浙 江 农 林 大 学 学 报，2015，**32**(1)：11 - 17
Journal of Zhejiang A & F University
doi:10.11833/j.issn.2095-0756.2015.01.002

浸提处理对竹粉霉变性能的影响

刘彬彬[1]，张绍勇[2]，周月英[1]，林家羽[1]，孙芳利[1]

(1. 浙江农林大学 工程学院，浙江 临安 311300；2. 浙江农林大学 林业与生物技术学院，浙江 临安 311300)

摘要：为了研究竹材抽提物对竹粉霉变性能的影响，以冷水、热水、V(乙醇):V(乙醚)=1:1，V(苯):V(乙醇)=1:1，质量分数 10 $g \cdot kg^{-1}$ 盐酸(HCl)和 10 $g \cdot kg^{-1}$ 氢氧化钠(NaOH)溶液超声浸提处理后的竹粉为研究对象，测试了常见霉菌木霉 *Trichoderma viride*，青霉 *Penicillium citrinum* 和黑曲霉 *Aspergillus niger* 等对其侵染能力。结果表明：用冷水、热水、醇/醚、苯/醇浸提后的竹粉试样对木霉、青霉和黑曲霉的防治效果均较低，与对照材相当；10 $g \cdot kg^{-1}$ 盐酸和 10 $g \cdot kg^{-1}$ 氢氧化钠处理后竹材对以上 3 种霉菌的抵抗能力较强，其中 10 $g \cdot kg^{-1}$ 盐酸处理竹粉防霉效果最好。通过红外光谱分析浸提后的竹粉，发现表征多糖、木质素、半纤维素等成分的特征峰发生了改变。通过液相色谱分析浸提液中的糖分，发现除醇/醚浸提液外其他浸提液中葡萄糖与木糖总含量相差不大，但防霉效果相差很大，说明除了可溶性糖以外，竹粉中的其他成分对霉菌的生长和繁殖也有一定影响。图 5 表 2 参 19

关键词：木材科学与技术；竹粉；超声处理；溶剂浸渍；霉变性能

中图分类号：S782.33　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2095-0756(2015)01-0011-07

Mildew in bamboo flour treated with different solvents

LIU Binbin[1], ZHANG Shaoyong[2], ZHOU Yueying[1], LIN Jiayu[1], SUN Fangli[1]

(1. School of Engineering, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To study the influence of bamboo extracts on mold properties of bamboo, bamboo flour was extracted using ultrasound with cold water, hot water, benzene/ethanol, ethanol/ether, 10 $g \cdot kg^{-1}$ NaOH, and 10 $g \cdot kg^{-1}$ HCl. The extracted bamboo flour was then used to conduct mold resistance tests against *Trichoderma viride*, *Penicillium citrinum* and *Aspergillus niger*. Results showed that bamboo flour treated with cold water, hot water, benzene/ethanol, or ethanol/ether had similar resistances; whereas when treated with 10 $g \cdot kg^{-1}$ NaOH and especially 10 $g \cdot kg^{-1}$ HCl, the results were much better than the controls, the mold did not grow. The FTIR analysis of extracted bamboo flour showed that the characteristic peaks of polysaccharides, lignin, and hemicellulose had changed. The HPLC analysis of the sugar in bamboo and in ethanol/ether extracts showed that glucose and xylose contents were similar, but the antifungal effects were different. Thus, in addition to soluble sugars, other bamboo powder ingredients probably had some influence on fungal growth and reproduction. [Ch, 5 fig. 2 tab. 19 ref.]

Key words: wood science and technology; bamboo flour; ultrasonic treatment; immersion tests; mildew performance

---

收稿日期：2014-03-26；修回日期：2014-06-11

基金项目：国家自然科学基金资助项目(31470587)；浙江省木材加工产业创新团队资助项目(2012R10023-15)；浙江省重大科技创新平台成果转化推广计划项目(2011E61009)；浙江农林大学研究生科研创新基金资助项目(3122013240251)

作者简介：刘彬彬，从事木材化学改性与保护研究。E-mail：lbb709218533@163.com。通信作者：孙芳利，教授，博士，从事木材保护与改性研究。E-mail：sun-fangli@163.com

