

新疆阿魏菇的干燥工艺优化及活性成分初步鉴定

王为兰¹, 陈开旭¹, 马纪¹, 马正海¹, 张富春¹, 郑秀芬^{1,2,3}

(1. 新疆生物资源基因工程重点实验室, 新疆大学 生命科学与技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 加拿大西安大略大学 病理科, 加拿大 伦敦 N6A 5A5; 3. 加拿大劳森健康研究所, 加拿大 伦敦 N6A 5A5)

摘要:以新疆阿魏菇子实体为试材, 采用热风干燥、真空冷冻干燥及自然干燥 3 种不同的干燥方式, 研究不同干燥方式对阿魏菇子实体切片性状的影响; 采用系统预试法, 研究不同溶剂对阿魏菇提取液活性成分的影响, 初步鉴定阿魏菇子实体含有的生物活性成分。结果表明: 真空冷冻干燥方式对阿魏菇子实体细胞组织结构几乎无损伤, 热风干燥对细胞组织损伤较大, 干燥工艺研究保证了后续试验样品的有效贮存; 初步确定了阿魏菇提取液含有蛋白质、多糖、萜类、生物碱、皂苷类等物质; 且不同提取液所含生物活性成分不同; 为阿魏菇生物活性组分的分离、提取提供了试验基础。

关键词:阿魏菇; 干燥; 工艺优化; 活性成分; 鉴定

中图分类号:S 646.1⁺4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)04-0137-06

阿魏菇(*Pleurotus ferulae*)属担子菌亚门层菌纲伞菌目侧耳科侧耳属, 又称阿魏侧耳或阿魏蘑菇, 是干旱草原上具有代表性的蕈菌, 寄生或腐生于阿魏的根茎

第一作者简介:王为兰(1987-), 女, 博士研究生, 研究方向为生物资源开发。E-mail: wwlbiology@163.com.

基金项目:新疆自治区动物学重点学科资助项目(2011001); 新疆大学天山学者特聘教授科研资助项目; 新疆生物资源基因工程重点实验室开放课题资助项目(XJDX0201-2014-08)。

收稿日期:2015-10-28

上。阿魏菇子实体单生或丛生, 菌肉多呈白色, 表面形态多为“马蹄”状, 肉质细腻、脆嫩可口; 富含蛋白质、多种氨基酸、粗纤维、维生素以及矿物质。研究报道阿魏菇具有调节机体生理平衡、增强机体免疫功能^[1-3]、抗氧化^[4-8]、抗辐射^[9-10]、抗肿瘤^[11-15]、降血脂^[16-17]等功效, 为新疆特有的一种营养价值高、食药兼用的珍稀菌类, 具有极为广阔的药用及保健品开发价值。

由于新鲜阿魏菇的水分含量很高, 销售形式以鲜品居多, 保藏周期很短, 作为菜品不容易储存运输, 成为制

Change of Texture Properties of Three Peach Varieties During Postharvest Storage by Texture Profile Analysis

LI Yonghong, ZHANG Lisha, CHANG Ruifeng, WANG Zhaoyuan, CHEN Hu, LIU Guojian
(Changli Fruit Institute, Hebei Agricultural and Forestry Academy, Changli, Hebei 066600)

Abstract: Changes in texture properties of peach fruits (cultivars ‘Cuibao’, ‘Yanbao’ and ‘Okubo’) were studied by instrumental texture profile analysis (TPA) during postharvest storage. The results showed that fruit adhesiveness, elasticity and chewiness values of three varieties gradually increased before sharply declining under room temperature and low temperature conditions, while there was only an obvious decrease in hardness during storage period, as follows ‘Cuibao’ > ‘Yanbao’ > ‘Okubo’; cohesiveness among three peach genotypes changed gently during storage. Correlation analysis indicated significantly positive correlation among fruit hardness, adhesiveness and chewiness ($P < 0.01$). Furthermore, opposite linear correlation were found among values of elasticity with hardness and chewiness. However, no obvious correlation among cohesiveness and other parameters were observed. The results indicated the hardness, adhesiveness, elasticity and chewiness could be used as the main indexes to evaluate fruit texture, while the parameters like cohesiveness would response to the subtle texture changes.

