

王悦,姜永红,张强,等.不同方式干燥对猴头菌营养成分含量及抗氧化活性的影响[J].江苏农业科学,2021,49(5):159-164.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.05.029

# 不同方式干燥对猴头菌营养成分含量及抗氧化活性的影响

王悦<sup>1</sup>,姜永红<sup>1</sup>,张强<sup>1</sup>,李美秋<sup>1</sup>,闫宝松<sup>2</sup>,郑健<sup>1</sup>

(1.东北林业大学生命科学学院,黑龙江哈尔滨 150040;

2.黑龙江省林副特产研究所/黑龙江省非木质林产品研发重点实验室,黑龙江牡丹江 157011)

**摘要:**以采摘于黑龙江省海林市的猴头菌为研究对象,分别使用自然干燥、加热鼓风干燥、真空低温干燥、真空加热干燥以及真空微波干燥方式将猴头菌制备成干燥样品,然后利用紫外可见分光光度计定量分析经不同干燥方式处理后制备的样品中黄酮、总酚、可溶性蛋白以及可溶性糖的含量。同时利用紫外可见分光光度计定量分析样品对自由基的清除活性进而评价经不同干燥方式处理后样品的抗氧化活性。结果表明:(1)60℃与70℃真空加热干燥处理的样品其黄酮含量显著高于通过其他干燥处理方式处理的样品。50℃加热鼓风干燥处理的样品的黄酮含量最低;60℃与70℃真空加热干燥处理的猴头菌其总酚含量显著高于通过其他干燥方式处理的样品。真空低温干燥处理的样品中总酚含量最低;可溶性蛋白含量由高到低依次为真空低温干燥、加热鼓风干燥、真空加热干燥、真空微波干燥。真空低温干燥处理的样品中可溶性糖含量显著低于其他处理,50℃真空加热干燥处理的样品中可溶性糖含量显著较高。(2)60℃真空加热干燥组的样品其水提物的1,1-二苯基-2-苦肟基自由基(DPPH)清除率较高,但是所有干燥处理样品的DPPH自由基清除能力均弱于维生素C。经过不同干燥方式处理的猴头菌样品其水提液对2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸自由基(ABTS)清除率较维生素C均相对较高。以上结果表明不同的干燥方式会对猴头菌中营养成分含量及抗氧化能力造成影响。

**关键词:**猴头菌;干燥方式;紫外可见分光光度法;营养成分;抗氧化

**中图分类号:**TS255.36 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)05-0159-05

猴头菌(*Hericium erinaceus*)属真菌门担子菌亚门猴头科猴头属,是一种珍贵的药食兼用菌。猴头菌具有较高的营养与保健价值,富含多糖、甾醇、酚类、萜类等多种活性物质,具有提高免疫力、增强肿瘤治疗效果以及抗衰老等多种保健作用<sup>[1]</sup>。近年来研究人员对于猴头菌的研究,多集中于其生物学特征、栽培技术及活性物质的药理作用方面。而对于后加工处理对猴头菌营养成分造成的影响鲜有研究。

人体持续不断地与外界接触,由于呼吸、外界污染、放射线照射等因素在人体体内不断地产生自由基。研究表明,衰老、癌症或某些疾病大都与过量自由基的产生有关联<sup>[2-4]</sup>。研究抗氧化可以有效

地克服自由基所带来的危害,所以保健品、化妆品企业将抗氧化能力列为主要的研发方向之一,也是市场最重要的功能性诉求之一。本研究对几种干燥处理后的猴头菌样品水提取液营养成分及自由基清除能力进行比较,旨在为猴头菇产品的后加工处理提供一定的理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

新鲜猴头菌样品采自黑龙江省牡丹江市海林市土砬子村菇棚。

本试验所用的药品与试剂包括一水合·没食子酸、1,1-二苯基-2-苦肟基自由基(DPPH)、2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸自由基(ABTS)购自西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司。

### 1.2 猴头菌鲜样的干燥处理

猴头菌的干燥方式主要有加热鼓风干燥、真空低温干燥、真空加热干燥以及真空微波干燥。其中

收稿日期:2020-07-09

基金项目:林业公益性行业科研专项经费(编号:201404703)。

作者简介:王悦(1995—),女,黑龙江齐齐哈尔人,硕士研究生,主要从事生物活性物质利用研究。E-mail:2777036239@qq.com。

通信作者:郑健,博士,副教授,主要从事生物活性物质利用研究。

E-mail:zhengjian0325@126.com。

加热鼓风干燥温度分别设为 50、60、70 ℃;真空冷冻干燥温度设为 -80 ℃,压强条件为不大于 50 MPa;真空加热干燥温度条件分别为 50、60 和 70 ℃,压强条件为 -0.06 MPa;真空微波干燥压强条件为 -0.06 MPa,微波功率分别为 1.34、2.68、4.02 kW。

