理博公司）；HH-2K6 恒温水浴锅（巩义市予华仪器有限责任公司）。

1.2 试药 乙腈（色谱纯，美国 Tedia 公司）；甲醇（色谱纯，江苏汉邦科技有限公司）；醋酸铵、无水乙醇（分析纯，南京化学试剂有限公司）；水为重蒸水（由 Milli-Q Synthesis 108 超纯水仪制得）。海藻糖对照品（批号 K25J6C1，上海源叶生物科技有限公司）；甘露醇（批号 100533-201304）、乳糖（批号 100058-201204）对照品（中国食品药品检定研究院）。猴头菌丝固体培养物（南京老山药业有限公司，批号 141122-2、20141108、140113、150603、141122-1、141210-2、150703、140316、141026-1、141104-2，编号 S1 ~ S10）。胃乐宁片（南京老山药业有限公司，批号 150607、151009、151101、150507、150609、150804、151001、150902、141104、150808，编号 S11 ~ S20，0.54 g/片）。

2 方法与结果

2.1 色谱条件 Waters XBridge™ Amide 色谱柱（4.6 mm × 150 mm, 3.5 μm）；流动相乙腈-0.2% 醋酸铵，梯度洗脱（程序见表 1）；体积流量 1 mL/min；柱温 40 °C；漂移管温度 80 °C；喷雾器模式加热，动力级别 65%；气体压力 275.79 kPa，

增益500；进样量10 μL。

表1 梯度洗脱程序

Tab. 1 Gradient elution programs

时间/min	乙腈/%	0.2% 醋酸铵/%
0~10	98	2
11~40	87	13
41~55	80	20
56~75	70	30
76~80	98	2

2.2 对照品溶液制备 精密称取各对照品适量，置于10 mL量瓶中，加水溶解定容，摇匀，配制成含甘露糖569.20 μg/mL、乳糖521.40 μg/mL、海藻糖526.20 μg/mL的对照品溶液，冷藏备用。

2.3 供试品溶液制备

2.3.1 猴头菌丝固体培养物低聚糖部位 精密称取猴头菌丝培养物粉末（过4号筛，批号20141108）2 g，置于锥形瓶中，精密加入蒸馏水20 mL，超声（50 Hz）30 min，放冷，蒸馏水补足减失的质量，过滤，取续滤液10 mL，加乙醇至体积分数为80%，静置12 h，过滤，滤液在60 ℃下水浴挥干，蒸馏水定容至10 mL量瓶中，即得。

2.3.2 胃乐宁低聚糖部位 取胃乐宁片10片（批号150507），研细，精密称取0.5 g，其他操作同“2.3.1”项。

2.4 猴头菌丝固体培养物HPLC-ELSD指纹图谱建立

2.4.1 方法学考察

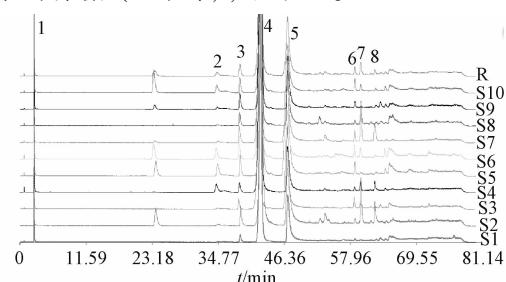
2.4.1.1 精密度试验 精密吸取同一供试品溶液10 μL，在“2.1”项色谱条件下进样6次，记录色谱图，导入国家药典委员会“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”（2004A版）（以下简称“评价系统”），测得相似度为0.994~0.999，表明该方法精密度符合要求。

2.4.1.2 重复性试验 取同一批样品，按“2.3.1”项下方法制备供试品溶液6份，精密吸取10 μL，在“2.1”项色谱条件下进样，记录色谱图，导入“评价系统”，测得相似度为0.992~0.996，表明该方法重复性符合要求。

2.4.1.3 稳定性试验 精密吸取同一供试品溶液，在“2.1”项色谱条件下于0、2、4、8、12、24 h进样，记录色谱图，导入“评价系统”，测得相似度为0.994~0.996，表明供试品溶液在24 h内稳定性良好。