Keywords: peach; texture profile analysis (TPA); texture; texture analyzer

约新疆阿魏菇作为高档菌类发展的主要因素之一。所以寻求一种方便高效,既能长时间保藏,又不失其营养活性的干燥方式对新疆阿魏菇降低销售运输成本、延长储存时间和后续加工具有重要的意义。干燥是保存食品不致腐败变质的方法之一,它能够抑制微生物生长及酶促褐变^[18]。干燥方式不一样,物质品质也会发生变化^[19]。目前常用的干燥方式有晒干、热风干燥、冷冻干燥^[20]等方式。传统中药学及食品保藏过程中主要以自然晒干或晾干的干燥方式进行干燥存储,但复水性较差,易受天气、空气湿度等因素影响,对生物活性的影响也不清楚;恒温热风干燥是将液态水分变成气态的过程,是食品加工工业常用的干燥方式,具有保质、耗量低、环保等优点^[21-22],但因需要在高温条件下暴露,可能会严重影响物质的物理或化学属性^[23-24]。如多酚类对温度敏感性强,高温处理会导致其含量及抗氧化活性降低^[25]。真空冷冻干燥不同于以上的干燥方法,是在物质冰冻的状态下进行,采用适当的温度和真空度,促使固态冰升华为水蒸汽,冷阱系统是将水蒸汽冷凝,最终获得干燥产品的一种干燥技术^[26]。它对许多热敏性的物质特别适用^[27]。既可保证干燥制品长期保存,又能够保持物质活性稳定,完全抑制微生物生长及酶促褐变,维持细胞组织结构,复水性好,在医药、食品工业、科研机构等得到广泛的应用。

阿魏菇虽具备较高的药用价值和营养价值,但并不确定其中具体含有哪些功能性成分,有关阿魏菇子实体有效化学成分的文獻尚鲜见报道。该研究以最佳干燥方式处理的阿魏菇子实体为材料,采用不同溶剂提取阿魏菇粉,根据化学成分的溶解性、酸碱性、非极性与极性等理化性质,以及不同溶剂提取液中活性成分产生的不同化学反应,初步鉴定阿魏菇生物活性组分,有助于阿魏菇有效成分的精细分离、提取。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试材料 阿魏菇子实体采购于新疆青河县,色白均匀,每个子实体重量约为 200~500 g。

1.1.2 试验试剂 氢氧化钠、硫酸铜、茚三酮试液、醋酐、浓硫酸、盐酸、 α -萘酚、酒石酸钾钠、三氯化铁、铁氰化钾、对硝基苯胺、亚硝酸钠、镁粉、磷钨酸试剂、磷钼酸试剂、苦味酸试剂、鞣酸试剂、氯化金试剂、氯化铂试剂、雷氏铵盐等试剂均为分析纯,均购自新疆沙区伟业试剂公司。

1.1.3 试验仪器 Free Zone 2.5 冷冻干燥机(美国(美国 LABCONCO 公司),MDF-U53V 超低温冷冻储存箱(日本三洋公司),Avanti J-E 高速冷冻离心机(美国 BECKMAN 公司),HH-2 数显恒温水浴锅(江苏金坛市医疗仪器厂),SB5200DT 超声波清洗仪(宁波新芝生物科技股份有限公司),LABOROTA 4000 旋转蒸发器(德国 Heidolph 公司),QE-200g 四两装高速粉碎机(浙江屹

立工贸有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 阿魏菇的干燥工艺处理 阿魏菇热风干燥工艺:阿魏菇子实体→清洗(蒸馏水冲洗,纱布擦拭)→切片→装入培养皿(200 g/盘)→根据干燥温度梯度(80、60、50℃)放入定温恒温干燥箱→至完全烘干→粉碎→过 40 目筛→封入包装袋,-20℃冻存。阿魏菇真空冷冻干燥工艺:阿魏菇子实体→清洗(蒸馏水冲洗,纱布擦拭)→切片(适量厚度)→装入培养皿(200 g/盘)→保鲜膜封闭→-80℃冰箱冷冻过夜→真空干燥(冷阱温度为-50℃,真空压力为 0.08 MPa)→完全冻干→粉碎→过 40 目筛→封入包装袋,-20℃冻存。阿魏菇自然干燥工艺:阿魏菇子实体→清洗(蒸馏水冲洗,纱布擦拭)→切片→装入培养皿(200 g/盘)→室温(22~25℃)至完全干燥→粉碎→过 40 目筛→封入包装袋,-20℃冻存。

