

不同干燥方式对滑子蘑滋味物质的影响

安朝丽¹, 钱磊^{2,3}, 姜迎迎¹, 王菲¹, 张平平¹, 张业尼^{1,*}

- (1. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384; 2. 天津市农业科学院, 天津 300192;
3. 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室,
天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要:为探究热风干燥、热泵干燥和微波干燥3种不同干燥方式对滑子蘑中滋味物质的影响, 结合电子舌分析, 测定比较了干燥滑子蘑中游离氨基酸、有机酸、5'-核苷酸的含量, 并运用等鲜浓度(Equivalent umami concentration, EUC)值对其进行了鲜味评价。结果表明:微波干燥的滑子蘑中总游离氨基酸(168.81 mg/g)和有机酸(88.69 mg/g)含量最高;热泵干燥滑子蘑中总5'-核苷酸(2.86 mg/g)含量最高, 但3种干燥样品中呈鲜核苷酸含量大小排序为:微波干燥>热风干燥>热泵干燥;微波干燥样品EUC值高于热风 and 热泵干燥样品。电子舌分析显示, 3种干燥方式处理的滑子蘑滋味差异明显。综合考虑认为, 微波干燥方式较利于保留滑子蘑中与滋味相关的物质, 更适合滑子蘑的干制。

关键词:滑子蘑; 干燥方式; 滋味物质; 电子舌

Effects of Different Drying Methods on the Taste Substances of *Pholiota microspora*

AN Chao-li-men¹, QIAN Lei^{2,3}, JIANG Ying-ying¹, WANG Fei¹, ZHANG Ping-ping¹, ZHANG Ye-ni^{1,*}

- (1. College of Food Science and Bioengineering, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China;
2. Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300192, China; 3. National Engineering Technology
Research Center for Preservation of Agricultural Products, Key Laboratory of Storage of Agricultural
Products (Tianjin), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianjin Key Laboratory of Postharvest
Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

Abstract: In order to explore the effects of three different drying methods (hot air drying, heat pump, microwave drying) on the taste substances of *Pholiota microspora*, the contents of free amino acids, organic acids and 5'-nucleotides in dried *Pholiota microspora* were determined and compared combined with the electronic tongue analysis, and the umami taste was evaluated by equivalent umami concentration (EUC) value. The results showed that the contents of total free amino acid (168.81 mg/g) and organic acid (88.69 mg/g) of *Pholiota microspora* dried by microwave was the highest, and the content of total 5'-nucleotides (2.86 mg/g) of *Pholiota microspora* dried by heat pump was the highest, but the order of umami nucleotide content in three dried samples was: microwave drying>hot air drying>heat pump drying. The EUC value of microwave drying samples was higher than that of hot air and heat pump drying samples. Electronic tongue analysis showed that the taste of *Pholiota microspora* treated by three drying methods was significantly different. Comprehensive consideration, microwave drying was more conducive

基金项目:天津市“131”创新型人才团队(20180337);河北省重点研发计划项目(21326315D)

作者简介:安朝丽(1998—),女,蒙古族,硕士在读,研究方向:食品加工与安全。

*通信作者:张业尼,博士,讲师,研究方向:食用菌活性成分的开发与研究。

to retain the taste related components in *Pholiota microspora*, which was more suitable for the drying of *Pholiota microspora*.

Key words: *Pholiota microspora*; drying methods; taste substances; electronic tongue

中图分类号:TS250.1;S646.1+6 文献标识码:A DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2022.10.010

滑子蘑又名滑菇、光帽鳞伞、纳美菇等,因其菌盖黏滑而得名,通常生长在阔叶树木倒木或树桩上,主要分布在我国和日本,在我国东北、广西、西藏等地区较常见。滑子蘑味道鲜美,富含多糖、多肽、微量元素、萜类化合物等多种生物活性成分^[1-3],具有抗氧化、抗肿瘤、抗炎、免疫调节等作用^[4-7]。由于新鲜滑子蘑含水率较大、酶活力旺盛、易褐变,因而货架期短、无法长时间贮藏,这严重制约了滑子蘑产业的发展。目前,滑子蘑主要有腌渍、罐藏和干制等加工方法。干制是一种可以有效延长滑子蘑保质期的加工方法,该方法操作便捷,但容易出现风味劣变现象,因此研究其在加工过程中风味的变化具有重要意义。但目前尚未见有关滑子蘑风味变化的研究报道。