毛竹 *Phyllostachys edulis* 在世界竹林中约占 70%，是世界上应用最广泛最重要的经济竹类[1]。如果不加以保护，毛竹材很容易发生霉变，特别易受木霉 *Trichoderma viride*，青霉*Penicillium citrinum* 和黑曲霉 *Aspergillus niger* 等的侵染而变色[2-6]，降低其使用价值。因此，有必要对竹材进行防霉研究。竹干由 45%~55%的薄壁细胞组成[7]，这些薄壁细胞充满了营养物质淀粉(20~60 g·kg^{-1})，糖(20 g·kg^{-1})，蛋白质(15 ~60 g·kg^{-1})，脂肪(20~40 g·kg^{-1})等，即使在老的竹干中也是如此[8-9]。这些营养成分，尤其是糖和淀粉，被认为是导致竹材腐朽和霉变的主要因素。有研究者研究了游离葡萄糖或淀粉的含量与腐朽菌的生存之间的关系，表明腐朽菌的侵入与淀粉含量无关，但受到游离葡萄糖的影响[10]。将新砍伐的竹材在流水中浸泡是竹材加工企业广泛使用的防霉方法。采用不同溶剂可以抽提出竹材中的不同成分。竹材中冷水抽提物主要成分为单糖、低聚糖、少量的单宁、氨基酸、可溶性色素、盐和无机盐等。热水抽提物中除了冷水抽提物外还含有淀粉、树胶以及其他多糖。10 g·kg^{-1} 氢氧化钠(NaOH)抽提物主要包括单宁、色素、生物碱、可溶性矿物成分、糖类、淀粉、果胶质、蛋白质、氨基酸、部分半纤维素和木质素、一些油脂和精油等。10 g·kg^{-1} 盐酸(HCl)抽提物和 10 g·kg^{-1} 氢氧化钠抽提物相似，除了这些物质还有蜡、脂肪和树脂。苯/醇，醇/醚抽提物主要含有少量的脂肪、蜡、树脂、精油、单宁、色素和脂肪酸等[11-14]。为了阐明竹材成分尤其是抽提成分对竹材霉变性能的影响，孙芳利等[15-16]采用不同溶剂浸提竹材，研究了浸提后竹材的霉变性能，发现用冷水、热水、苯/醇或醇/醚等处理的竹材对 3 种测试菌的抑制性能相当。用 10 g·kg^{-1} 氢氧化钠和 10 g·kg^{-1} 盐酸处理过的竹块有效地抵制了 3 种测试霉菌。由于竹材的特殊解剖构造，药剂较难进入竹材内部，因此，采用竹片浸提处理很难充分抽提竹材中的相关成分。据报道，超声处理可以提高竹材渗透性[17-19]。为了进一步证实竹材中抽提成分对其霉变性能的影响，本研究以竹粉为原料，采用超声浸提得到不同溶剂处理后的竹粉，测试其防霉性能和化学成分的变化，并通过分析浸提液的糖含量进一步深入研究竹材霉变机制，为新型环保型竹材防霉剂和防霉技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试材 采自浙江省临安市三口镇 4 年生新鲜毛竹，剖开后将竹肉部分加工成竹粉。

1.1.2 菌种 木霉 *Trichoderma viride*，青霉 *Penicillium citrinum* 和黑曲霉 *Aspergillus niger* 等取自浙江农林大学微生物室，从自然霉变的竹材上直接分离，经纯化培养，并反复接种试验和显微镜检测鉴定。

1.1.3 试剂 浸提试剂：冷水、热水、V(乙醇):V(乙醚)=1:1，V(苯):V(乙醇)=1:1，10 g·kg^{-1} 氢氧化钠和 10 g·kg^{-1} 盐酸。

1.2 方法

1.2.1 试样准备 竹粉在 60 ℃电热鼓风恒温干燥箱中烘至绝干，筛选出粒径为 20~60 目的竹粉。将竹粉分别置于 400 mL 烧杯中，25 g·组$^{-1}$，进行编号。试样编号及处理方式如表 1 所示。

1.2.2 试样浸提处理 配制出上述药剂并将其置入已编号的竹粉中，使药剂完全浸没竹粉，将烧杯放入 KQ-500E 型医用超声波清洗器中按照表 1 的处理工艺进行超声处理。每次超声处理后用循环水式多用真空泵进行抽滤处理，重复操作 3 次，收集各次浸提处理的浸提液，并置于 100 mL 容量瓶中。Ⅴ组和Ⅵ组试材超声浸提处理结束后需在离心沉淀机用蒸馏水多次离心洗涤处理，直至其 pH 7。试材超声浸提处理后，自然冷却风干7 d。称取 2 g 竹粉置于内径为 9 cm 的培养皿中，用移液枪把 2 mL 去离子