1.2.2 不同干燥工艺处理的阿魏菇干燥时间的检测 根据阿魏菇的干燥工艺处理方法,分别取 200 g 阿魏菇切片,进行干燥,计算完全干燥所用时间。

1.2.3 不同干燥工艺处理的阿魏菇失重含量的检测 水分的多少决定物质的易腐败程度,干燥失重的变化会直接影响对物质化学结构的判断。所以在干燥过程中,要特别注意干燥温度,温度过高可能不但会导致物质丢失大量水分,还会发生细胞或分子结构的变化。因此通过对干燥失重率测定初步比较 3 种干燥工艺对阿魏菇的影响。干燥失重率(%)=(样品质量-干燥后样品质量重量)/样品质量×100。

1.2.4 不同干燥工艺处理的阿魏菇扫描电镜观察 将阿魏菇烘干粉与阿魏菇冻干粉过 40 目筛,分别精密称量 2 mg,进行扫描电镜,观察阿魏菇细胞组织变化。

1.2.5 真空冷冻干燥处理的阿魏菇活性成分的初步鉴定 冷水提取液:精密称量 5 g 阿魏菇冻干粉,放置定量瓶中,加入蒸馏水 50 mL,室温静置浸泡 24 h,3 500 r/min 离心 10 min,收集上清液,备用检测游离氨基酸、多肽、蛋白质。热水提取液:将冷水浸提的沉淀复溶于蒸馏水中,与剩余冷水提取液合并,50℃水浴浸泡 30 min,10 min 搅拌混匀;3 500 r/min 离心 10 min,收集上清液,备用检测还原糖、多糖、有机酸类、皂甙类、甙类、酚类或鞣质等物质。乙醇提取液:精密称量 10 g 阿魏菇冻干粉,加 95%乙醇定容至 100 mL,50℃水浴浸提 1 h,冷却后 3 500 r/min 离心 10 min,收集上清液;加入 50 mL 石油醚萃取 2 次,取下层乙醇浸提液,旋蒸浓缩至 30 mL,继续加入 50 mL 95%乙醇溶解,离心,收集上清液,备用检测酚类或鞣质、香豆素内酯化合物、黄酮类、甾体或萜类化合物、蒽醌类、强心甙、有机酸等物质。酸性乙醇提取液:精密称量 2 g 阿魏菇冻干粉,加入 10 mL 0.5% 硫酸的乙醇溶液,水浴加热回流 10 min,3 500 r/min 离心 10 min,收集上清液;备用检测生物碱。石油醚提取液:精密称量 1 g 阿

魏菇冻干粉,于 10 mL 石油醚充分混匀,室温静置浸泡 2 h,3 500 r/min 离心 10 min,收集上清液;备用检测挥发油、油脂、甾体或三萜类化合物等物质。

2 结果与分析

2.1 不同干燥工艺处理对阿魏菇色泽的影响

图 1 表明,干燥温度对阿魏菇色泽影响较大,热风干燥过程因需温度处理,加热温度高,样品发生褐变;且

随着温度的升高,褐变情况越严重;根据色泽程度,60℃热风干燥时阿魏菇性状最佳,故作为后续试验热风干燥工艺的最佳温度;真空冷冻干燥的样品色泽鲜亮、无浓缩状态、无褐变发生,明显优于热风干燥。自然干燥的样品色泽发暗,干燥时间长,这与长时间置于空气中产生褐变有关。因此 3 种干燥方式对阿魏菇色泽影响严重程度依次为自然干燥>60℃热风干燥>真空冷冻干燥。



注:a 为 80℃干燥的阿魏菇性状;b 为 60℃时干燥的阿魏菇性状;c 为 50℃时阿魏菇干燥性状;d 为真空冷冻干燥的阿魏菇性状;e 为 25℃自然晾干的阿魏菇性状。

Note:a is the characters of *P. ferulae* dried at 80℃;b is the characters of *P. ferulae* dried at 60℃;c is the characters of *P. ferulae* dried at 50℃;d is the characters of *P. ferulae* dried using vacuum freeze drying technique;e is the characters of *P. ferulae* dried in natural condition at 25℃.

