

不同干燥技术对香菇和杏鲍菇风味成分的影响

吴迪,谷镇,周帅,杨焱*,张劲松,刘艳芳,唐庆九

(国家食用菌工程技术研究中心,农业部南方食用菌资源利用重点实验室,上海市农业遗传育种重点开放实验室,国家食用菌加工技术研发分中心,上海市农业科学院食用菌研究所,上海 201403)

摘要:采用热风干燥、自然干燥、真空干燥、真空冷冻干燥工艺对新鲜香菇、杏鲍菇进行干燥处理,分析不同干燥方式对其感官质量及其风味物质(主要包括可溶性糖、游离氨基酸和呈味核苷酸)的影响。发现真空干燥处理得到的干品具有浓郁的蘑菇风味,游离单糖增加,游离氨基酸含量高,且含有较高的鲜味核苷酸5'-GMP。真空干燥法得到的干制蘑菇更适合调味品的开发。

关键词:香菇,杏鲍菇,干燥方法,风味

Effects of drying methods on flavor components of *Lentinus edodes* and *Pleurotus eryngii*

WU Di, GU Zhen, ZHOU Shuai, YANG Yan*, ZHANG Jin-song, LIU Yan-fang, TANG Qing-jiu

(National Engineering Research Center of Edible Fungi; Key Laboratory of Edible Fungi Resources and Utilization (South), Ministry of Agriculture, P.R.China; Key Laboratory of Agricultural Genetics and Breeding of Shanghai; National R&D Center for Edible Fungi Processing; Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China)

Abstract: Organoleptic quality, soluble sugar, free amino acids and taste nucleotides in *Lentinus edodes* and *Pleurotus eryngii* dried by different methods (hot air, natural air, vacuum and freeze drying) were investigated. The results showed that compared with other samples, the vacuum-dried samples had rich mushroom flavor, high content of free monosaccharides and free amino acids, contained more 5'-GMP. Hence, the vacuum-dried samples were more suitable to the development of mushroom seasoning.

Key words: *Lentinus edodes*; *Pleurotus eryngii*; drying method; flavor components

中图分类号:TS201.1

文献标识码:B

文章编号:1002-0306(2013)22-0188-04

香菇是世界第二大食用菌,也是我国特产之一,在民间素有“山珍”之称,杏鲍菇以“香味浓郁似杏仁,味道鲜美如鲍鱼”而得名。它们不仅具有营养功能和生理功能(药用保健),而且还具有感觉功能^[1],含有香气、鲜味等成分,是上佳的食用蔬菜和调味品,深受消费者喜爱。香味主要是嗅觉系统所能感受的挥发性风味成分如不饱和醛酮、含硫化物以及一些杂环化合物等^[2];鲜味则是通过味觉系统即舌头所品尝到,主要是由于存在一些小分子物质如可溶性糖、游离氨基酸、5'-核苷酸^[3]。新鲜食用菌一般含水量高,营养丰富,质地柔嫩,生理生化活动旺盛,因此收获后如果不及时消化,其商品品质就会受到严重影响,造成巨大的经济损失^[4]。为避免造成损失,常对采收后的新鲜食用菌进行加工,主要包括干制、罐头、腌渍及膨化^[5]等。主要方法为脱水干制,快速简

单,但处理过程中往往会出现其风味的丧失等问题,因而加工过程中研究其风味变化必不可少。

本文分别采用热风干燥、自然干燥、冷冻干燥、真空干燥工艺对新鲜香菇、杏鲍菇进行干燥处理,分析加工条件对感官质量及非挥发性风味物质(可溶性糖、游离氨基酸、呈味核苷酸)的影响,旨在为食用菌产品开发提供理论基础和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜香菇 购自上海农贸市场;新鲜杏鲍菇 购自上海国森科技有限公司;甘氨酸标准品、6种呈味核苷酸 均购自Sigma公司;分析纯十二水合磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、茚三酮、95%乙醇、果糖 均购自国药化学试剂;分析纯碘酸钾 为浙江温州助剂厂;赤藓糖醇、海藻糖、阿拉伯糖醇、甘露醇、葡萄糖标准品 均购自Sigma公司。