表 1 超声处理工艺

Table 1 Ultrasonic treatment

编号	处理方式	t/min	超声次数/次	T/℃	P/W
Ⅰ	冷水	30	3	25	500
Ⅱ	热水	30	3	80	500
Ⅲ	10 g·kg^{-1} 氢氧化钠	30	3	25	500
Ⅳ	10 g·kg^{-1} 盐酸	30	3	25	500
Ⅴ	10 g·kg^{-1} 氢氧化钠+水洗	30	3	25	500
Ⅵ	10 g·kg^{-1} 盐酸+水洗	30	3	25	500
Ⅶ	V(乙醇):V(乙醚)= 1:1	30	3	25	500
Ⅷ	V(乙醇):V(苯)= 1:1	30	3	25	500
Ⅸ	对照				

说明：10 g·kg^{-1} 盐酸的 pH 0.58；10 g·kg^{-1} 氢氧化钠的 pH 12.33。

水注入其中，覆上培养皿盖，将其堆叠后用多层纱布包好，放置于蒸汽灭菌器中，压力设定为 0.1 MPa，温度为 121 ℃，灭菌时间 30 min。

1.2.3　试样接种培养　①马铃薯葡萄糖琼脂平板培养基制备。将去皮 200 g 马铃薯洗净并切成小块，加入 1 000 mL 水并煮沸， 约 30 min 后过滤，在得到的过滤液中加入 20 g 葡萄糖、20~25 g 琼脂，加水至 1 000 mL，再加热到琼脂溶化，分装在 3 个 500 mL 细口三角瓶内，瓶口用塞子塞住，同时包上防水纸，将其放置在蒸汽灭菌器中灭菌 30 min，压力设定为 0.1 MPa，温度为 121 ℃。灭菌后，将培养基先放在无菌室或超净台上冷却，不烫手时倒入已灭菌的直径为 10 cm 的培养皿中，每个培养皿倒入 15 ~20 mL，制成培养基备用。②试菌的培养与活化。在无菌条件下，将供试菌接种于之前做好的平板培养基上，各种试菌不少于 3 个培养皿。接好后将其置于培养箱中保持 25~28 ℃，相对湿度(85±5)%，培养 1 周。③试样接菌与培养。用接种打孔器将试菌连同培养基打出直径为 10 mm 的圆形菌块。用镊子挑取菌块将其置于培养皿中心，用专用封口膜进行密封处理。接种后立即放入电热恒温培养箱内培养，为保证菌块有良好的生长环境，培养箱相对湿度调高至(85±5)%，温度保持 25~28 ℃。④试验结果评定。接菌培养后 24 h 起，用菌落统计/显微细胞分析仪成像分析法实现自动计数，如图 1，以菌块生长圈大小来评定防霉效果。生长圈越大防霉效果越差，相反，越小防霉效果越好。

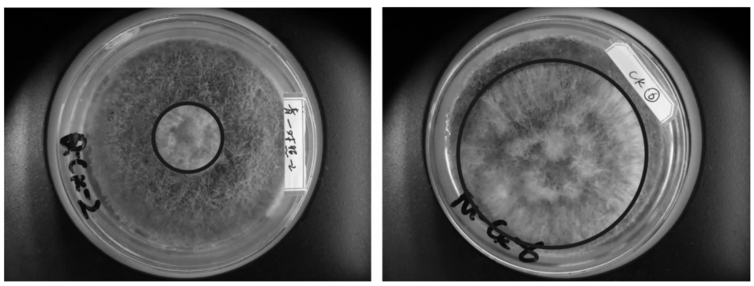

图 1　菌落统计/显微细胞分析仪下菌块生长圈直径的测量

Figure 1　Bacterial circle diameter measurement under colony count/microscopic cell analyzer