为研究不同干燥方式(热风干燥、热泵干燥和微波干燥)对滑子蘑中滋味物质的影响,对其游离氨基酸、有机酸和5'-核苷酸的成分和含量进行对比分析,并运用等鲜浓度(Equivalent umami concentration, EUC)值和电子舌对其滋味进行评价,以期对滑子蘑等食用菌及其干燥制品的风味研究提供一定的理论基础和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

新鲜滑子蘑,市售;氨基酸、5'-核苷酸标准品,美国Sigma公司;有机酸标准品,阿拉丁试剂(上海)有限公司。

1.1.2 仪器与设备

YP5002 电子天平,上海佑科仪器仪表有限公司;WGL-230B 电热鼓风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;WRH-100AB 热泵干燥机,正旭新能源设备科技有限公司;CC-002A 微波干燥箱,上海镧泰微波设备制造有限公司;MFJ-W300 研磨机,北京利仁科技股份有限公司;L-8900 氨基酸分析仪,日本日立公司;U3000 高效液相色谱仪,赛默飞世尔科技公司;SA402B 电子舌,日本 INSENT 公司。

1.2 方法

1.2.1 样品的制备

挑选新鲜的滑子蘑清洗去污,剔除不可食用部分,

沥干水分后于 50 ℃进行干燥处理(热风干燥、热泵干燥、微波干燥)。干燥至含水量 10%以下,粉碎并过 100 目筛,密封备用。

1.2.2 测定项目与方法

1.2.2.1 游离氨基酸含量

参考 Lee 等^[8]的方法并稍作修改。称取 0.5 g 滑子蘑粉,加入 50 mL 盐酸(0.1 mol/L)溶解 45 min 后,10 000 r/min 离心 15 min,上清液用 0.22 μm 滤膜过滤后上机检测。

检测条件:选用离子交换色谱柱(2622#PH, 4.5 mm×60 mm),柱温分别为 57、135 ℃,检测波长分别为 570、440 nm。

1.2.2.2 有机酸含量

参考 Li 等^[9]的方法并稍作修改。称取 0.5 g 滑子蘑粉放入离心管中,用去离子水溶解,15 000 r/min 均质 5 min,4 000 r/min 离心 5 min,将上清液取出,再加入水重复提取 2 次,将 3 次上清液混合,定容至 50 mL,摇匀。用 0.45 μm 滤膜过滤后上机检测。

色谱条件:选用色谱柱 Synchronis C₁₈(250 mm×4.6 mm, 5 μm),柱温 30 ℃;检测器为紫外检测器,检测波长 210 nm,流动相为 0.05 mol/L KH₂PO₄(pH 2.68),流速 0.5 mL/min,进样量 20 μL。

1.2.2.3 核苷酸含量

参考 Taylor 等^[10]的方法并稍作修改。称取滑子蘑粉 0.5 g,于 10 mL 超纯水中煮沸 1 min 进行提取,冷却后以 5 500 r/min 离心 15 min,取出上清液。对残渣重复提取 2 次,将 3 次上清液混合,0.45 μm 滤膜过滤后上机检测。

色谱条件:选用色谱柱 Accucore C₁₈(250 mm×4.6 mm, 2.6 μm),柱温 30 ℃,检测器为紫外检测器,流动相为 KH₂PO₄ 缓冲盐(pH 4.68),流速 0.9 mL/min,进样量 10 μL。

1.2.2.4 等鲜浓度值

等鲜浓度值是指在 100 g 干样中,用谷氨酸钠(Monosodium glutamate, MSG)的含量来表示呈鲜物质的总量^[11]。计算公式如下:

$$EUC = \sum a_{b_i+1} 218 (\sum a_b) (\sum a_b)$$

式中:EUC为等鲜浓度值,g MSG/100 g; a_i 为各呈鲜氨基酸(天冬氨酸或谷氨酸)的含量,g/100 g; a_j 为各呈味核苷酸(5'-肌苷酸(5'-IMP)、5'-鸟苷酸(5'-GMP)、5'-腺苷酸(5'-AMP))的含量,g/100 g; b_i 为各呈鲜氨基酸对MSG的相对鲜味浓度(谷氨酸=1,天冬氨酸=0.077); b_j 为各呈味核苷酸对MSG的相对鲜味浓度(5'-IMP=1,5'-GMP=2.3,5'-AMP=0.18);1 218为协同作用常数,g/100 g。