DZG-6050型真空干燥箱 上海森信实验仪器有限公司;SHB-ⅢA循环水式多用真空泵 郑州长城工贸有限公司;DGG-9240B型电热恒温鼓风干燥箱 上海森信实验仪器有限公司;Heto PowerDry

收稿日期:2013-05-07 * 通讯联系人

作者简介:吴迪(1982-),女,硕士研究生,研究实习员,主要从事食药菌活性物质提取制备方面的研究。

基金项目:上海市科技兴农重点攻关项目。

PL3000冻干机 赛默飞世尔科技有限公司; Waters 600型高效液相色谱 沃特世公司; Ultimate AQ-C₁₈柱 上海月旭材料科技有限公司; Dionex ICS2500型离子色谱仪, 戴安Dionex ICS2500系统, 包括: GS50四元梯度泵、LC30柱温箱、ED50A电化学检测器(金电极)、脉冲安培检测器, CarboPac MA1阴离子交换柱 美国戴安公司。

1.2 实验方法

1.2.1 干燥工艺

1.2.1.1 自然干燥 将新鲜香菇、杏鲍菇均匀铺放在搁板上, 春季10~20℃, 东南风3~4级, 自然风干, 直至物料水分含量降至10%结束干燥。

1.2.1.2 热风干燥 将新鲜香菇、杏鲍菇均匀铺放在电热恒温鼓风干燥箱搁板上, 设置温度60℃, 直至物料水分含量降至10%结束干燥。

1.2.1.3 真空干燥 将新鲜香菇、杏鲍菇均匀铺放在真空干燥箱隔板上, 开启真空泵, 抽真空20min后, 干燥箱真空度达到0.1MPa, 设置干燥箱温度为60℃, 直至物料水分含量降至10%结束干燥。

1.2.1.4 冷冻干燥 将新鲜香菇、杏鲍菇-80℃预冻存24h, 打开冷冻机, 使其压缩机工作5min后, 将物料装盘放入托盘进行冷冻干燥, 直至物料水分含量降至10%结束干燥。

1.2.2 指标测定

1.2.2.1 含水量 参照GB 5009.3-2010食品中水分的测定^[9]。

1.2.2.2 复水比 干菇在40℃热水中浸泡1h, 捞出后沥干20min, 并用吸水纸吸干其表面水分, 复水后与复水前的质量之比, 即为复水比^[7]。

1.2.2.3 感官质量评价 参照GB 8859-1988脱水蘑菇标准^[8]。

1.2.2.4 可溶性糖 测定方法采用周帅等^[9]建立的高效阴离子色谱法, 色谱条件: Dionex ICS2500系统, 包括: 四元梯度泵GS50、柱温箱LC30、电化学检测器ED50A(金电极); Chromeleon 6.0色谱工作站; CarboPac MA-1柱(4mm×250mm); 流动相为0.48mol/L NaOH, 流速为0.4mL/min, 柱温设定为30℃; 进样量25μL。

1.2.2.5 游离氨基酸 茚三酮比色法^[10]。

1.2.2.6 呈味核苷酸 参照Taylor等^[11]建立高效液相

色谱法测定。色谱柱为Ultimate AQ-C₁₈(250mm×4.6mm, 5μm), 流动相: KH₂PO₄缓冲盐(pH: 4.68), 流速1.0mL/min, 259nm检测, 柱温30℃, 进样量10μL。

1.2.3 统计分析 数据采用Excel整理及绘图, 用Spss软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 复水比的变化

经不同干燥处理后的样品, 立即进行复水实验后结果表明(表1), 冷冻干燥和自然风干处理后的干品复水比高, 真空干燥复水比最低。其原因是真空干燥和热风干燥过程中存在较长时间的高温加热, 其组织框架坍塌, 表面严重收缩而形成硬壳, 影响物料的吸水能力^[12]。冷冻干燥与自然风干的干品组织均匀、空隙加大, 从而增加了恢复原状的能力^[13]。从口感方面分析, 冷冻干燥及自然风干样品复水后口感酥脆, 而真空干燥及热风干燥样品口感较硬。