2　结果与分析

2.1　不同超声浸提处理方法对霉菌的影响试验

2.1.1　不同超声浸提处理方法对木霉的影响　经不同超声浸提处理后竹粉上木霉菌块的生长情况如图 2 所示。从图 2 可知：对照试样在接种后木霉侵染速度较快，第 4 天菌块生长圈直径已达到最大。经 V(乙醇)∶V(苯)=1∶1，V(乙醇)∶V(乙醚)=1∶1 超声处理的竹粉与未处理对照组相似，接种后菌侵染速度快，分别于第 4 天和第5 天完全被菌丝覆盖。苯/醇抽提物主要成分为少量的脂肪、蜡、树脂、精油、甾醇、单宁、色素、脂肪酸等，醇/醚抽提物的主要成分为少量的脂肪、蜡、树脂、精油和甾醇等，说明这些抽提成分的变化对竹材霉变影响较小，同时说明竹材缺乏天然防木霉成分。经过冷水、热水超声处理的竹粉分别在接种后的前 4 d 和前 5 d 防霉效果较稳定，菌块在竹粉上的生长直径在 30%以下，但随后菌侵染速度剧增，达到最大值。冷水和热水能够将竹材中的单糖、低聚糖和少量单宁、氨基酸及水溶性色素、无机盐等溶出，而这些成分一直被认为是导致竹材霉变的主要原因。本实验表明：糖和淀粉等是霉菌可直接利用的营养成分，这些成分去除后，霉菌生长暂时受到抑制，推迟了竹材的霉变，但是防霉效果有限。由此推测：霉菌能够通过自身的作用改变竹材的化学成分，以利于其生长和繁殖。因此，有必要结合其他测试和分析手段进一步了

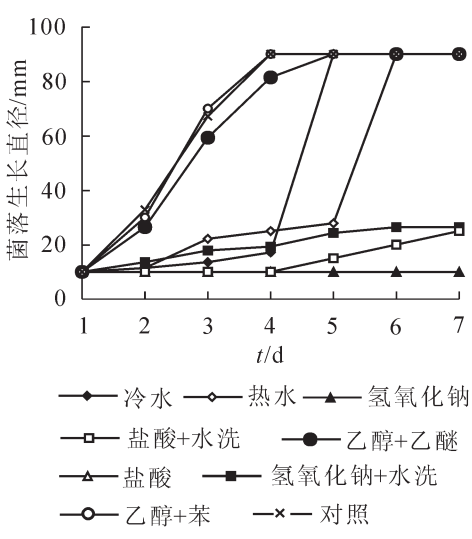

图 2　经不同超声浸提处理后竹粉上木霉的生长情况

Figure 2　Growth of *Trichoderma viride* on bamboo after ultrasonic extraction treatment

解霉菌的营养及霉菌对竹材的作用机制。经 10 g·kg^{-1} 氢氧化钠和 10 g·kg^{-1} 盐酸超声浸提处理的竹粉接种后的菌块生长圈直径一直保持为 10 mm，说明这 2 种处理方式对木霉的生长有抑制作用，防木霉效果最好。出现这一现象的原因可能是处理药剂改变了竹材的酸碱性，使其不适宜木霉的生长和繁殖。但是，10 g·kg^{-1} 氢氧化钠和 10 g·kg^{-1} 盐酸处理材用蒸馏水离心洗涤至 pH 7.00 后，竹粉防霉效果仍然较好，7 d 后菌块生长圈直径在 30 mm 以下。这一结果与文献报道的用竹片进行研究得到的结果一致[15-16]。说明 10 g·kg^{-1} 氢氧化钠或 10 g·kg^{-1} 盐酸浸提处理竹材后水洗与否均能有效抑制木霉的生长和繁殖。这一现象说明处理材的防霉效果主要与氢氧化钠或盐酸抽提物的种类有关，而这 2 种溶剂不仅能够将竹材中的可溶性糖和淀粉抽提出来，还能抽提出单宁、色素、生物碱、可溶性矿物及果胶质、蛋白质、氨基酸、部分半纤维素和木质素以及少量油脂和精油，而这些成分的去除提高了竹材的防霉性能。

2.1.2　*不同超声浸提处理方法对青霉的影响*　经不同超声浸提处理后竹粉上青霉菌块的生长情况如图 3 所示。由图 3 可知：对照试样在接种后第 5 天菌块生长圈直径已达到最大。经 V(乙醇):V(苯)=1:1，V(乙醇):V(乙醚)=1:1 超声浸提处理的竹粉防青霉效果略高于对照，说明苯/乙醇和乙醇/乙醚抽提物中有少量青霉菌喜食的营养物质，抽提处理后，竹材防青霉效果提高。经冷水超声浸提处理的竹粉在接种后第 3 天青霉菌开始生长，但增长速度缓慢，第 7 天菌块生长圈直径为 31.81 mm。经过其他方式浸提处理的竹粉接种菌块后生长圈直径一直保持为 10.00 mm 不变，说明冷水、热水、盐酸和氢氧化钠的抽提物中均含有青霉菌所需营养，去除这些营养后青霉菌难以生长和繁殖。与木霉菌相比，青霉菌在冷水和热水浸提过的竹材上的适应能力更差，而且也很难通过自身的活动改变竹材表面营养以适应自己的生长和繁殖。