图 1 阿魏菇的干燥工艺图

Fig. 1 Drying process of *P. ferulae*

2.2 不同干燥工艺处理的阿魏菇干燥时间的比较

物质干燥时间越长,对水分、氨基酸、灰分、活性组分含量影响越大。由表 1 可知,热风干燥时间最短,且干燥温度的不同所需时间随之变化;温度高、时间短,反之,时间延长。真空冷冻干燥时间较长,并且对设备要求高,耗能比较大。自然晾干,耗时最长,不符合实际需要。

表 1 3 种干燥方式的时间比较

Table 1 Different time of three drying methods

干燥方法	热风干燥			真空冷冻干燥	自然晾干
Drying methods	Hot air drying			Vacuum freeze drying	Natural air drying
干燥温度					
Drying temperature/℃	80	60	50	-50	25
干燥时间 Drying time/h	3.0	4.5	5.0	10	144

2.3 不同干燥工艺处理的阿魏菇干燥失重的比较

通过对干燥失重率测定发现(图 2),60℃热风干燥的样品失重率 85.19%,真空冷冻干燥的样品失重率 86.21%;自然干燥的样品失重率为 80.16%。因此真空冷冻干燥方式在较短时间内既能够维持样品稳定性又

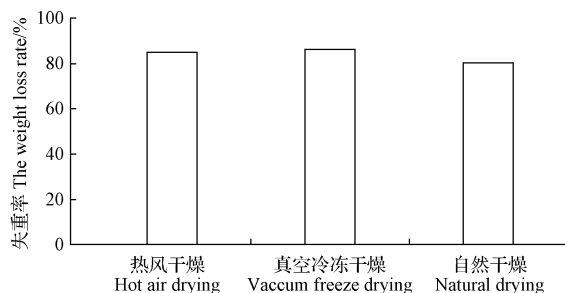


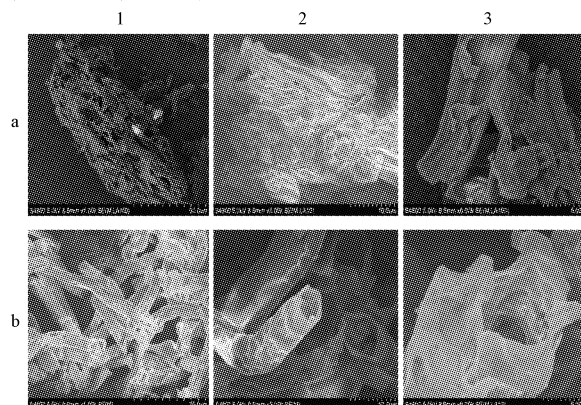
图 2 阿魏菇干燥失重率

Fig. 2 The weight loss rate of *P. ferulae* from different drying process

可促使样品干燥完全。

2.4 不同干燥工艺处理的阿魏菇扫描电镜形态

选择较好的 2 种干燥方式(热风干燥和真空冷冻干燥)对阿魏菇组织结构进行扫描电镜(图 3),从不同视野的扫描图(图 3a)可以看出,60℃热风干燥的阿魏菇细胞结构受到严重破坏,发生显著的缩聚变性现象,组织导电性能差;图 3b 显示,阿魏菇冻干粉细胞组织内部以规则的棒状结构排列,内部为中空管状,组织形态完整,导电性能好;由此可知真空冷冻干燥对阿魏菇组织结构的稳定性强于热风干燥。



注:a 为阿魏菇子实体烘干粉;b 为阿魏菇子实体冻干粉;1 为标尺 50 μm 的扫描电镜图;2 为标尺 10 μm 的扫描电镜图;3 为标尺 5 μm 的扫描电镜图。

Note: a, the baking powder of *P. ferulae*;b, the freeze drying powder of *P. ferulae*; 1, SEM micrograph (50 μm); 2, SEM micrograph (10 μm); 3, SEM micrograph (5 μm).