表1 不同干燥处理对复水比的影响

Table 1 Effect of drying methods on rehydration rate of *Lentinus edodes* and *Pleurotus eryngii*

干燥方式	复水比	
	杏鲍菇	香菇
自然风干	4.90±0.23 ^a	7.55±0.47 ^a
冷冻干燥	5.65±0.21 ^b	6.01±0.02 ^b
热风干燥	5.07±0.02 ^a	4.47±0.83 ^c
真空干燥	1.96±0.01 ^d	2.80±0.10 ^d

注: 同一列中不同小写字母代表差异显著, $p < 0.05$ 。

2.2 干制品感官质量的变化

从色泽、组织状态和风味3个方面对不同干燥处理后的香菇和杏鲍菇干品进行感官质量评价, 结果见表2和表3。真空干燥样品具有浓郁的蘑菇风味, 热风干燥次之, 冷冻干燥最不利于挥发性化合物的形成。真空干燥过程中由于存在热干燥过程, 可能形成许多特征风味成分, 例如亚油酸脂肪氧化酶催化形成食用菌最重要的风味物质即含八碳的挥发性化合物1-辛烯-3-醇等^[14], 因而具有浓郁的蘑菇风味。可以进一步通过GC-MS联用技术来确定挥发性香气成分的具体变化。从感官质量角度, 可以利用真空干燥制

表2 香菇不同干制品的感官质量

Table 2 Organoleptic quality of dried *Lentinus edodes* fruit bodies using different drying methods

指标	自然干燥样品	热风干燥样品	真空干燥样品	冷冻干燥样品
色泽	色泽均一, 呈深褐色	色泽均一, 呈深褐色	色泽均一, 呈褐黄色	色泽均一, 呈褐白色
组织状态	稍有收缩	收缩严重	收缩较严重	内部结构疏松, 有塌陷
风味	略有蘑菇风味	较浓郁的蘑菇风味	浓郁的蘑菇干制品风味	轻微的蘑菇风味

表3 杏鲍菇不同干制品的感官质量

Table 3 Organoleptic quality of dried *Pleurotus eryngii* fruit bodies using different drying methods

指标	自然干燥样品	热风干燥样品	真空干燥样品	冷冻干燥样品
色泽	色泽均一, 呈黄白色	色泽均一, 呈黄白色	色泽均一, 呈暗黄色	色泽均一, 呈白色
组织状态	稍有收缩	收缩严重	收缩严重	稍有收缩
风味	略有蘑菇风味	较浓郁的蘑菇风味	浓郁的蘑菇风味	轻微的蘑菇风味

备的干品制作风味调味包,能迅速提升食品的风味,增加人们的食欲。

2.3 可溶性糖含量变化

食用菌中可溶性糖的主要成分是甘露醇和海藻糖,采用离子色谱法检测不同干燥方法样品中的赤藓糖醇、阿拉伯糖醇、海藻糖、甘露醇和葡萄糖,可溶性糖标准离子色谱图见图1,样品结果如表4所示。

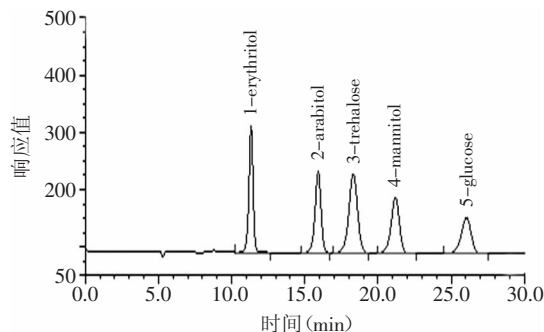


图1 标准品离子色谱图

Fig.1 Chromatograph of erythritol, arabinitol, trehalose, mannitol and glucose standards