### 1.3 猴头菌供试液的制备

猴头菌干燥处理后,将粉末置于蒸馏水中,经过超声提取,12 000 r/min 离心 10 min,取上清液得猴头菌供试品液。

### 1.4 猴头菌可溶性糖、可溶性蛋白、总酚及黄酮含量的测定

利用苯酚-硫酸法测定可溶性糖含量<sup>[5]</sup>。制备葡萄糖标准品溶液,经紫外-可见光分光光度计定量分析可溶性糖含量后绘制标准曲线。以可溶性糖含量( $x$ )为横坐标,吸光度( $y$ )为纵坐标绘制标准曲线。线性回归方程为  $y = 0.010\ 4x + 0.040\ 1$ ,  $r^2 = 0.999\ 6$ 。

利用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量<sup>[6]</sup>。制备蛋白质标准品溶液,经紫外-可见光分光光度计定量分析可溶性蛋白含量后绘制标准曲线。以吸光度( $x$ )为横坐标,粗蛋白含量( $y$ )为纵坐标绘制标准曲线,得回归方程为  $y = 0.143\ 5x + 0.000\ 6$ ,  $r^2 = 0.993\ 3$ 。

利用福林-酚法测定总酚含量<sup>[7]</sup>。制备一水合·没食子酸标准品溶液,经紫外-可见光分光光度计定量分析总酚含量后绘制标准曲线。以吸光度( $x$ )为横坐标,总酚含量( $y$ )为纵坐标绘制标准曲线,得回归方程为  $y = 0.054\ 5x - 0.000\ 4$ ,  $r^2 = 0.998\ 2$ 。

制备芸香苷标准品溶液,作为测定黄酮含量的标准液。经紫外-可见光分光光度计定量分析黄酮含量后绘制标准曲线<sup>[8]</sup>。以吸光度( $x$ )为横坐标,黄酮含量( $y$ )为纵坐标绘制标准曲线,得回归方程为  $y = 0.243\ 6x + 0.002\ 4$ ,  $r^2 = 0.996\ 4$ 。

分别根据标准曲线计算猴头菌供试液中的可溶性糖、可溶性蛋白、总酚和黄酮含量。

### 1.5 猴头菌供试液抗氧化能力的测定

通过 DPPH 自由基清除活性测定<sup>[9]</sup>与 ABTS 自由基清除活性测定<sup>[10]</sup>评价猴头菌供试液的抗氧化活性。

系列供试液的制备:根据“1.4”节测得的总酚含量确定上清液浓度,将提取溶液稀释至 1 mg/mL 作为母液,利用母液制备浓度梯度 0.050 0 ~ 0.000 5 mg/mL (0.050 0、0.025 0、0.010 0、

0.005 0、0.002 5、0.001 0、0.000 5 mg/mL) 的系列供试液,于 4 ℃ 避光保存。

1.5.1 DPPH 自由基清除活性测定 将系列供试液与固定浓度的 DPPH 自由基溶液(0.2 mmol/L DPPH-乙醇溶液)混合,于黑暗条件下放置 30 min,利用紫外-可见光分光光度计测定混合溶液在 517 nm 处的吸光度。维生素 C 为阳性对照,DPPH 自由基清除率按下列公式计算:

$$\text{清除率} = [1 - (D_1 - D_2)] / D_0 \times 100\%$$

式中: $D_0$  为空白对照组吸光度(水); $D_1$  为试验组吸光度; $D_2$  为环境对照组吸光度(乙醇)。

1.5.2 ABTS 自由基清除活性测定 ABTS 自由基溶液的制备:将 7 mmol/L ABTS 溶液与 2.45 mmol/L  $K_2S_2O_8$  溶液按照体积比 1 : 1 混合,室温避光搅拌,黑暗反应 16 h,然后用无水乙醇稀释至 734 nm 处的吸光度为  $0.70 \pm 0.02$ 。将系列供试液与 ABTS 自由基溶液混合,利用紫外-可见光分光光度计测定混合溶液在 734 nm 的吸光度。维生素 C 为阳性对照,ABTS 自由基清除率按下列公式计算:

$$\text{清除率} = (D_0 - D_1) / D_0 \times 100\%$$

式中: $D_0$  为空白对照组吸光度; $D_1$  为试验组吸光度。

### 1.6 数据处理

所有试验均重复 3 次以上,数据结果以平均值  $\pm$  标准差的形式表示。采用 Microsoft Excel 2010、SPSS 17.0、GraphPad Prism 6.0 软件和主成分分析法对试验数据进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 干燥速率比较