1.2.3 电子舌分析

称取1.0 g样品于烧杯中,加入40 mL超纯水,于室温下浸泡1 h,4 000 r/min离心20 min,取上清液定容至100 mL进行分析。

1.2.4 数据处理

每组试验进行3次重复,结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示,利用Origin 2021软件进行数据分析和作图。

2 结果与分析

2.1 干燥方式对滑子蘑中游离氨基酸的影响

2.1.1 干燥方式对滑子蘑中游离氨基酸含量的影响

游离氨基酸是食用菌中重要的呈味物质,其组成

及含量的差异会对食用菌的鲜美滋味产生影响。如表1所示,在3种干燥样品中共检测出17种氨基酸,其总含量大小排序为:微波干燥(168.81 mg/g) > 热风干燥(138.71 mg/g) > 热泵干燥(110.76 mg/g)。与微波干燥相比,滑子蘑在热风和热泵干燥过程中氨基酸含量显著下降($P < 0.05$),这可能与在高温加热下氨基酸发生氧化反应或与还原糖发生美拉德反应而造成损失有关^[12-15]。已有文献报道指出,微波对物料的影响,除加热引起的热效应外,还会对生物细胞产生非热效应,但其机理尚需进一步研究^[16-17]。由于微波干燥的持续时间较短,受热比较均匀,能有效地防止物料发生局部过热,在一定程度上减少了氨基酸的损失,使氨基酸的含量受干燥环境的影响较小。

食用菌含有丰富的必需氨基酸,其含量和组成决定着食用菌蛋白质营养价值的高低。3种样品中均检测到7种必需氨基酸,其中微波干燥样品中必需氨基酸含量最高,占氨基酸总量的35%。组氨酸(6.07~6.73 mg/g)和精氨酸(5.97~9.83 mg/g)含量足以满足人体的需求。表明微波干燥能够较好地保持滑子蘑的营养价值。

表1 不同干燥方式处理的滑子蘑中游离氨基酸含量

Table 1 Content of free amino acids in *Pholiota microspora* treated by different drying methods

单位:mg/g

游离氨基酸		热风干燥	热泵干燥	微波干燥
分类	名称			
必需氨基酸 (EAA)	赖氨酸	3.32±0.01 c	3.42±0.02 b	6.52±0.03 a
	苯丙氨酸	2.42±0.02 b	1.22±0.03 c	4.66±0.03 a
	亮氨酸	6.83±0.03 b	5.50±0.02 c	11.24±0.08 a
	苏氨酸	9.19±0.07 b	5.85±0.07 c	11.00±0.17 a
	异亮氨酸	6.01±0.03 b	4.82±0.04 c	6.63±0.03 a
	缬氨酸	7.52±0.01 b	6.01±0.05 c	7.86±0.03 a
	组氨酸	6.07±0.04 c	6.37±0.05 b	6.73±0.04 a
非必需氨基酸 (NEAA)	丙氨酸	12.37±0.14 b	10.53±0.08 c	13.21±0.03 a
	蛋氨酸	3.63±0.01 c	3.73±0.03 b	4.24±0.03 a
	胱氨酸	1.92±0.04 b	1.32±0.02 c	2.35±0.04 a
	谷氨酸	23.97±0.17 b	16.63±0.12 c	26.96±0.39 a
	酪氨酸	1.42±0.01 b	0.21±0.03 c	2.32±0.02 a
	丝氨酸	7.80±0.02 b	5.84±0.04 c	9.81±0.07 a
	甘氨酸	16.21±0.03 b	14.99±0.16 c	18.12±0.12 a
	天冬氨酸	14.41±0.09 b	9.97±0.08 c	17.15±0.07 a
	精氨酸	7.42±0.04 b	5.97±0.03 c	9.83±0.13 a
	脯氨酸	8.19±0.03 c	8.41±0.08 b	10.17±0.06 a
总氨基酸(TAA)		138.71±0.03 b	110.76±0.08 c	168.81±0.19 a
总EAA		38.93±0.13 b	30.53±0.02 c	52.16±0.23 a
总NEAA		99.78±0.12 b	80.23±0.07 c	116.65±0.42 a