图 3 阿魏菇的细胞组织结构扫描电镜示意图

Fig. 3 Cellular structure of *P. ferulae* by scanning electron microscope

2.5 阿魏菇生物活性成分的初步鉴定结果

分别对阿魏菇子实体冻干粉冷水提取液、热水提取液、乙醇提取液、酸性乙醇提取液及石油醚提取液进行化学鉴别试验,试验结果见图4~7及表2。

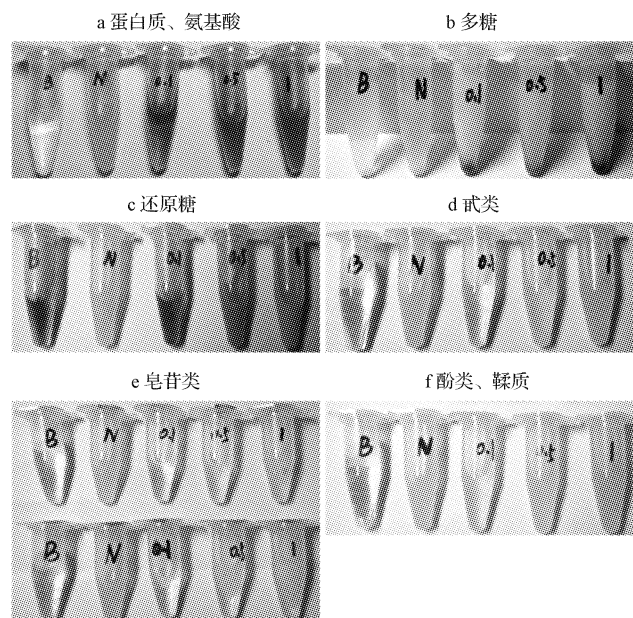


图4 阿魏菇冷水提取液中活性成分的初步鉴定结果

Fig. 4 Characterization of active components of the cold water extracts

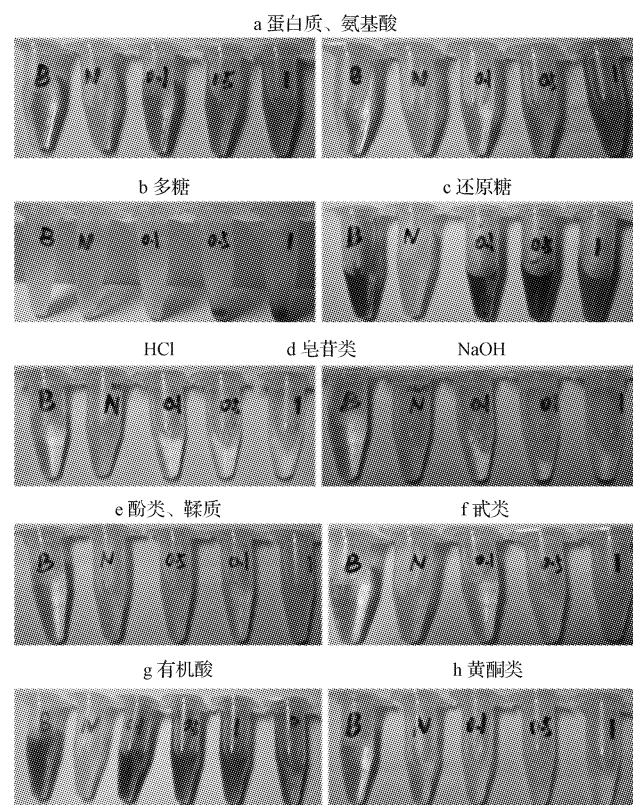


图5 阿魏菇热水提取液中活性成分的初步鉴定结果

Fig. 5 Characterization of active components of the hot water extracts

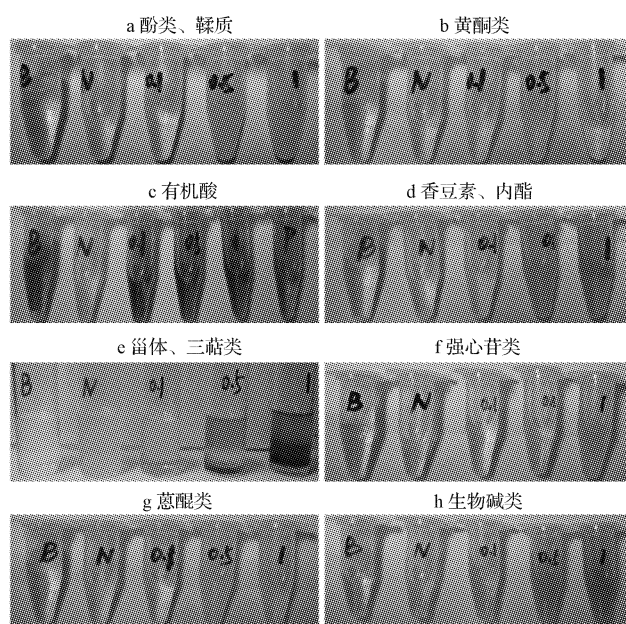
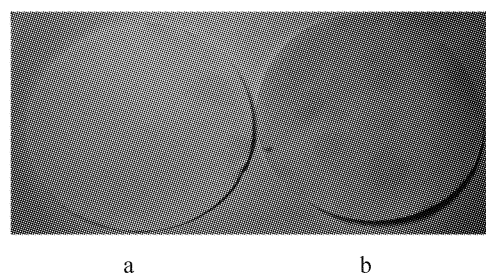


图6 阿魏菇乙醇及酸性乙醇提取液中活性成分的初步鉴定结果

Fig. 6 Characterization of active components of entanol and acidulous entanol extracts



注:a 挥发油、油脂,b 甾醇、三萜类。

Note:a, volatile oils, fats; b, seroids, triterpenoids.