如图 1 所示,对定量的猴头菇鲜样进行干燥处理,真空微波干燥处理速率最高,干燥时长最短。其中微波功率 1.34 kW 条件下干燥时长为  $(37.0 \pm 6)$  min;微波功率 2.68 kW 条件下干燥时长为  $(23.0 \pm 3)$  min;微波功率 4.02 kW 条件下干燥时长为  $(14.0 \pm 1.2)$  min。加热鼓风干燥处理速率普遍高于真空加热干燥处理。真空低温干燥处理速率介于加热鼓风干燥处理与真空加热干燥处理之间。

真空加热干燥速率较慢可能是由于在干燥处理过程中汽化产生的水蒸气不能及时排出,导致干燥环境水汽过大,水蒸气饱和,造成干燥速率降低。真空微波干燥速率较快可能是由于其干燥特性造成的<sup>[11]</sup>。由于微波功率较大,造成样品内外温度快

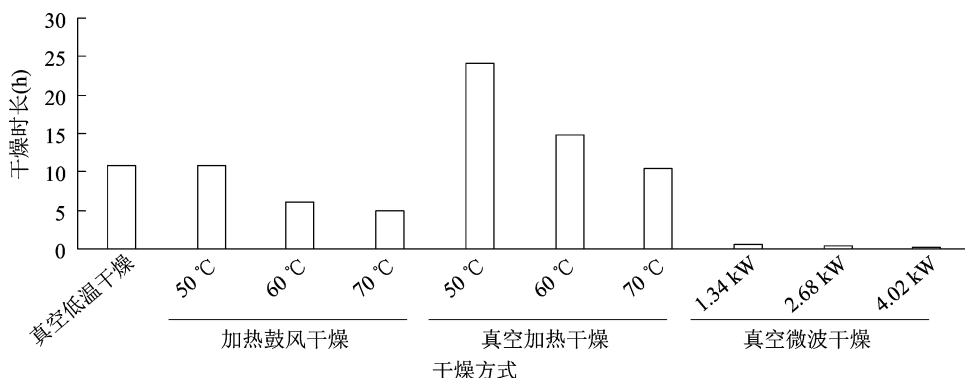


图1 不同干燥方式的干燥时间

速增加,样品快速脱水。

## 2.2 不同干燥方式处理的猴头菌中可溶性糖、可溶性蛋白、总酚和黄酮含量比较

猴头菌经干燥处理后的可溶性糖、可溶性蛋白、总酚和黄酮含量见图2。经过不同干燥方式处理后样品中真空低温干燥处理的样品中可溶性糖含量显著低于其他处理,为 $(5.54 \pm 1.26)$  mg/g。50℃真空加热干燥处理的样品中可溶性糖含量显著高于其他处理,为 $(13.77 \pm 2.05)$  mg/g。其次为70℃加热鼓风干燥处理的样品,其可溶性糖含量为 $(11.49 \pm 0.55)$  mg/g。其他干燥方式处理的样品中可溶性糖含量差异不显著(图2-A)。

经过不同干燥方式处理后样品中可溶性蛋白含量由高到低依次为真空低温干燥、加热鼓风干燥、真空加热干燥、真空微波干燥。其中真空低温干燥处理的样品中可溶性蛋白含量显著较高,为 $(3.14 \pm 0.07)$  mg/g,微波功率为2.68 kW真空微波干燥处理的样品中可溶性蛋白含量最低,为 $(0.09 \pm 0.10)$  mg/g。这可能是干燥处理温度与有氧条件不同造成的。适宜的温度能促进蛋白质的酶解,过高的温度造成蛋白质的变性,而氧气的存在促进了蛋白质的氧化水解(图2-B)。