注:同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),以下各表同。

2.1.2 干燥方式对滑子蘑中游离氨基酸滋味特征的影响

按照不同味觉特征,通常把游离氨基酸分为4大类:苦味、鲜味、甜味和无味^[18]。鲜味和甜味氨基酸均能改善食物的风味,缓和食物中的苦涩味,是食用菌中常见的味觉活性氨基酸。其中天冬氨酸和谷氨酸是鲜味氨基酸,它们赋予了食用菌鲜味。

由图1可知,不同干燥方式处理对滑子蘑中氨基酸滋味特征影响较大,微波干燥样品中各种滋味氨基酸含量均最高,热泵样品中均最低。3种滑子蘑干燥样品中,鲜、甜味氨基酸总含量(72.22~106.41 mg/g)明显高于苦味氨基酸(33.60~51.19 mg/g)和无味氨基酸(4.94~11.20 mg/g)。由此可知,滑子蘑中鲜、甜味氨基酸呈味占主导作用,整体无苦味。

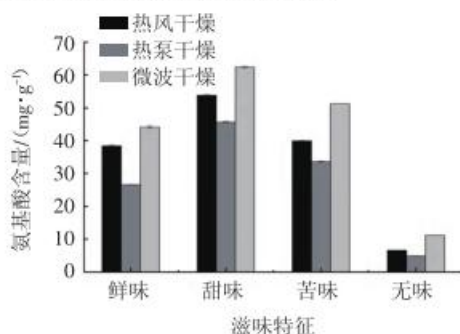


图1 不同干燥方式处理的滑子蘑中滋味成分含量

Fig.1 Taste component content in *Pholiota microspora* treated by different drying methods

Yang等^[19]将鲜味氨基酸分为3个等级:低等(小于5 mg/g)、中等(5~20 mg/g)和高等(大于20 mg/g)。采用热泵、热风 and 微波干燥方式的滑子蘑,鲜味氨基酸含量(天冬氨酸和谷氨酸)逐渐递增,依次为26.60、38.38、44.10 mg/g,鲜味氨基酸含量均处于高等水平。其中微波干燥更有利于保存滑子蘑中的鲜味氨基酸。

2.2 干燥方式对滑子蘑中有机酸的影响

有机酸是食用菌风味的重要组成部分,它与酚类、氨基酸、酯类及芳香物质等的合成代谢有关,其种类和含量的差异会对滑子蘑的整体风味产生一定的影响。如苹果酸酸味清新,微苦;柠檬酸酸味柔和,口感清爽;琥珀酸呈味,可产生酸味,可以用作食品的增鲜剂。

如表2所示,在3种干燥样品中共检测到草酸、酒石酸、甲酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、琥珀酸和丙酸9种有机酸,其中均未检测到马来酸。微波干燥滑子蘑中有机酸总含量最高,为88.69 mg/g,显著高于热泵干燥和热风干燥样品($P < 0.05$)。这可能是由

于干燥过程中,有机酸容易被氧化为脂肪酸、氧代有机酸,或促进了脱羧反应,导致有机酸总量大幅降低^[20-21]。微波干燥中虽然有机酸也会因高温氧化而被破坏,但由于干燥时间较短,有机酸损失量比热泵干燥和热风干燥少。综合来看,微波干燥更有利于保存滑子蘑中的有机酸。

表2 不同干燥方式处理的滑子蘑中有机酸含量

Table 2 Content of organic acids in *Pholiota microspora* treated by different drying methods 单位:mg/g

有机酸	热风干燥	热泵干燥	微波干燥
草酸	0.16±0.01 c	0.33±0.04 a	0.24±0.02 b
酒石酸	0.64±0.06 c	2.44±0.18 a	0.93±0.08 b
甲酸	1.88±0.11 c	3.43±0.04 b	3.74±0.05 a
苹果酸	2.30±0.02 c	3.65±0.03 b	3.78±0.05 a
乳酸	2.64±0.27 c	5.40±0.02 b	7.50±0.03 a
乙酸	3.09±0.03 c	9.35±0.01 b	59.99±2.29 a
马来酸	—	—	—
柠檬酸	0.54±0.02 c	1.01±0.02 b	1.22±0.15 a
琥珀酸	3.67±0.01 c	7.31±0.16 a	5.75±0.01 b
丙酸	3.29±0.07 c	7.67±0.05 a	5.56±0.17 b
总量	18.22±0.14 c	40.60±0.04 b	88.69±2.20 a