注:峰1为赤藓糖醇;峰2为阿拉伯糖醇;峰3为海藻糖;峰4为甘露醇;峰5为葡萄糖。

从表4可知,不同干燥方法对可溶性糖的存在形式和含量均有影响,香菇和杏鲍菇采用真空干燥处理后,干品中检出还原性葡萄糖,含量分别为2.78、14.48mg/g,杏鲍菇自然干燥还原性葡萄糖含量为4.01mg/g,其他干制品中未检出;不同方法干制品可溶性糖总量整体变化不显著(香菇热风干燥除外),其存在形式变化显著。食用菌中可溶性糖是产生甜味的重要成分,其含量和种类直接影响食用菌的滋味与口感。Chen等^[15]发现甘露醇含量较高的食用菌,吃起来会有令人爽口的甜味。Mau等^[16]测定了草菇不同成熟期中的可溶性糖,发现不同时期各可溶性糖含量在一定范围内发生变化。实验结果表明,不同的干燥方法对香菇和杏鲍菇可溶性糖的种类和含量影响显著,因而干制品的风味也随之改变。

2.4 游离氨基酸含量变化

氨基酸是人体进行新陈代谢的重要物质,不仅具有各种生理功能,而且是重要的呈味物质,在食物的呈味方面发挥着十分重要的作用。食用菌味道尤为鲜美,主要是因为含有很多鲜甜味成分,其氨基酸

中有25%~35%处于游离状态^[17],称之为游离氨基酸,游离氨基酸就是一类重要的味觉活性物质。

采用茚三酮比色法测定四种干燥方式处理的样品,以甘氨酸为标准品得到标准曲线的线性方程为 $y=0.0509x+0.0881$, $r^2=0.9991$,游离氨基酸总量的分析结果如图2所示。从图2可知,香菇和杏鲍菇真空干燥样品游离氨基酸含量均最高,自然风干中游离氨基酸较少。游离氨基酸对蘑菇的鲜味有重要影响,进一步加工以后,其游离氨基酸会与还原糖发生美拉德反应而产生的醛类、含硫化合物等,均是香菇与杏鲍菇的重要风味物质。因此从游离氨基酸的角度看,真空干燥有利于香菇和杏鲍菇风味的形成。

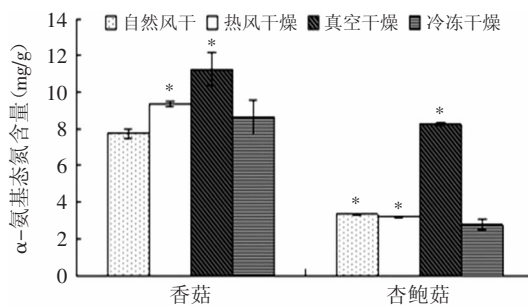


图2 干燥方法对香菇和杏鲍菇游离氨基酸的影响

Fig.2 Effect of drying methods on free amino acid of *Lentinus edodes* and *Pleurotus eryngii*

注:*代表差异显著, $p<0.05$ 。

2.5 呈味核苷酸含量变化

食用菌中特有的鲜味主要是因为食用菌中含有

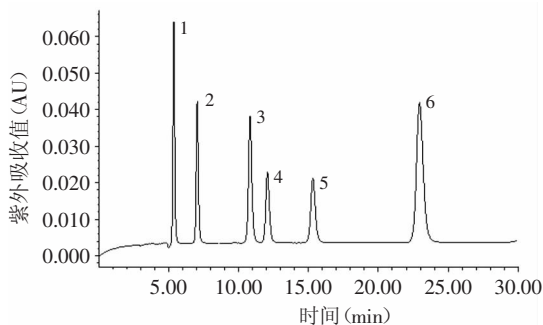


图3 5'-核苷酸混标液相色谱图

Fig.3 HPLC chromatogram of 5'-nucleotide standards

注:1:5'-CMP;2:5'-UMP;3:5'-GMP;4:5'-IMP;5:5'-XMP;6:5'-AMP。

表4 干燥方法对香菇和杏鲍菇可溶性糖的影响(mg/g)