2.4.2 共有峰标定 将10批样品导入“评价系统”，建立HPLC-ELSD指纹图谱，见图1。由图可

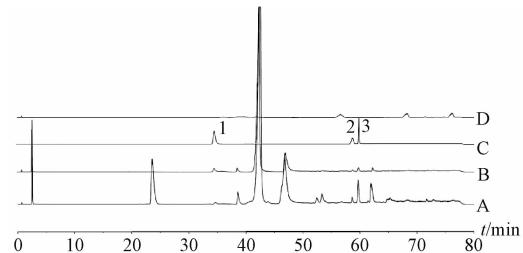
知，各主要色谱峰的出峰时间基本一致，并有8个共有峰，其中3个为甘露醇（2号峰）、乳糖（6号峰）、海藻糖（7号峰），见图2。



2. 甘露醇 6. 乳糖 7. 海藻糖
2. mannitol 6. lactose 7. trehalose

图1 猴头菌丝固体培养物HPLC-ELSD指纹图谱

Fig. 1 HPLC-ELSD fingerprints of mycelia of *Hericium erinaceum* solid cultures



1. 甘露醇 2. 乳糖 3. 海藻糖 A. 胃乐宁片 B. 猴头菌丝固体培养物 C. 对照品 D. 辅料阴性对照

1. mannitol 2. lactose 3. trehalose A. Weilening Tablets B. mycelia of *Hericium erinaceum* solid cultures C. reference substances D. negative control of excipients

图2 共有峰HPLC色谱图

Fig. 2 HPLC chromatograms of common peaks

2.4.3 相似度评价 将10批样品色谱图导入“评价系统”，通过多点校正法进行自动匹配，生成指纹图谱共有模式，并在分析检验模式下以S2样品图谱为参照，时间窗0.10，平均数法测得相似度分别为0.982、0.996、0.972、0.944、0.996、0.986、0.994、0.995、0.995、0.990。

2.5 胃乐宁片HPLC-ELSD指纹图谱建立

2.5.1 方法学考察

2.5.1.1 精密度试验 操作同“2.4.1.1”项，测得相似度为0.995~0.998，表明该方法精密度符合要求。

2.5.1.2 重复性试验 取同一批样品，按“2.3.2”项下方法制备供试品溶液6份，其他同“2.4.1.2”项，测得相似度为0.991~0.997，表明该方法重复性符合要求。

2.5.1.3 稳定性试验 操作同“2.4.1.3”项，测得相似度为0.990~0.997，表明供试品溶液在24 h内稳定性良好。

2.5.2 共有峰标定 将10批样品导入“评价系统”，建立HPLC-ELSD指纹图谱，见图3。由图可知，各主要色谱峰的出峰时间基本一致，并有9个共有峰，其中3个为甘露醇（2号峰）、乳糖（6号峰）、海藻糖（7号峰），见图3。

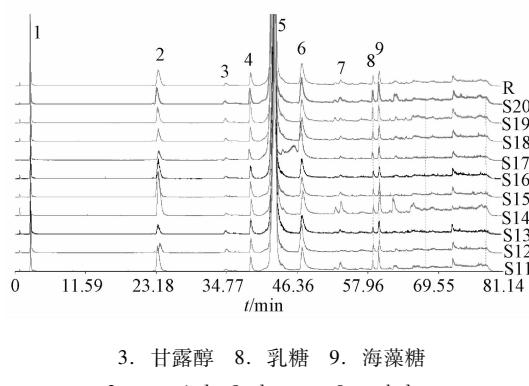


图3 胃乐宁片 HPLC-ELSD 指纹图谱

Fig. 3 HPLC-ELSD fingerprints of Weilening Tablets

2.5.3 相似度评价 将10批样品色谱图导入“评价系统”，以S14样品图谱为参照，其他操作同“2.4.3”项，测得相似度分别为0.995、0.998、0.993、0.997、0.999、0.996、0.999、0.996、0.997、0.997。