注:—表示未检出。

2.3 干燥方式对滑子蘑中5'-核苷酸的影响

5'-核苷酸是一种典型的呈味物质。如表3所示,不同干燥方式处理的滑子蘑中核苷酸总含量存在显著差异($P < 0.05$)。3种滑子蘑样品中均检出5种5'-核苷酸(5'-胞苷酸(5'-CMP)、5'-尿苷酸(5'-UMP)、5'-GMP、5'-IMP和5'-AMP),核苷酸总含量在1.20~2.86 mg/g之间,以热泵干燥的样品含量最高,微波干燥次之,热风干燥最低。5'-核苷酸对热敏感,长时间的高温加工处理会使其含量下降^[22]。由表3可知,采用不同干燥方式的滑子蘑样品中5'-UMP含量(0.95~2.46 mg/g)均为最高,热泵干燥样品中5'-UMP含量达核苷酸总量的86%。5'-AMP能提高食品的甜味,同时也能有效抑制其苦味^[23],微波干燥样品中5'-AMP含量显著高于热风和热泵干燥。

5'-GMP和5'-IMP是核苷酸的主要呈鲜物质。5'-GMP不但可赋予食用菌鲜味,还能作为一种增味剂,其增鲜效果优于谷氨酸钠;5'-IMP是一种主要的味觉活性成分,能增强其他5'-核苷酸的风味^[24]。3种干燥样品中呈鲜核苷酸含量由大到小排序为:微波干燥(0.52 mg/g) > 热风干燥(0.14 mg/g) > 热泵干燥(0.11 mg/g)。微波、热风、热泵干燥所得样品中呈鲜核苷酸占核苷酸总量的质量分数分别为

24.7%、11.6%、3.8%，虽然微波和热风干燥样品中核苷酸含量低于热泵干燥，但是主要的呈鲜核苷酸占总核苷酸的比例却高于热泵干燥样品。

表3 不同干燥方式处理的滑子蘑中5'-核苷酸含量

Table 3 Content of 5'-nucleotides in <i>Pholiota microspore</i> treated by different drying methods			
	单位:mg/g		
核苷酸	热风干燥	热泵干燥	微波干燥
5'-CMP	0.09±0.01 b	0.23±0.02 a	0.09±0.01 b
5'-UMP	0.95±0.05 b	2.46±0.04 a	0.74±0.02 c
5'-GMP	0.04±0.01 b	0.09±0.01 b	0.51±0.06 a
5'-IMP	0.09±0.03 a	0.02±0.00 b	0.01±0.00 b
5'-AMP	0.02±0.01 b	0.06±0.01 b	0.77±0.04 a
呈鲜核苷酸	0.14±0.02 b	0.11±0.02 b	0.52±0.06 a
总量	1.20±0.06 c	2.86±0.03 a	2.10±0.04 b

2.4 干燥方式对滑子蘑等鲜浓度值的影响

EUC值常用来表征食品的鲜味程度。为更直观地评价食用菌的呈鲜特性，Mau等^[25]将等鲜浓度划分为第1、2、3、4水平，依次为： $EUC > 1\ 000\text{ g MSG}/100\text{ g}$ 、 EUC 为 $100\sim 1\ 000\text{ g MSG}/100\text{ g}$ 、 EUC 为 $10\sim 100\text{ g MSG}/100\text{ g}$ 和 $EUC < 10\text{ g MSG}/100\text{ g}$ 。由图2可见，采用热风、热泵干燥的滑子蘑样品中EUC值分别为62.34、51.59 g MSG/100 g，均位于第3水平；而微波干燥样品中EUC值为456.38 g MSG/100 g，处于第2水平。说明干燥方式对滑子蘑的非挥发性特征风味物质的呈鲜特性影响很大。由于5'-GMP和谷氨酸的含量对EUC值贡献较大，而微波样品中5'-GMP和谷氨酸的含量较高，故具有较高的EUC值。以上结果表明，微波干燥对滑子蘑鲜味物质的保留效果明显优于热风 and 热泵干燥。