2.1.3　*不同超声浸提处理方法对黑曲霉的影响*　经不同超声浸提处理后竹粉上黑曲霉菌块的生长情况如图 4 所示。由图 4 可知：冷水、热水、V(乙醇):V(乙醚)(1:1)，V(乙醇):V(苯)(1:1)超声浸提处理试样和对照试样受黑曲霉菌侵染速度相似，说明这 4 种方法处理的竹粉防黑曲霉效果均不佳。10 g·kg^{-1} 盐酸超声浸提处理的竹粉试样的防黑曲霉效果依然最好，接种后的菌块生长圈直径一直保持为 10 mm。但经 10 g·kg^{-1} 盐酸处理后并用蒸馏水离心洗涤多次至 pH 7.00 的竹粉试样在接种后的第 4 天黑曲霉快速增长，第 5 天菌块生长圈直径也达到最大。出现这一现象的可能原因有 2 个：一是处理材 pH 值较低，不适于黑曲霉的生长和繁殖，二是盐酸抽提物中含有黑曲霉赖以生长的营养元素，去除后黑曲霉需要较长时间才能重新获得或者适应。水洗中和后的盐酸处理材在有效抑制黑曲霉 4 d 后迅速生长繁殖即能初步说明这一推测。经过 10 g·kg^{-1} 氢氧化钠超声浸提的竹粉试样经蒸馏水离心洗涤与否对黑曲霉的抵抗能力相当，试样接种后的第 5 天菌块生长圈直径均达到最大，出现这一现象有 2 种可能性：一是黑曲霉对

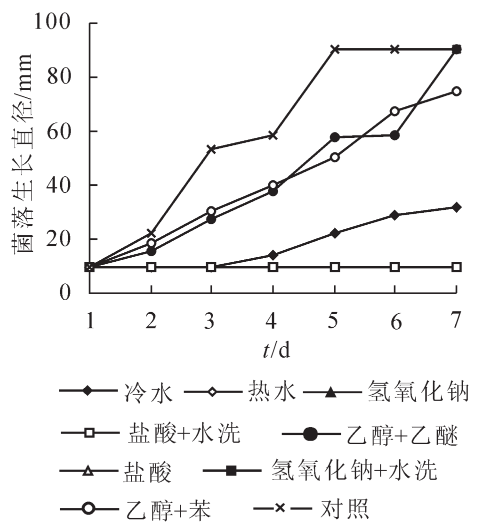

图 3　经不同超声浸提处理后竹粉上青霉的生长情况

Figure 3　Growth of *Penicillium citrinum* on bamboo after ultrasonic extraction treatment

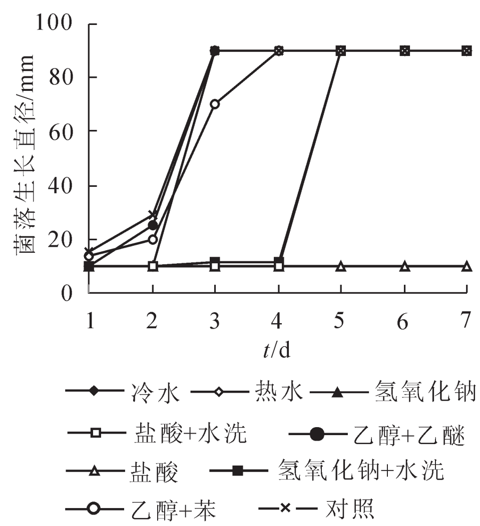

图 4　经不同超声浸提处理后竹粉上黑曲霉的生长情况

Figure 4　Growth of *Aspergillus niger* on bamboo after ultrasonic extraction treatment

碱性环境适应能力比酸性环境强。另一种可能性是氢氧化钠浸提对黑曲霉的抑制作用不是来源于处理材的偏碱性，而主要来源于竹材浸提成分的改变，或者竹材化学成分的改变。比较氢氧化钠浸提处理和盐酸浸提处理，可以看出，后者处理材防霉效果明显高于前者。

2.2 红外光谱测试

由于经过盐酸和氢氧化钠处理后的竹粉对霉菌抵抗能力较强，且浸提后水洗中和与否防霉效果均较好，因此，选取这 2 种处理后的竹粉进行红外光谱测试，研究处理材化学成分的变化，实验结果如图 5 所示。