经过60℃与70℃真空加热干燥处理的猴头菌的总酚含量显著高于通过其他干燥处理方式处理的样品。经过不同干燥处理后真空低温干燥处理的样品中总酚含量最低,为 $(3.06 \pm 0.41)$  mg/g。这可能是由于低温真空干燥处理相较于其他处理方式耗时最长,且近一半时间处于-80℃冰箱内,因长时间氧化造成。真空加热干燥处理的样品总酚含量较高,其中70℃真空加热干燥处理的样品中总酚含量最高,为 $(7.72 \pm 0.18)$  mg/g。笔者发现总酚含量整体上随干燥温度的升高而升高。这可

能是由于温度越高干燥速率越快,酚类物质在干燥过程中被氧化等消耗的越少,继而含量越高。同样笔者发现,真空干燥处理相较于非真空干燥处理总酚含量较高。这可能是因为真空干燥处理相较于非真空干燥处理其所含酚类物质在干燥过程中被氧化的量较少<sup>[12]</sup>,因此真空干燥这一条件有利于酚类物质的保存。笔者还发现真空微波干燥处理总酚含量相对较低。这可能是由于真空微波干燥处理干燥效果不佳,后经真空状态50℃干燥处理,必然造成酚类物质的损耗(图2-C)。

经过60℃与70℃真空加热干燥处理的样品其黄酮含量显著高于通过其他干燥处理方式处理的样品,黄酮含量分别为 $(3.11 \pm 0.84)$ 、 $(4.44 \pm 0.76)$  mg/g。50℃加热鼓风干燥处理的样品其黄酮含量最低,为 $(1.12 \pm 0.19)$  mg/g。笔者发现黄酮含量随干燥温度的升高而升高。这可能是由于温度越高干燥速率越快,黄酮类物质在干燥过程中消耗的越少,继而含量越高。同时真空干燥处理相较于非真空干燥处理黄酮含量相对较高。这可能是由于黄酮类物质具有抗氧化作用<sup>[13]</sup>,其可作用于自由基或自由基前体,在处理过程中由于氧化作用的存在导致黄酮类物质的消耗,继而造成真空干燥处理相较于非真空干燥处理黄酮量相对较高的现象(图2-D)。

## 2.3 干燥处理后水提物抗氧化能力的比较

通过DPPH自由基清除试验和ABTS自由基清除试验,分析不同干燥方式对干燥处理后水提物体外抗氧化活性的影响。利用Prism 6.0软件分析得出不同干燥方式处理后水提物体外抗氧化活性的半最大效应浓度( $EC_{50}$ ),通过比较 $EC_{50}$ 的差异进而评价不同干燥方式对处理后水提物体外抗氧化活性的影响。自由基清除活性见图3、表1。