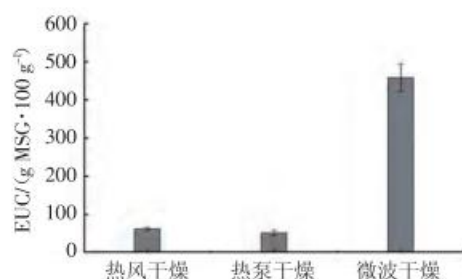


图2 不同干燥方式处理的滑子蘑EUC值

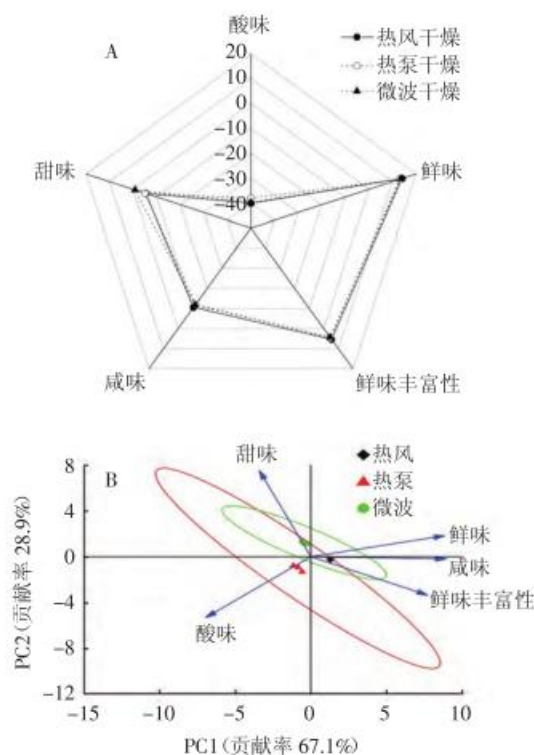
Fig.2 EUC value of *Pholiota microspore* treated by different drying methods

2.5 不同干燥方式处理的滑子蘑电子舌分析结果

电子舌利用人工脂膜传感器，模拟生物活体的味觉感受机理，对各种风味物质与人工脂膜之间引起的膜电势的变化进行测定，实现对5种基本味(酸、涩、

苦、咸、鲜)和甜味进行评价。由图3A所示，鲜味和鲜味丰富性传感器对3组样品的响应值最大，酸味、甜味和咸味的响应值均为负值，故只呈鲜味。3组干燥样品的滋味特征差异不明显，但热风干燥样品的鲜味和鲜味丰富性高于热泵和微波干燥样品，这与化学成分分析结果存在差异。原因可能是由于其他呈鲜和增鲜物质的存在，或者不同味觉物质之间存在一定的相互作用，比如可溶性糖醇的种类和含量、不同游离氨基酸的共同作用，以及氨基酸与核苷酸的协同增效作用等。

主成分分析(Principal component analysis, PCA)是对测定数据进行转换和降维的一种多元统计方法^[26]。由图3B可知，PC1的贡献率为67.1%，PC2的贡献率为28.9%，累计贡献率为96.0%。说明其能很好地反映3个样品原始数据的整体滋味信息。样品的数据点都比较集中，说明样品的电子舌测定结果较为稳定。而不同样品的数据点分布在不同的3个象限，滋味差异比较明显。载荷图用来表示对第一、第二主成分贡献较大的影响因素，当影响因子越靠近样品所在的二维坐标，则说明载荷因子对其影响越大^[27]。在热风干燥样品中，鲜味、咸味和鲜味丰富性贡献较大，而微波干燥样品中甜味的贡献较大。



注:A.雷达图;B.主成分及载荷分析图。

图3 不同干燥方式处理的滑子蘑电子舌分析

Fig.3 Electronic tongue analysis of *Pholiota microspore* treated by different drying methods