由图 5 可知：竹材经盐酸和氢氧化钠浸提后 3 376 cm^{-1} 处羟基的吸收峰略向高频移动，峰形尖锐。说明部分羟基从缔合状态转为游离状态。表征多糖和木质素复合体的 C═O 伸缩振动 1 735 cm^{-1} 峰明显减小，甚至消失，说明经过盐酸和氢氧化钠浸提处理后半纤维素可能降解，复合体中酯键断裂。表征木质素苯环结构 1 602 cm^{-1} 处的吸收峰强度明显减弱，1 371 cm^{-1} 处非醚化的酚羟基消失，在 1 380 cm^{-1} 处出现了 1 个中强峰 C—O 对称伸缩振动，说明木质素可能发生了改变。1 249 cm^{-1} 处木质素酚醚键 C—O—C 伸缩振动的明显减弱也说明木质素发生了改变。

2.3 高效液相色谱分析

将不同溶剂浸提过竹粉的溶液定容至 1 000 mL，利用高效液相色谱分析仪测定溶液中葡萄糖和木糖的含量。根据计算得出，100 g 竹粉中浸提出葡萄糖和木糖的量如表 2 所示。比较以上数据可知，苯/醇浸提液中 2 种糖含量为 0，盐酸浸提液中葡萄糖与木糖均最高，分别为 1.995 g 和 2.638 g，特别是木糖含量明显高于其他浸提方式。而经盐酸浸提后的竹粉防霉性能较好，可能与这 2 种糖被浸提出来有一定关系。氢氧化钠能较好地将葡萄糖提取出来，但对木糖浸提效果较差，其防霉效果仅次于盐酸处理材。冷水和热水也能将葡萄糖和木糖浸提出，而且浸出量与盐酸相当，但防霉效果远低于盐酸和氢氧化钠浸提材。由此看来，除了可溶性糖以外，竹粉中的其他成分对霉菌的生长和繁殖也有一定影响。

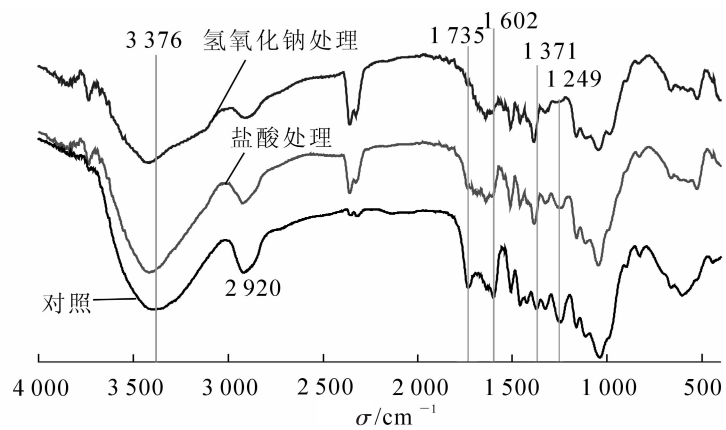

图 5　经不同超声浸提处理后竹粉红外光谱分析

Figure 5　FTIR analysis on bamboo after ultrasonic extraction treatment

表 2　100 g 竹粉中浸提出葡萄糖和木糖的量

Table 2　Mass of glucose and xylose in leaching liquor of 100 g bamboo powder

糖分	不同浸提液中葡萄糖和木糖的量/g					
	冷水	热水	盐酸	氢氧化钠	苯/乙醇	乙醇/乙醚
葡萄糖	1.583	1.722	1.995	1.676	1.628	0.000
木糖	2.193	2.249	2.638	1.181	0.782	0.000
合计	3.776	3.971	4.633	2.857	2.410	0.000

3 结论

经过 10 g·kg^{-1} 盐酸超声浸提处理的竹粉试样对木霉、青霉及黑曲霉的防治效果最好，盐酸处理竹粉用蒸馏水洗涤与否对青霉防治效果影响不大，对木霉略有影响，对黑曲霉的影响最为明显。10 g·kg^{-1} 氢氧化钠处理竹粉对木霉和青霉的抑制效果与 10 g·kg^{-1} 盐酸处理的竹粉相当，均较好，但对黑曲霉的防治效果较差。而且，氢氧化钠浸提处理的竹粉洗涤与否，对黑曲霉的抑制作用均较差。