Table 4 Effects of drying methods on soluble sugar of *Lentinus edodes* and *Pleurotus eryngii* (mg/g)

可溶性糖	香菇				杏鲍菇			
	自然风干	热风干燥	真空干燥	冷冻干燥	自然风干	热风干燥	真空干燥	冷冻干燥
阿拉伯糖醇	27.11±0.26 ^a	5.77±0.26 ^b	18.11±0.24 ^c	16.28±0.63 ^d	—	—	—	—
海藻糖	16.39±0.49 ^c	12.85±0.72 ^b	12.17±0.15 ^b	19.63±0.48 ^a	69.8±0.76 ^a	76.28±2.95 ^a	61.53±3.71 ^b	72.68±4.16 ^a
甘露醇	76.13±1.38 ^c	81.72±4.64 ^b	89.23±1.30 ^a	83.6±1.82 ^b	17.6±0.34 ^a	17.04±1.07 ^a	15.93±1.28 ^a	13.34±0.89 ^b
葡萄糖	—	—	2.78±0.40 ^a	—	4.01±0.54 ^b	—	14.48±0.85 ^a	—
总量	119.63±2.13 ^a	100.34±5.62 ^b	122.29±1.35 ^a	119.51±2.87 ^a	91.41±0.28 ^a	93.32±1.33 ^a	92.04±1.54 ^a	86.02±0.89 ^a

注:—代表未检出。不同小写字母代表同行数据差异显著, $p<0.05$ 。

大量单核苷酸, 尤其5'-鸟苷酸(5'-GMP)含量最为丰富。5'-GMP是食用菌最主要的鲜味核苷酸, 利用HPLC法测定不同干燥方法处理的香菇和杏鲍菇中5'-GMP, 比对HPLC标准图谱(图3)定性, 外标法定量, 结果如图4所示。

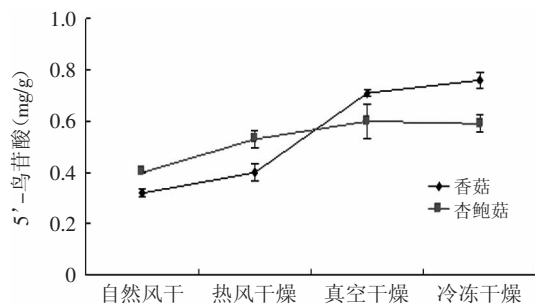


图4 干燥方法对香菇和杏鲍菇5'-GMP的影响

Fig.4 Effect of drying methods on 5'-GMP of *Lentinus edodes* and *Pleurotus eryngii*

从图4可知, 真空干燥和冷冻干燥方法处理的干品中5'-GMP含量较高, 其次是热风干燥, 自然风干处理最低。因而真空干燥和冷冻干燥有利于保存其主要的鲜味核苷酸5'-GMP, 因而经其处理后的干品风味会相对较佳。自然干燥虽然是在低温环境下, 但由于空气的存在, 蛋白质降解的影响, 加速了5'-核苷酸化合物的降解, 热风干燥的高温一定程度上也会使5'-GMP降解^[18]。

3 结论

本文探讨了不同干燥方式(热风干燥、自然干燥、真空干燥、冷冻干燥)对香菇、杏鲍菇干制过程中感官质量及主要的非挥发性呈味物质(可溶性糖、游离氨基酸和呈味核苷酸)的影响, 综合各种结果发现真空干燥处理得到的干品具有浓郁的蘑菇风味, 还原糖增加, 游离氨基酸含量高, 且含有较高的鲜味核苷酸5'-GMP。此法获得的干制香菇和杏鲍菇可以更好地运用到调味品开发中, 但由于其复水性能差, 不适于运用到干品的泡发食用。本文的研究结果为香菇和杏鲍菇风味产品的开发提供强有力的理论基础和实践依据。

参考文献

[1] 戴晓梅, 李思义. 食用菌的功能性成分与利用[J]. 蔬菜, 2000(9):33-34.