3 结论

本文比较研究了热风干燥、热泵干燥和微波干燥对滑子蘑滋味物质的影响,发现微波干燥处理的滑子蘑中游离氨基酸、滋味氨基酸和有机酸总量均高于热风热泵干燥样品,虽然总5'-核苷酸含量不是最高,但其呈鲜核苷酸含量最高。此外,不同干燥方式处理的滑子蘑EUC值由大到小依次为:微波干燥>热风干燥>热泵干燥。电子舌能有效评价不同干燥方式处理的滑子蘑间的滋味差异。综上所述,微波干燥较热风和热泵干燥能够更好地保留滑子蘑中的滋味物质,是滑子蘑相对较好的干燥方式。

参考文献:

- [1] YANG X Y, NIU W R, LI R T, et al. Two new sesquiterpenes from cultures of the higher fungus *Pholiota nameko*[J]. Natural Product Research, 2019,33(14): 1992-1996. DOI: 10.1080/14786419.2018.1483921.
- [2] NIU W R, GUO C L, LOU D J, et al. One new sterpurane sesquiterpene from cultures of the basidiomycete *Pholiota nameko*[J]. Natural Product Research, 2020,34(19): 2754-2759. DOI: 10.1080/14786419.2019.1586694.
- [3] 姚星宇. 滑菇营养成分及化学成分研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
- [4] SUNG T J, WANG Y Y, LIU K L, et al. *Pholiota nameko* polysaccharides promotes cell proliferation and migration and reduces ROS content in H₂O₂-induced L929 cells[J]. Anti-oxidants, 2020, 9(1)[2022-04-21]. <https://www.mdpi.com/2076-3921/9/1/65>. DOI: 10.3390/antiox9010065.
- [5] ZHANG Y, ZHANG Y L, GAO W H, et al. A novel antitumor protein from the mushroom *Pholiota nameko* induces apoptosis of human breast adenocarcinoma MCF-7 cells in vivo and modulates cytokine secretion in mice bearing MCF-7 xenografts[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020,164: 3171-3178. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.08.187.
- [6] ABREU H, SIMAS F F, SMIDERLE F R, et al. Gelling functional property, anti-inflammatory and antinociceptive bioactivities of β -D-glucan from the edible mushroom *Pholiota nameko*[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019,122: 1128-1135. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.09.062.
- [7] LI H P, TAO Y Q, ZHAO P, et al. Effects of *Pholiota nameko* polysaccharide on NF- κ B pathway of murine bone marrow-derived dendritic cells[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2015,77: 120-130. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.03.011.
- [8] LEE Y L, JIAN S Y, MAU J L. Composition and non-volatile taste components of *Hypsizygus marmoreus* [J]. LWT-Food Science and Technology, 2009,42(2): 594-598. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.09.003.
- [9] LI X B, FENG T, ZHOU F, et al. Effects of drying methods on the tasty compounds of *Pleurotus eryngii*[J]. Food Chemistry, 2015, 166: 358-364. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.06.049.
- [10] TAYLOR M W, HERSHEY H V, LEVINE R A, et al. Improved method of resolving nucleotides by reversed-phase high-performance liquid chromatography[J]. Journal of Chromatography, 1981, 219(1): 133-139. DOI: 10.1016/s0021-9673(00)80584-1.
- [11] YAMAGUCHI S, YOSHIKAWA T, IKEDA S, et al. Measurement of the relative taste intensity of some L-a-amino acids and 5'-nucleotides[J]. Journal of Food Science, 1971, 36(6): 846-849. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1971.tb15541.x.
- [12] MCDANIEL K A, WHITE B L, DEAN L L, et al. Compositional and mechanical properties of peanuts roasted to equivalent colors using different time/temperature combinations[J]. Journal of Food Science, 2012, 77(12):1293-1299. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2012.02979.x.
- [13] 王童, 杨慧, 朱广成, 等. 热风、微波及其联合干燥对花生营养特性及感官品质的影响[J]. 核农学报, 2021,35(9): 2102-2110. DOI: 10.11869/j.issn.100-8551.2021.09.2102.
- [14] 张毅航, 方东路, 仲磊, 等. 热风干燥和真空冷冻干燥对猴头菇不同部位风味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(8): 58-67. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021070247.
- [15] 李湘利, 刘静, 肖鲜. 热风与微波及其联合干燥对香椿芽品质的影响[J]. 食品科学, 2015,36(18): 64-68. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201518011.
- [16] 朱凯阳, 任广跃, 段续, 等. 不同干燥方式对新鲜花生营养成分、理化特性及能耗的影响[J]. 食品与发酵工业. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.028871.
- [17] 王欢, 佟晓红, 钟明明, 等. 微波干燥对生物解离富肽豆粉蛋白亚基及功能性的影响[J]. 农业机械学报, 2018,49(7): 363-368. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2018.07.044.
- [18] FERNANDES Â, BARROS L B, BARREIRA J C M, et al. Effects of different processing technologies on chemical and antioxidant parameters of *Macrolepiota procera* wild mushroom[J]. LWT - Food Science and Technology, 2013, 54(2): 493-499. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.06.027.
- [19] YANG J H, LIN H C, MAU J L. Non-volatile taste components of several commercial mushrooms[J]. Food Chemistry, 2001,72(4): 465-471. DOI: 10.1016/s0308-8146(00)00262-4.
- [20] 罗鸣, 张桂容, 罗钰婕, 等. 不同干燥方式对青梅品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018,44(10): 152-159. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.016403.
- [21] 侯会, 陈鑫, 方东路, 等. 干燥方式对食用菌风味物质影响