经醇/醚和醇/苯这 2 种方法超声浸提处理后的竹粉仅对青霉菌抑制作用高于对照，对木霉和黑曲霉几乎不具备防霉效果，与未经任何处理的对照竹粉防霉效果相当，说明这 2 种溶剂的抽提物可能不具有防霉成分，也不具有霉菌喜食的营养物质。

冷水和热水处理竹粉的防霉效果表明，糖和淀粉等是霉菌可直接利用的物质，这些物质的去除对青霉菌的抑制作用较强，但对木霉和黑曲霉作用较弱。说明木霉和黑曲霉能够通过自身的作用迅速获取营养以供其生长和繁殖。

通过红外光谱分析浸提后的竹粉，可知表征多糖、木质素、半纤维素等成分的特征峰发生了改变。除醇/醚浸提液外其他浸提液中葡萄糖与木糖含量相差不大，但防霉效果相差很大，说明除了可溶性糖以外，竹粉中的其他成分对霉菌的生长和繁殖也有一定影响。

4 参考文献

[1] 徐斌，任海清，江泽慧，等. 竹类资源标准体系构建[J]. 竹子研究汇刊，2010，**26**(9)：6 – 10.
XU Bin，REN Haiqing，JIANG Zehui，*et al*. Standard system construction of bamboo resources [J]. *J Bamboo Res*, 2010, **26**(9): 6 – 10.

[2] 吴开云，翁月霞. 竹材霉腐类型及其与环境条件的关系[J]. 林业科学研究，2000，**13**(1)：63 – 70.
WU Kaiyun，WENG Yuexia. Bamboo mildew-rotting and its relation with environmental condition [J]. *For Res*, 2000, **13**(1): 63 – 70.

[3] 王文久，辉朝茂，陈玉惠，等. 竹材霉腐真菌研究[J]. 竹子研究汇刊，2000，**19**(4)：26 – 35.
WANG Wenjiu，HUI Chaomao，CHEN Yuhui，*et al*. A study for mold and rot fungi [J]. *J Bamboo Res*, 1999, **19**(4): 26 – 35.

[4] 王文久，辉朝茂，陈玉惠，等. 竹材的霉腐与霉腐真菌[J]. 竹子研究汇刊，2000，**19**(2)：40 – 43.
WANG Wenjiu，HUI Chaomao，CHEN Yuhui，*et al*. Mildew and rot of bamboo wood and mold funigi [J]. *J Bamboo Res*，2000，**19**(2): 40 – 43.

[5] 冉隆贤，吴光金，林雪贤. 竹材霉菌生理特性及防霉研究[J]. 中南林学院学报，1997，**17**(2)：14 – 19.
RAN Longxian，WU Guangjin，LIN Xuexian. Physiological characteristics of moulds infecting banboo wood and mould control [J]. *J Cent South For Univ*, 1997, **17**(2):14 – 19.

[6] YOKO O, TSUYOSHI Y, YUJI I. Seasonal and height-dependent fluctuation of starch and free glucose contents in moso bamboo （*Phyllostachys pubescens*） and its relation to attack by termites and decay fungi [J]. *J Wood Sci*, 2006, **52**(5): 445 – 451.

[7] 虞华强. 竹材材性研究概述[J]. 世界竹藤通讯，2003，**1**(4)：5 – 9.
YU Huaqiang. Study on property of bamboo culms [J]. *World Bamboo Rattan*, 2003, **1**(4):5 – 9.

[8] 鲁顺保，申慧，张艳杰，等. 厚壁毛竹的主要化学成分及热值研究[J]. 浙江林业科技，2010，**30**(1)：57 – 60.
LU Shunbao，SHEN Hui，ZHANG Yanjie，*et al*. Study on chemical composition and calorific values of *Phyllostachys edulis* cv. *pachyloen* [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2010, **30**(1): 57 – 60.

[9] 张齐生，关明杰，纪文兰. 毛竹材质生成过程中化学成分的变化[J]. 南京林业大学学报：自然科学版，2002，**26**(2)：7 – 10.
ZHANG Qisheng，GUAN Mingjie，JI Wenlan. Variation of moso bamboo chemical compositions during mature growing period [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2002, **26**(2):7 – 10.

[10] 任红玲，陆方，张禄晟，等. 腐朽过程中毛竹主要化学成分的变化[J]. 林产工业，2013，**40**(1)：52 – 54.
REN Hongling，LU Fang，ZHANG Lusheng，*et al*. Main chemical components changes of moso bamboo during decay [J]. *China For Prod Ind*, 2013, **40**(1): 52 – 54.