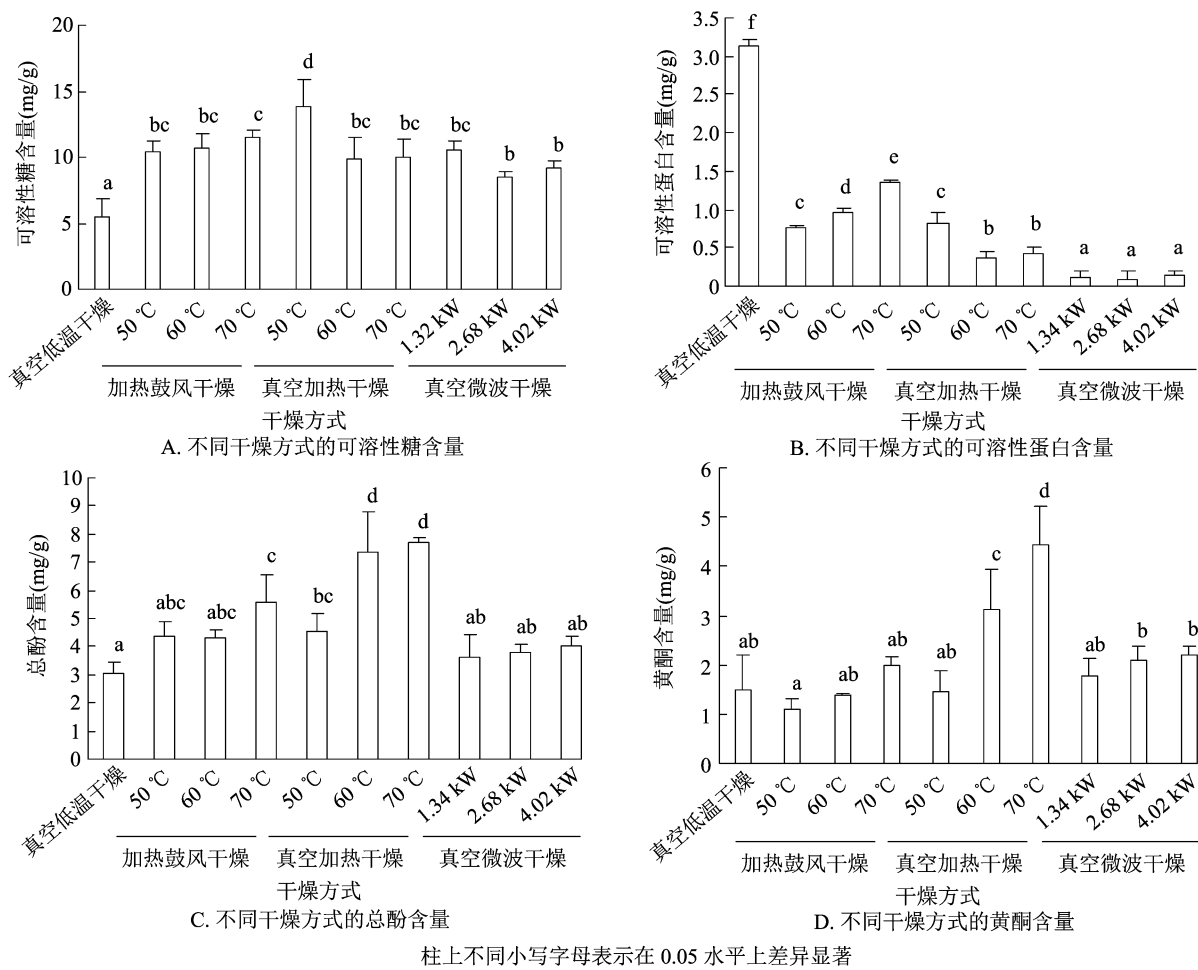


图2 用不同干燥方法处理的猴头菌中的可溶性糖、可溶性蛋白、总酚和类黄酮含量

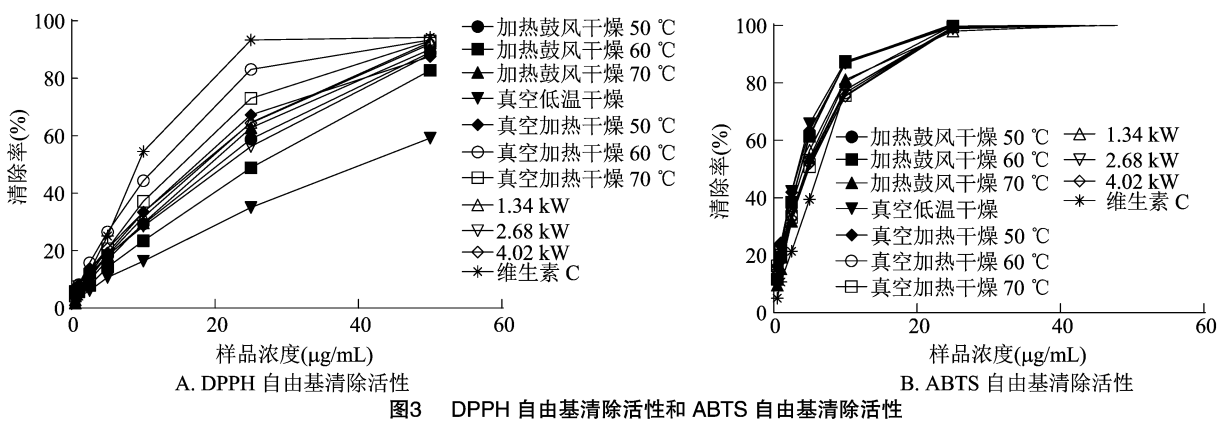


图3 DPPH 自由基清除活性和 ABTS 自由基清除活性

作为阳性对照,浓度为 50  $\mu\text{g/mL}$  时维生素 C 对 DPPH 自由基清除率可达到 94.29%,DPPH 自由基清除率随着水提物浓度的增加而增加。如表 1 所示,真空低温干燥处理的猴头菌水提物的 DPPH 自由基清除率较低,其  $\text{EC}_{50}$  为  $(40.59 \pm 6.63) \mu\text{g/mL}$ ,其次是 60  $^{\circ}\text{C}$  加热鼓风干燥组,其  $\text{EC}_{50}$  为  $(22.08 \pm 3.38) \mu\text{g/mL}$ 。60  $^{\circ}\text{C}$  真空加热干燥组的猴头菌水提