图7 阿魏菇石油醚提取液中活性成分的初步鉴定结果

Fig. 7 Characterization of active components of petroleum ether extracts

3 结论与讨论

该研究表明,不同干燥方式对阿魏菇子实体色泽、失重率影响不同。热风干燥虽干燥时间短,但阿魏菇因温度的作用,色泽偏黄,可能发生了糖化现象,切片边缘呈收缩状态;真空干燥的阿魏菇切片色泽鲜亮,保持了原有色泽;自然干燥的阿魏菇由于长时间的放置于空气中,褐变及酶作用严重,色泽失去原有状态。以色泽表现可基本判断3种干燥方式的优良,真空冷冻干燥方式的样品最佳。通过失重率的测定证明了真空冷冻干燥的样品完整性较好,扫描电镜的结果进一步证明热风干燥对阿魏菇子实体细胞组织结构破坏较大,这必将对组分的功能活性产生影响,真空冷冻干燥可较好的维

表 2 不同溶剂的阿魏菇提取液所含主要成分

Table 2 The active components of different extracts from *Pleurotus ferulae*

提取液 Extraction	成分 Components	预试反应 Chemical preliminary examination	结果 Results
冷水提取液	蛋白质、氨基酸	茚三酮反应	+
	多糖类	α -萘酚试验	+
	还原糖	费林反应	+
	酚类、鞣质	氯化铁试验	—
	甙类	浓氨水反应	—
	皂苷类	泡沫试验	+
热水提取液	蛋白质、氨基酸	双缩脲试验/茚三酮反应	+
	多糖类	α -萘酚试验	+
	还原糖	费林反应	+
	酚类、鞣质	氯化铁试验	—
	甙类	浓氨水反应	—
	皂苷类	泡沫试验	+
	有机酸	溴酚蓝试验	—
	黄酮类	盐酸-镁粉试验	—
	酚类、鞣质	氯化铁试验	—
	黄酮类	盐酸-镁粉试验	—
乙醇提取液	有机酸	溴酚蓝试验	+
	香豆素类、内酯	重氮盐试验	+
	甾体、三萜类	氯仿-浓硫酸反应	+
	强心苷	Kedde 反应	+
酸性乙醇提取液	蒽醌类	醋酸镁试验	+
	生物碱	磷钼酸试验	+
石油醚提取液	甾体、三萜类	喷洒磷钼酸试剂试验	+
	挥发油、油脂	滤纸检测	+

注：“+”表示阳性，“—”表示阴性。

Note: ‘+’ is positive, ‘—’ is negative.

持样品细胞组织结构完整有序的排列,与相关研究结果相同^[28-29]。研究发现一些干燥方式会造成样品组织不可逆性的损伤^[30],表明干燥方式的选择对植物或食品的组织、活性具有重要意义。但真空冷冻干燥耗能过大,比较适合小规模开发或科研方面使用。从对设备的要求、经济效益出发,热风干燥最宜。在干燥工艺中,考察样品优良的参数很多,如风味、水分、糖含量、失水率以及复水性等^[31-34],因此还需要对干燥的多种参数进行研究验证,以便选择一种耗能低、简便、较好维持样品物理和化学属性的干燥加工工艺。

植物、食品或中草药中化学成分多而复杂,在研究物质活性之前,应通过系统预试验法初步了解其样品所含化学成分种类,可为提取分离活性组分及功能活性的研究起到指示性作用,该研究通过试管反应法对阿魏菇冷水、热水、乙醇、酸性乙醇及石油醚提取液进行化学成分预试验,初步鉴定冷水提取液中可能含有蛋白质、氨基酸、多糖、还原糖、皂苷类化合物,除蛋白质、糖类含量有所减少外,热水提取液中活性成分与其相一致;乙醇提取液中可能含有有机酸、香豆素、内酯、甾体或三萜类化合物、强心苷类、蒽醌类及生物碱类;石油醚提取液中