[11] 王文久，辉朝茂，刘翠，等. 云南 14 种主要材用竹化学成分研究[J]. 竹子研究汇刊，1999，**18**(2)：74 – 78.
WANG Wenjiu，HUI Chaomao，LIU Cui，*et al*. A study on the chemical compositions of 14 timber bamboo species in Yunnan Province [J]. *J Bamboo Res*, 1999, **18**(2): 74 – 78.

[12] LIESE W, KUMAR S. Bamboo preservation compendium [J]. *INBAR Technol*, 2003，**22**: 231.

[13] 江泽慧，于文吉，余养伦. 竹材化学成分分析和表面性能表征[J]. 东北林业大学学报，2006，**34**(4)：1 – 2, 6.
JIANG Zehui，YU Wenji，YU Yanglun. Analysis of chemical components of bamboo wood and characteristic of surface performance [J]. *J Northeast For Univ*, 2006, **34**(4): 1 – 2, 6.

[14] 苏文会，顾小平，马灵飞，等. 大木竹化学成分的研究[J]. 浙江林学院学报，2005，**22**(2)：180 – 184.
SU Wenhui，GU Xiaoping，MA Lingfei，*et al*. Study on chemical compositions of *Bambusa wenchouensis* wood

[J]. *J Zhejiang For Coll*, 2005, **22**(2): 180 – 184.

[15] 孙芳利，毛胜凤，文桂峰，等. 不同浸提处理后竹材的防霉性能[J]. 浙江林学院学报，2006，**23**(2)：135 – 139.
SUN Fangli，MAO Shengfeng，WEN Guifeng，*et al*. Anti-mold effects of bamboo timber treated with different solutions [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23**(2): 135 – 139.

[16] SUN Fangli，ZHOU Yueying，BAO Binfu，*et al*. Influence of solvent treatment on mould resistance of bamboo[J]. *Bio Resour*, 2011, **6**(2): 2091 – 2100.

[17] 郑文轩，吴胜举，杨瑛，等. 超声波在农业中的应用及前景展望[J]. 宁波农业科技，2008(1)：40 – 42.
ZHENG Wenxuan，WU Shengju，YANG Ying，*et al*. The application and prospect of ultrasound in agriculture[J]. *Ningbo Agric Sci Technol*, 2008(1): 40 – 42.

[18] 唐少楠，邓风. 超声波在水处理中的应用研究[J]. 西南给排水，2010, **32**(2)：29 – 33.
TANG Shaonan，DENG Feng. Study of ultrasonic in wastewater treatment [J]. *Southwest Water & Wastewater*, 2010, **32**(2): 29 – 33.

[19] 关明杰，周明明，雍宬. 超声对竹材营养物质及霉变的影响[J]. 竹子研究汇刊，2012，**31**(3)：13 – 15.
GUAN Mingjie，ZHOU Mingming，YONG Cheng. The influence of ultrasonic treatment on the nutrition content and anti-mold characteristics of bamboo [J]. *J Bamboo Res*， 2012, **31**(3): 13 – 15.

《浙江农林大学学报》荣获第 5 届中国高校优秀科技期刊奖

2014 年 11 月 11 日，第 5 届中国高校精品·优秀·特色科技期刊奖颁奖大会在广州举行，《浙江农林大学学报》荣获第 5 届中国高校优秀科技期刊奖。这是《学报》2006 年以来教育部科技司连续开展的 5 届中国高校精品·优秀·特色科技期刊奖评比活动中获得的第 5 个奖项，必将促进《学报》学术影响力和竞争力的进一步提升。

第 5 届中国高校精品·优秀·特色科技期刊奖评比活动，由教育部科技司发函(教技司[2014]117 号)，委托中国高校科技期刊研究会(国家一级学会)承办。现次评比评出中国高校精品科技期刊 49 种，中国高校优秀科技期刊 108 种，中国高校特色科技期刊(获奖期刊在学科领域、栏目建设有特色并具有较大影响)30 种。

教育部科技司希望各主办单位、编辑出版单位认真总结办刊经验，积极改革，勇于创新，不断提升高校科技期刊的整体实力，为创新我国科研成果发布和交流机制，推动高校科技期刊更好地服务与建设创新型国家做出新的贡献。

又：2014 年 6 月，《浙江农林大学学报》获 2011–2013 年度浙江省优秀科技期刊一等奖。

学报编辑部