2.6 甘露醇、乳糖、海藻糖含有量测定

2.6.1 线性关系考察 精密吸取对照品溶液1 mL，稀释1、2、4、8、16、32倍，摇匀，即得系列质量浓度对照品溶液，注入色谱仪，记录峰面积。以对照品溶液质量浓度的对数为横坐标(X)，峰面积的对数为纵坐标(Y)进行回归，得回归方程分别为甘露醇 $Y=1.8173X+1.9078$ ($r=0.9992$)，线性范围18.79~569.20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ；乳糖 $Y=1.3682X+2.85$ ($r=0.9993$)，线性范围16.30~521.40 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ；海藻糖 $Y=1.4687X+2.7548$ ($r=0.9990$)，线性范围16.44~526.20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

2.6.2 精密度试验 精密吸取同一对照品溶液10 μL ，在“2.1”项色谱条件下进样6次，测得甘露醇、乳糖、海藻糖峰面积对数RSD分别为0.02%、0.03%、0.02%，表明该方法精密度良好。

2.6.3 重复性试验 取猴头菌丝固体培养物（批号20141108）及胃乐宁片（批号150507），按

“2.3”项下方法制备供试品溶液6份，在“2.1”项色谱条件下测定，测得2种样品中甘露醇、乳糖、海藻糖峰面积对数RSD分别为1.88%、0.30%、2.85%，以及0.24%、0.33%、0.33%，表明该方法重复性良好。

2.6.4 稳定性试验 取猴头菌丝固体培养物（批号20141108）及胃乐宁片（批号150507），按“2.3”项下方法制备供试品溶液，于0、2、4、8、12、24 h在“2.1”项色谱条件下进样，测得2种样品中甘露醇、乳糖、海藻糖峰面积对数RSD分别为0.56%、0.39%、0.46%，以及0.47%、0.48%、0.34%，表明供试品溶液在24 h内稳定性良好。

2.6.5 加样回收率试验 精密称取猴头菌丝固体培养物（批号20141108）6份，每份1 g，置于锥形瓶中，加入甘露醇1.86 mg、乳糖1.46 mg、海藻糖6.78 mg，按“2.3.1”项下方法制备供试品溶液，在“2.1”项色谱条件下测定，计算回收率，结果见表2。再精密称取胃乐宁片（批号150507）6份，每份0.25 g，置于锥形瓶中，加入甘露醇2.14 mg、乳糖3.40 mg、海藻糖7.70 mg，按“2.3.2”项下方法制备供试品溶液，在“2.1”项色谱条件下测定，计算回收率，结果见表3。

表2 猴头菌丝固体培养物中各成分加样回收率试验结果
(n=6)

Tab. 2 Results of recovery tests for various constituents in mycelia of *Hericium erinaceum* solid cultures (n = 6)

成分	称样量/原有量/加入量/测得量/			回收率/平均回收 RSD/%			
	g	mg	mg	mg	%	率/%	%
甘露醇	1.0023	1.81	1.86	3.54	93.22	95.93	1.74
	1.0011	1.81	1.86	3.57	94.69		
	0.9982	1.80	1.86	3.62	97.78		
	1.0107	1.83	1.86	3.63	96.80		
	0.9945	1.80	1.86	3.60	96.88		
	0.9987	1.80	1.86	3.59	96.21		
乳糖	1.0023	1.53	1.46	2.86	91.31	95.08	2.41
	1.0011	1.52	1.46	2.94	97.04		
	0.9982	1.52	1.46	2.91	95.07		
	1.0107	1.54	1.46	2.93	95.07		
	0.9945	1.51	1.46	2.89	94.02		
	0.9987	1.52	1.46	2.95	97.94		
海藻糖	1.0023	6.50	6.78	13.30	100.20	104.10	2.23
	1.0011	6.50	6.78	13.46	102.76		
	0.9982	6.48	6.78	13.50	103.60		
	1.0107	6.56	6.78	13.68	105.01		
	0.9945	6.45	6.78	13.69	106.76		
	0.9987	6.48	6.78	13.69	106.33		

表3 胃乐宁片中各成分加样回收率试验结果 ($n=6$)Tab. 3 Results of recovery tests for various constituents in Weilening Tablets ($n=6$)