物的 DPPH 自由基清除率较高,其  $\text{EC}_{50}$  为  $(10.13 \pm 1.65) \mu\text{g/mL}$ 。结合图 3 与表 1,其他样品对 DPPH 自由基的清除率均低于维生素 C。

浓度为 25  $\mu\text{g/mL}$  时维生素 C 对 ABTS 自由基清除率接近 100%,且不同干燥方式处理的猴头菌水提液对 ABTS 自由基清除率较维生素 C 相对较高。浓度为 0 ~ 25  $\mu\text{g/mL}$  时,水提物对 ABTS 自由基清除活

性随着浓度的增加而增强。当浓度大于 25  $\mu\text{g/mL}$  时,ABTS 自由基的清除率基本保持不变,这说明此时 ABTS 自由基基本已清除完全。由图 3 和表 1 可知,不同干燥方式处理的猴头菌其水提液的  $\text{EC}_{50}$  值略微差异, $\text{EC}_{50}$  值在  $(2.84 \pm 0.59) \sim (4.11 \pm 0.95) \mu\text{g/mL}$  之间,50  $^{\circ}\text{C}$  真空加热干燥组的  $\text{EC}_{50}$  值最小,对 ABTS 自由基清除活性最高。综上所述用不同干燥方式处理的猴头菌其水提液都具有很强的 ABTS 自由基清除能力。

表 1 猴头菌在不同干燥方式下的抗氧化活性

	DPPH 自由基清除活性 ( $\text{EC}_{50}; \mu\text{g/mL}$ )	ABTS 自由基清除活性 ( $\text{EC}_{50}; \mu\text{g/mL}$ )
真空低温干燥	$40.59 \pm 6.63$	$2.88 \pm 0.22$
50 $^{\circ}\text{C}$ 加热鼓风干燥	$16.99 \pm 2.76$	$3.18 \pm 0.14$
60 $^{\circ}\text{C}$ 加热鼓风干燥	$22.08 \pm 3.38$	$3.20 \pm 0.12$
70 $^{\circ}\text{C}$ 加热鼓风干燥	$16.55 \pm 4.09$	$4.11 \pm 0.95$
50 $^{\circ}\text{C}$ 真空加热干燥	$15.33 \pm 6.13$	$2.84 \pm 0.59$
60 $^{\circ}\text{C}$ 真空加热干燥	$10.13 \pm 1.65$	$4.00 \pm 1.01$
70 $^{\circ}\text{C}$ 真空加热干燥	$12.87 \pm 2.07$	$3.91 \pm 0.11$
1.34 kW 真空微波干燥	$15.15 \pm 1.64$	$3.47 \pm 0.68$
2.68 kW 真空微波干燥	$17.51 \pm 1.35$	$3.83 \pm 0.46$
4.02 kW 真空微波干燥	$14.62 \pm 3.16$	$4.10 \pm 0.50$

2.4 相关性分析

通过对比不同干燥方式处理的猴头菌水提液的自由基清除活性 ( $\text{EC}_{50}$  值) 与可溶性糖、可溶性蛋白、总酚和黄酮含量的相关性,确定影响其水提液自由基清除活性的相关因素。相关性分析见表 2,猴头菌水提液对 DPPH 自由基清除活性的  $\text{EC}_{50}$  值与样品可溶性糖和总酚含量在 0.01 水平上显著负相关,与黄酮含量在 0.05 水平上显著负相关,而与可溶性蛋白含量在 0.01 水平上显著正相关。这表明,猴头菌水提液对 DPPH 自由基清除活性随着可溶性糖、总酚和黄酮含量的增加而增强,但随着可溶性蛋白含量的增加,猴头菌水提液对 DPPH 自由基清除活性显著下降,但对于 ABTS 自由基的清除活性显著提高。

3 结论与讨论

采自黑龙江省海林市土垌子村的猴头菌鲜样分别经过加热鼓风干燥、真空低温干燥、真空加热干燥以及真空微波干燥处理后制备成猴头菌水提液。利用紫外-可见分光光度法定量分析比较经过各种干燥处理后猴头菌干燥样品水提液中可溶