可能含有油脂、甾醇或三萜类化合物,初步鉴定阿魏菇可能含有的生物活性成分并发现不同溶剂处理的提取液所含活性成分不同。但仍需要进行色谱分离、光谱鉴定等试验,确定阿魏菇的单体化合物,以便为其活性成分的研究提供参考。

参考文献

- [1] 肖辉,张月明,刘岳强,等.阿魏菇对氢化可的松处理大鼠免疫调节作用的研究[J].预防医学论坛,2006,12(2):177-181.
- [2] 赵祁,肖杰,王勤.阿魏菇对小鼠免疫功能的影响[J].中国食用菌,2001,20(1):43-45.
- [3] GONG Y, WANG Q. Effect of *pleurotus ferulae* extracts on immune function of tumor bearing mice [J]. Journal of Gansu Lianhe University(Natural Sciences), 2008, 22(2): 65-67.
- [4] 郑琳,蒲训,毕玉蓉.白阿魏侧耳子实体抗氧化活性的研究[J].中国食用菌,2003,22(1):23-25.
- [5] 李永泉,吴炬,花立明,等.白阿魏菇菌丝体多糖(CPNMP)的药理作用[J].西北民族大学学报,2004,25(52):244.
- [6] 田金强,朱克瑞,李新明,等.阿魏菇多糖的抗氧化功能及其对果蝇寿命的影响[J].食品科学,2006,27(4):223-225.
- [7] 李永泉,吴炬,花立明,等.白阿魏菇菌丝体多糖(PNMP)体外抗氧化活性[J].兰州大学学报,2003,39(6):70-73.
- [8] ALAM N, YOON K N, LEE J S, et al. Consequence of the antioxidant activities and tyrosinase inhibitory effects of various extracts from the fruiting bodies of *Pleurotus ferulae* [J]. Saudi J Biol Sci, 2012, 19(1): 111-118.
- [9] FERANADES A, ANTONIO A L, OLICEIRA M B, et al. Effect of gamma and electron beam irradiation on the physicochemical and nutritional properties of mushrooms: a review [J]. Food Chem, 2012, 135(2): 641-50.
- [10] 纪卫政.阿魏菇粗提取物抗辐射试验研究[D].乌鲁木齐:新疆医科大学,2006.
- [11] SONG X H, ZHANG Y M, WANG H. Regulation of P53 and fas gene expressions with *pleurtes sapidus* in different types of tumor cells [J]. Chin J Dis Control Prev, 2003, 7(4): 297-300.
- [12] LV H, KONG Y, YAO Q, et al. Nebrodeolysin, a novel hemolytic protein from mushroom *Pleurotus nebrodensis* with apoptosis inducing and anti-HIV-1 effects [J]. Phytomedicine, 2009, 16: 198-205.
- [13] XIAO H, ZHANG Y M, GU D T, et al. Effect of *Pleurotus sapidus* extract on 5-Fu chemotherapeutic function [J]. Carcinogenesis, Teratogenesis-sandmutagenesis, 2007, 19(1): 59-63.
- [14] 肖辉,张月明,张琰,等.阿魏菇提取物抗肿瘤作用的试验研究[J].疾病控制杂志,2006,10(4):331-335.
- [15] WANG W L, CHEN K X, LIU Q, et al. Suppression of tumor growth by *Pleurotus ferulae* ethanol extract through induction of cell apoptosis, and inhibition of cell proliferation and migration [J]. PLoS One, 2014, 9(7): e102673.
- [16] ALAM N, YOON K N, LEE T S. Antihyperlipidemic activities of *Pleurotus ferulae* on biochemical and histological function in hypercholesterlemic rats [J]. J Res Med Sci, 2011, 16(6): 776-786.
- [17] MYAZAWA N, OKAZAKI M, OHGA S. Antihypertensive effect of *Pleurotus nebrodensis* in spontaneously hypertensive rats [J]. Joleo Sci, 2008, 57(12): 675-681.
- [18] GUINÉ R P, BARROCA M J, GONCALVES F J, et al. Artificial neural network modelling of the antioxidant activity and phenolic compounds of bananas submitted to different drying treatments [J]. Food Chem, 2015, 168: 454-459.