成分	称样量/原有量/加入量/测得量/			回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
	g	mg	mg			
甘露醇	0.249 9	2.14	2.14	4.20	96.33	95.44
	0.249 6	2.14	2.14	4.23	97.63	
	0.249 8	2.14	2.14	4.13	92.86	
	0.249 6	2.14	2.14	4.19	95.85	
	0.248 9	2.13	2.14	4.16	94.53	
	0.250 4	2.15	2.14	4.19	95.44	
乳糖	0.249 9	3.40	3.40	6.86	101.58	103.42
	0.249 6	3.40	3.40	6.91	103.24	1.12
	0.249 8	3.40	3.40	6.93	103.73	
	0.249 6	3.40	3.40	6.97	104.98	
	0.248 9	3.39	3.40	6.93	104.09	
	0.250 4	3.41	3.40	6.91	102.89	
海藻糖	0.249 9	7.70	7.70	15.31	98.86	104.82
	0.249 6	7.69	7.70	15.88	106.39	2.90
	0.249 8	7.70	7.70	15.84	105.77	
	0.249 6	7.69	7.70	15.75	104.67	
	0.248 9	7.67	7.70	15.83	105.97	
	0.250 4	7.71	7.70	15.97	107.29	

2.6.6 样品含有量测定 取2种样品各10批,按“2.3”项下方法制备相应供试品溶液,在“2.1”项色谱条件下分析,测定含有量,结果见表4~5。

表4 猴头菌丝体固体培养物含有量测定结果

Tab. 4 Results of content determination in mycelia of *Hericium erinaceum* solid cultures

批号	甘露醇/(mg·g ⁻¹)	乳糖/(mg·g ⁻¹)	海藻糖/(mg·g ⁻¹)
141122-2	0.528	0.765	0.512
20141108	1.807	1.522	6.488
140113	0.578	2.372	1.435
150603	2.885	1.211	1.924
141122-1	3.565	2.617	0.684
141210-2	2.188	2.476	2.192
150703	1.363	2.231	5.362
140316	1.025	1.133	3.185
141026-1	1.239	1.810	0.712
141104-2	2.886	2.677	1.357

3 讨论

本实验考察了多个氨基键合色谱柱,发现Waters XBridge TM Amide (4.6 mm × 150 mm, 3.5 μm) 色谱柱能较好地分离低聚糖,峰形较好,分离度理想,而且检测灵敏度高。同时,基于BEH杂化颗粒技术的XBridge Amide柱^[17]能够耐受pH 2~11,从而允许色谱工作者在不同pH条件下

表5 胃乐宁片含有量测定结果

Tab. 5 Results of content determination in Weilening Tablets

批号	甘露醇/(mg·片 ⁻¹)	乳糖/(mg·片 ⁻¹)	海藻糖/(mg·片 ⁻¹)
150607	4.549	8.705	9.879
151009	6.015	5.997	6.608
151101	5.968	5.091	8.336
150507	4.630	7.350	16.632
150609	3.799	6.356	6.810
150804	5.058	6.501	8.952
151001	5.137	6.501	8.952
150902	5.057	7.439	9.237
141104	7.474	9.752	11.104
150808	6.296	7.140	10.431

下开发和建立方法,稳定性更高,柱流失少,使用寿命也更长。另外,还考察了乙腈-水、乙腈-0.2%醋酸铵、甲醇-水流动相,发现乙腈-0.2%醋酸铵具有更好的分离效果,出峰多,基线稳,各色谱峰均能较好地分离,而且保留时间适中,峰形理想。

将提取后的水液通过乙酸乙酯和石油醚萃取,进样后发现色谱峰的峰形及峰数与未处理者相比无明显差异,考虑到企业效益、操作简便等因素,最终选择水提醇沉,并且不用石油醚和乙酸乙酯萃取。另外,还对提取方法(回流、超声)、溶剂体积(20, 40, 80倍量)、提取时间(0.5、1、1.5、2 h)、超声功率(40、50、60 Hz)进行考察,确定最优提取条件为20倍量水超声(50 Hz)提取0.5 h。

由于糖类成分在正常的紫外区域和可见光范围内既无吸收,也无荧光,故不经过衍生的低聚糖不适合使用紫外检测器和荧光检测器。本实验选择蒸发光散射检测器,其优点为灵敏度高、能进行梯度洗脱、对环境温度变化不敏感、基线更加稳定、不会产生漂移。