表 2 清除自由基活性的因子分析

因素	相关系数	
	DPPH 自由基清除活性	ABTS 自由基清除活性
可溶性糖含量	-0.539 **	-0.148
可溶性蛋白含量	0.834 **	-0.366 *
总酚含量	-0.575 **	0.259
黄酮含量	-0.448 *	0.298

注: \* 指在 0.05 水平(双侧)上显著相关; \*\* 指在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

性糖、可溶性蛋白、总酚及黄酮的含量。其中,真空低温干燥处理的样品中可溶性糖含量显著低于其他处理,50  $^{\circ}\text{C}$  真空加热干燥处理的样品中可溶性糖含量显著高于其他处理;可溶性蛋白含量由高到低依次是真空低温干燥、加热鼓风干燥、真空加热干燥与真空微波干燥。60  $^{\circ}\text{C}$  与 70  $^{\circ}\text{C}$  真空加热干燥处理的猴头菌总酚含量显著高于通过其他干燥处理方式处理的样品,真空低温干燥处理的样品中总酚含量最低;60  $^{\circ}\text{C}$  与 70  $^{\circ}\text{C}$  真空加热干燥处理的样品的黄酮含量显著高于通过其他干燥处理方式处理的样品,50  $^{\circ}\text{C}$  鼓风加热干燥处理的样品其黄酮含量最低。

通过各种干燥处理后,测定猴头菇干燥样品水提取液的自由基清除能力,比较经过不同干燥处理后猴头菌样品的抗氧化能力。其中 60  $^{\circ}\text{C}$  真空加热干燥的猴头菌水提物的 DPPH 自由基清除率明显较高,但是所有干燥处理样品的 DPPH 自由基清除能力均弱于维生素 C。经过不同干燥方式处理的猴头菌样品的水提液对 ABTS 自由基清除率较维生素 C 均较高。通过对 DPPH 自由基清除活性与 ABTS 自由基清除活性与样品中可溶性糖、蛋白、总酚及黄酮含量进行相关性分析,发现猴头菌水提液 DPPH 自由基清除活性与样品的可溶性糖、总酚及黄酮含量具有显著负相关性,与可溶性蛋白含量具有显著正相关性;猴头菌水提液 ABTS 自由基清除活性与样品可溶性蛋白含量具有显著负相关性。

参考文献:

[1] 谭佳媛,王栩俊,王星丽,等. 猴头菇的养生保健价值[J]. 食用菌,2015,23(3):183-193.  
[2] 于立坚,杨世勇. 自由基与肿瘤[J]. 国外医学(肿瘤学分册),1981(3):97-99.  
[3] 李 云. 综述自由基对人体健康的影响及目前的预防措施[J]. 内蒙古石油化工,2011,37(1):87-89.  
[4] 陈 础,徐学峥. 氧自由基对心肌细胞的损伤作用[J]. 浙江医

孙思胜, 张晓娟, 张 岗, 等. 不同浓度肉桂丁香提取物结合壳聚糖涂膜对夏黑葡萄采后生理的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(5): 164–168.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.05.030

# 不同浓度肉桂丁香提取物结合壳聚糖涂膜 对夏黑葡萄采后生理的影响

孙思胜<sup>1</sup>, 张晓娟<sup>2</sup>, 张 岗<sup>3</sup>, 李光辉<sup>1</sup>, 张贺庆<sup>1</sup>, 张化阁<sup>4</sup>

(1. 许昌学院食品与药学院/河南省食品安全生物标识快检技术重点实验室, 河南许昌 461000; 2. 军事科学院军需工程技术研究所, 北京 1000104;  
3. 陕西中医药大学药学院/陕西省秦岭中草药应用开发工程技术研究中心, 陕西咸阳 712046; 4. 舞钢市沁丰园林业专业合作社, 河南舞钢 462500)

**摘要:**以夏黑葡萄为试验材料, 用 5 种不同浓度的肉桂丁香提取物提取物结合 1.5% 壳聚糖涂膜处理采摘后的夏黑葡萄, 研究其对夏黑葡萄采摘后生理指标的影响。结果表明, 在整个贮藏期内, 相对于对照组, 肉桂丁香提取物结合壳聚糖涂膜处理可使夏黑葡萄采摘后生理指标发生变化, 可降低夏黑葡萄的落粒率和失质量率, 一定程度上可延缓丙二醛含量和可滴定酸含量的升高, 抑制多酚氧化酶活性的增强。其中, C4 处理(9 g/L 肉桂 + 20 g/L 丁香 + 1.5% 壳聚糖)在抑制落粒率、可滴定酸含量、丙二醛含量、多酚氧化酶活性升高等方面效果较好, 并且一定程度上保持了夏黑葡萄的含水量。