- [19] SHUKLA B D, SINGH S P. Osmo-convective drying of cauliflower, mushroom and green pea [J]. J Food Eng, 2006, 80(2): 741-747.
- [20] GUINÉ R P F. Influence of drying method on some physical and chemical properties of pears [J]. International Journal of Fruit Science, 2011, 11(3): 245-255.
- [21] ALVES-FILHO O. Combined innovative heat pump drying technologies and new cold extrusion techniques for production of instant foods [J]. Dry Technol, 2002, 20: 1541-1557.
- [22] COLAK N, HEPBASLI A. A review of heat-pump drying (HPD): Part 2-Applications and performance assessments [J]. Energy Convers Manag, 2009, 50: 2187-2199.
- [23] COIMBRA M A, NUNES C, CUNHA P R, et al. Amino acid profile and Maillard compounds of sun-dried pears: Relation with the reddish brown colour of the dried fruits [J]. European Food Research and Technology, 2011, 233(4): 637-646.
- [24] GUINÉ P F, PINHO S, BARROCA M J. Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*) [J]. Food and Bioproducts Processing, 2011, 89(4): 422-428.
- [25] AHMAD-QASEM M H, CUNOVAS J, BARRAJON-CATALON, et al. Kinetic and compositional study of phenolic extraction from olive leaves (var. Serrana) by using power ultrasound [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2013, 17: 120-129.
- [26] RATTI C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review [J]. J Food Eng, 2001, 49: 311-319.
- [27] WALDE S G, VELU V, JYOTHIRMAYI T, et al. Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of mushroom [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 74: 108-115.
- [28] KADAM D M, SAMULE D V K, CHANDRA P, et al. Impact of processing treatments and packaging material on some properties of stored dehydrated cauliflower [J]. Int J Food Sci Technol, 2008, 43: 1-14.
- [29] NEGI P S, ROY S K. Effect of drying conditions on quality of green leaves during long term storage [J]. Food Res Int, 2001, 34: 283-287.
- [30] GUPYA M K, SEHGAL V K, ARORA S. Optimization of drying process parameters for cauliflower drying [J]. J Food Sci Technol, 2013, 50(1): 62-69.
- [31] SINGH S K, NARAIN M, KUMBHAR B K. Effect of drying air temperatures and standard pretreatments on the quality of fluidized bed dried button mushroom (*Agaricus bisporus*) [J]. Indian Food Packer, 2001, 55(5): 82-86.
- [32] HOUICHER A L, KULEY E, BENDEDDOUCHE B, et al. Effect of *Mentha spicata* L. and *Artemisia campestris* extracts on the shelf life and quality of vacuum-packed refrigerated sardine (*Sardina pilchardus*) fillets [J]. J Food Prot, 2013, 76(10): 1719-1725.
- [33] MUDGAL V D, PANDEY V K. Thin layer drying kinetics of bittergourd [J]. J Food Sci Technol, 2009, 46(3): 236-239.
- [34] EREN I, KAYMAK-ERTEKIN F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology [J]. J Food Eng, 2007, 79: 344-352.

Optimization of Drying Process and Characterization of Active Components of *Pleurotus ferulae*

WANG Weilan¹, CHEN Kaixu¹, MA Ji¹, MA Zhenghai¹, ZHANG Fuchun¹, ZHENG Xiufen^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Biological Resources and Genetic Engineering/College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046; 2. Department of Pathology, Western University, London, Canada N6A 5A5; 3. Lawson Health Research Institute, London, Canada N6A 5A5)

Abstract: In order to optimize the best drying method and identify active components from *P. ferulae*, the fruit bodies from *P. ferulae* in Xinjiang were used as experimental materials and treated by three different drying technologies, which were hot air drying, vacuum freeze drying and natural drying, the fruit bodies were dealt by drying process. Then, we primarily detected and identified the bioactive components of the fruit body from *P. ferulae* in different solvents using preliminary examination test. The results showed that vacuum freeze drying treatment had little influence on cellular structure of *Pleurotus ferulae*, while hot air drying treatment damaged deeply on cellular structure, drying process provided an effective way of storing sample for follow-on experiment. The *Pleurotus ferulae* extracts mainly contained protein, polysaccharide, terpenoids, alkaloids, saponins and other substances and different extracts contained different bioactive components. It would provide significant guiding for effective storage and extraction of *P. ferulae*.

Keywords: *P. ferulae*; drying process; optimization; active components; characterization