[3] 袁亚, 周利豆, 龚启明, 等. 大麦麦绿素提取技术研究[J]. 食品工业科技, 1999, 20(2):26-29.

[4] 陈红歌, 赵玮莉, 赵柏叶, 等. 从脱壳大麦中提取和纯化β-葡聚糖的研究[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(2):45-47.

[5] 程朝阳, 莫树平, 柏建玲, 等. 我国谷物饮料研究进展与生产概况[J]. 饮料工业, 2012, 15(6):6-9.

[6] 李建磊, 陆淳, 王东泽, 等. 燕麦谷物饮料的研制[J]. 食品科技, 2012, 37(3):178-181.

[7] 苟琳, 单志. 生物化学实验[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2010.2:57.

[2] 游兴勇, 许杨, 李燕萍. 食用菌非挥发性呈味物质的研究[J]. 中国调味品, 2008(8):32-35, 47.

[3] Mau J L. The umami taste of edible and medicinal mushrooms [J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2005(7):113-119.

[4] 张士昱, 金丽, 仇超. 食用菌保鲜妙法多[J]. 农民致富之友, 2003(8):16.

[5] 邢作山, 李洪忠. 食用菌干制加工技术[J]. 中国食用菌, 2009, 28(3):56-57.

[6] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.3-2010食品安全国家标准食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[7] Hammanmi C, Frederic R, Marin M. Process quality optimization of the vacuum freeze-drying of apple slices by the response surface method[J]. International Journal of Food Science Technology, 1999, 34:145-160.

[8] 中华人民共和国商业部. GB 8859-1988脱水蘑菇标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.

[9] 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海藻糖、甘露醇和阿糖醇[J]. 食用菌学报, 2011, 18(1):49-52.

[10] 天津轻工业学院, 大连轻工业学院, 无锡轻工业大学, 等. 工业发酵分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1980(9):84-86.

[11] Taylor M W, Hershey R A, Levine R A, et al. Improved method of resolving nucleotides by reverse phase high performance liquid chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 1981, 219:133-139.

[12] 刘志芳, 汪文科, 王治江, 等. 不同干燥方法对鸡腿菇干制品品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(4):108-111.

[13] 刘玉环, 刘志芳, 王治江, 等. 不同干燥方式对双胞蘑菇干制品质量的影响[J]. 食品科技, 2011, 36(10):72-74.

[14] Joseph A M. Mushroom flavor[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1981, 29(1):1-4.

[15] Chen H K. Studies on the characteristics of taste-active components in mushroom concentrate and its powderization[D]. Taichung, Taiwan: National Chung-Hsing University, 1986.

[16] Mau J L, Chyau C C, Li J Y, et al. Flavor compounds in straw mushrooms *Volvariella volvacea* harvested at different stages of maturity[J]. J Agric Food Chem, 1997, 45:4726-4729.

[17] 张树庭, 黄步汉. 食用菌的营养价值 第二讲 食用菌氨基酸[J]. 食用菌, 1986(2):45-46.

[18] 王延辉, 杨文鸽, 徐培芳. 干燥条件对双孢菇风味成分的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(2):11-15.

(上接第187页)

[8] 涂清荣. 米乳饮料的制备及其稳定性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2005.

[9] 夏肖肖, 张晖, 齐希光, 等. 大麦饮料制备工艺的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2012(10):18-21.

[10] 郭晓娜, 张少兵, 张晖, 等. 燕麦乳饮料制备工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2011(7):44-46.

[11] 张勤良, 王璋, 许时婴. 酶法生产速溶焦大麦饮料的工艺条件[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(1):152-156.

[12] 徐康, 傅亮, 孙颖莺, 等. 酶法制备燕麦乳饮料的工艺研究[J]. 食品与机械, 2009, 25(4):138-140.