**关键词:**夏黑葡萄; 肉桂丁香提取物; 壳聚糖; 采后生理指标

**中图分类号:** S663.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)05-0164-05

夏黑葡萄为葡萄科(Vitaceae)葡萄属(*Vitis* L.)的欧美杂交三倍体品种。因夏黑成熟时果皮呈现紫黑色而艳丽诱人且具有浓郁的草莓香味、肉质肥厚、甜酸可口、品质极佳、无核等特点而深受消费者的喜爱<sup>[1-3]</sup>。由于葡萄鲜嫩多汁、水分含量高, 采摘过程中易受机械损伤, 且在河南地区采收季节多

为高温多湿的盛夏, 蒸腾作用相对较强, 代谢旺盛, 是较难贮运的果品, 贮藏期间的主要问题是硬度降低、水分流失、干梗、掉粒、容易受病原菌的侵染而腐烂等, 导致其贮藏周期缩短, 严重影响鲜食葡萄的商品价值, 造成严重的经济损失<sup>[3-4]</sup>。

壳聚糖(CTS)是一种天然可食性高分子多糖, 具有无毒、安全、无异味、易成膜等特点<sup>[5]</sup>。肉桂为樟科植物肉桂(*Cinnamomum cassia* Presl)的干燥树皮, 肉桂浸提液也具有抑菌和保鲜效果<sup>[6-8]</sup>。丁香为桃金娘科植物丁香(*Eugenia caryophyllata* Thunb.)的干燥花蕾, 丁香提取物无任何化学残留和毒副作用, 且对多种致病菌或霉菌都有明显的抑菌效果<sup>[8-12]</sup>。此外, 中草药本身具有较强的杀菌抑菌和抗氧化作用<sup>[12-16]</sup>。丁香和肉桂提取物结合壳聚糖涂膜处理在夏黑葡萄采后生理方面的研究鲜

收稿日期: 2020-06-27

基金项目: 河南省科技攻关项目(编号: 182102110395、192102310441、202102110055); 河南省本科高校省级大学生创新创业训练计划(编号: S202010480023); 陕西省高校青年杰出人才支持计划。

作者简介: 孙思胜(1982—), 男, 河南范县人, 博士, 讲师, 研究方向为果品保鲜与加工。E-mail: shengzhaojun124@163.com。

通信作者: 张晓娟, 硕士, 高级工程师, 研究方向为军用食品研究。E-mail: lightwind365@126.com。

科大学学报, 1988, 17(1): 37–40。

[5] 胡斌杰, 师兆忠. 超声法提取猴头菇多糖最佳工艺优化研究[J]. 化学世界, 2009, 50(9): 557–560。

[6] 何幼莺. 生物化学实验[M]. 武汉: 华中师范大学出版社, 2006。

[7] Vieira P A F, Gontijo D C, Vieira B C, et al. Antioxidant activities, total phenolics and metal contents in *Pleurotus ostreatus* mushrooms enriched with iron, zinc or lithium[J]. LWT – Food Science and Technology, 2013, 54(2): 421–425。

[8] 李利华. 香菇总黄酮的超声波辅助提取及抗氧化性能研究[J]. 中国食品添加剂, 2015(11): 90–94。

[9] Liu J, Jia L, Kan J, et al. *In vitro* and *in vivo* antioxidant activity of

ethanolic extract of white button mushroom (*Agaricus bisporus*) [J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 51: 310–316。

[10] Abul Hasnat M, Pervin M, Debnath T, et al. DNA protection, total phenolics and antioxidant potential of the mushroom *Russula virescens* [J]. Journal of Food Biochemistry, 2014, 38(1): 6–17。

[11] 杜 冉, 郑新雷, 王世雄, 等. 真空微波干燥技术对食用菌粉品质的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(7): 76–82。

[12] 沈恒胜, 陈君琛, 汤葆莎, 等. 栽培料纤维转化与食用菌酚类抗氧化营养的关系[J]. 福建农业学报, 2007, 22(4): 337–340。

[13] 缪钱江, 刘 宇, 许 峰, 等. 4 种食用菌总黄酮生物功能的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(7): 206–209。