实验结果表明,胃乐宁片中甘露醇、乳糖、海藻糖的含有量均高于猴头菌丝体固体培养物中。前者质量标准收载于现行部版标准(WS3-B-3457-98)项下,为南京老山药业有限公司独家品种,其提供的制备方法为1 000 g猴头菌丝固体培养物通过提取后浓缩,制得250片(0.54 g/片)胃乐宁片,因此每1 g胃乐宁片中以上3种成分含有量应为每1 g猴头菌丝固体培养物的7.4倍左右,即其在每片胃乐宁片中应为后者的4倍。

参考文献：

- [1] 张声生, 王垂杰, 孙志广, 等. 胃乐宁片治疗胃痛445例临床观察总结[J]. 中华中医药杂志, 2005, 20(3): 166-168.
- [2] 张鹏, 图力古尔, 包海鹰. 猴头菌属真菌化学成分及药理活性研究概述[J]. 菌物研究, 2011, 9(1): 54-61.
- [3] 尚晓冬, 王国艳, 潘伟, 等. 猴头菌小分子活性成分研究进展[J]. 食用菌学报, 2012, 19(1): 79-84.
- [4] Wang Z J, Lun D H, Liang Z Y. Structure of polysaccharides from the fruiting body of *Hericium erinaceus* Pers[J]. *Carbohydr Polym*, 2004, 57(3): 241-247.
- [5] 周帅, 薛俊杰, 刘艳芳, 等. 高效阴离子色谱-脉冲安培检测法分析食用菌中海藻糖、甘露醇和阿糖醇[J]. 食用菌学报, 2011, 18(1): 49-51.
- [6] 张安强, 蒋忠平, 何晋浙, 等. 猴头菌子实体寡糖的提取分离及结构研究[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(1): 152-155.
- [7] Ma B J, Ma J C, Ruan Y, et al. Hericenone L, a new aromatic compound from the fruiting bodies of *Hericium erinaceum*[J]. *Chin J Nat Med*, 2012, 10(5): 363-365.
- [8] Noh H J, Yoon J Y, Kim G S, et al. Benzyl alcohol derivatives from the mushroom *Hericium erinaceum* attenuate LPS-stimulated inflammatory response through the regulation of NF-κB and AP-1 activity[J]. *Immunopharm Immunot*, 2014, 36(5): 349-354.
- [9] Lee K F, Chen J H, Teng C C, et al. Protective effects of *Herici um erinaceus* mycelium and its isolated erinacine A against ischemia-injury-induced neuronal cell death via the inhibition of iNOS/p38 MAPK and nitrotyrosine[J]. *Int J Mol Sci*, 2014, 15(9): 15073-15089.
- [10] Kobori M, Yoshida M, Ohnishi-Kameyama M, et al. Ergosterol peroxide from an edible mushroom suppresses inflammatory responses in RAW264.7 macrophages and growth of HT29 colon adenocarcinoma cells[J]. *Br J Pharmacol*, 2007, 150(2): 209-219.
- [11] 李书倩, 辛广, 张博, 等. 红蘑、猴头菇、香菇三种食用菌中脂肪酸的气相色谱-质谱分析[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 56-58.
- [12] 王晓玉, 蒋秋燕, 凌沛学, 等. 猴头菌活性成分及药理作用研究进展[J]. 中国生化药物杂志, 2010, 31(1): 70-72.
- [13] 袁胜东, 罗霞, 余梦瑶, 等. 猴头菌生物活性成分及药理作用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(15): 8926-8928.
- [14] 刘晃. 甘露糖对急性胰腺炎大鼠相关肺损伤的干预作用[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2013.
- [15] 唐尧, 李志铭, 谭建三, 等. 乳糖对肠钙吸收促进作用的探讨[J]. 中国药房, 1997, 8(6): 274.
- [16] 王磊, 崔东安, 张景艳, 等. 海藻糖生物特性及其在ELISA技术研发中的应用[J]. 中国畜牧兽医, 2012, 39(8): 69-72.
- [17] 沃特世100多种UPLC色谱柱: 让色谱分析速度更快、分离度更高、更环保[J]. 食品安全导刊, 2010(6): 38-39.