- 研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019,10(15): 4877-4883. DOI: 10.3969/j.issn.2095-0381.2019.15.008.
- [22] 于慧萍, 胡思, 黄文, 等. 干制方式对大球盖菇滋味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2021,42(9): 251-256. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020060058.
- [23] 刘鑫焯, 李蕴澍, 马琦, 等. 不同干燥方式对杏鲍菇滋味成分的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2020,41(16): 8-13. DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2020.16.002.
- [24] CHEN W C, LI W, YANG Y, et al. Analysis and evaluation of tasty components in the pileus and stipe of *Lentinula edodes* at different growth stages.[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(3): 795-801. DOI: 10.1021/jf505410a.
- [25] MAU J L. The umami taste of edible and medicinal mushrooms[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2005, 7(1-2): 119-126. DOI: 10.1615/intjmedmushr.v7.i12.120.
- [26] 卢晓烁, 张毅航, 方东路, 等. 香菇真空冷冻干燥过程中滋味物质动态变化及鲜味评价[J]. 食品科学, 2021,42(20): 91-97. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-20200924-309.
- [27] 袁灿, 何莲, 胡金祥, 等. 基于电子舌和电子鼻结合氨基酸分析鱼香肉丝调料风味的差异[J]. 食品工业科技, 2022,43(9): 48-55. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021070282.

收稿日期:2022-05-05

《保鲜与加工》杂志 2023 年征订启事

《保鲜与加工》杂志是由天津市农业科学院主办的农产品采后技术研究领域的科技期刊,为中国科技核心期刊、RCCSE 中国核心学术期刊(A)、中国农林核心期刊和中国北方优秀期刊,本刊已被中国学术期刊(光盘版)、维普网、万方数据库、超星数据库、美国《化学文摘》(CA)、英国《食品科技文摘》(FSTA)和英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI)收录。另据中国知网的最新统计结果,《保鲜与加工》杂志的5年复合影响因子为1.411。本刊主要报道农产品保鲜与加工相关领域基础理论、新技术、新工艺、新设备、新材料的研究成果及国内外相关行业的动态与信息,设置专家论坛、保鲜研究、加工研究、检测分析、信息与物流、专题论述、技术指南、行业资讯、科普沙龙、科技前沿、政策法规等栏目。适于科技人员、农业技术推广人员、相关企业管理和技术人员、大专院校师生及广大从事保鲜与加工技术研发领域的人士参阅。

本刊为月刊,大16开本,120页,每月20日出版,国内外公开发行人,每期定价20元,全年240元,国内统一连续出版物号:CN 12-1330/S,国际标准连续出版物号:ISSN 1009-6221,邮发代号:6-146。

欢迎在全国各地邮局(所)或本编辑部订阅,欢迎广大读者踊跃投稿,并诚邀刊登各类公益性广告。

通讯地址:天津市西青区津静公路17公里处,国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)《保鲜与加工》编辑部。邮编:300384

电话(传真):022-27948711,联系邮箱:bxyjg@163.com,投稿平台:www.bxyjg.com