

# 食用菌呈香呈味物质研究进展

谷镇<sup>1,2</sup>, 杨焱<sup>1,\*</sup>

(1.农业部南方食用菌资源利用重点实验室, 国家食用菌工程技术研究中心, 上海市农业科学院食用菌研究所, 上海 201403; 2.上海师范大学生命与环境科学学院, 上海 200234)

**摘要:**综述了近年来食用菌中呈香呈味物质的研究状况, 对目前研究报道的食用菌中挥发性呈香物质(八碳挥发性化合物、含硫化合物及酸、酮、醛、酯类化合物等)和非挥发性呈味物质(可溶性糖、呈味氨基酸、核苷酸、有机酸等)进行了概况总结, 为更好地开发食用菌风味产品提供参考。

**关键词:**食用菌, 挥发性呈香成分, 非挥发性呈味物质

## Research progress in flavor components of edible fungus

GU Zhen<sup>1,2</sup>, YANG Yan<sup>1,\*</sup>

(1.Key Laboratory of Southern Resource Utilization of Edible Fungi Ministry of Agriculture, National Engineering Research Center of Edible Fungi, Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agriculture Science, Shanghai, 201403, China; 2.College of Live and Environment Science, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

**Abstract:** Current research relating to the flavor substance in edible fungus was reviewed, including the volatile aroma substances (eight-carbon volatile compounds, sulfur compounds and acid, ketones, aldehydes, esters, etc.) and non-volatile compounds (soluble sugars, free amino acids, nucleotides, organic acids, etc.). The overview summary would provide a reference for the better development of the mushroom flavor products.

**Key words:** edible fungus; volatile flavor constituents; non-volatile taste compounds

中图分类号: TS201

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)05-0363-05

食用菌是指可供人食用的大型真菌, 它们具有肉眼可见、徒手可采、具有形状的子实体, 常见的有香菇、杏鲍菇、牛肝菌、双孢蘑菇、平菇、金针菇等<sup>[1]</sup>。食用菌含有多种活性成分, 如多糖类、核苷类、三萜类和生物碱类等, 它们具有广泛的药理作用, 如免疫调节作用<sup>[2-4]</sup>、抗肿瘤<sup>[5]</sup>、降血糖<sup>[6]</sup>、预防心血管疾病等<sup>[7]</sup>。食用菌具有很高的营养价值, 高蛋白低脂肪, 还含有丰富的膳食纤维、各种维生素和人体必需的矿物质元素等, 被推荐为十大健康食品之一<sup>[8]</sup>。食用菌不仅具有营养功能和保健功能, 还具有感觉功能(特殊香气和鲜美口味等)<sup>[9]</sup>, 是上佳的食用菜肴和调味品, 深受消费者喜爱。灰树花食之脆嫩可口, 味如鸡丝, 香气诱人; 杏鲍菇味道鲜美, 口感极佳, 被称为“平菇之王”, 具有杏仁香味等<sup>[10]</sup>。食用菌的风味包括香味和滋味, 香味主要是嗅觉系统所能感受的挥发性风味成分产生; 滋味则是通过味觉系统即舌头所品尝到, 如鲜味和甜味, 主要取决于所含的一些非挥发性呈味物质, 包括可溶性糖、呈味氨基酸、呈味核苷酸、有机酸等<sup>[11]</sup>。

### 1 挥发性呈香成分

食用菌中挥发性风味成分主要包括八碳挥发性化合物、含硫化合物和一些酸、酮、醛、酯类化合物等。不同品种、不同生长部位以及不同发育阶段的食用菌, 其所含的香味成分均有所差异<sup>[12]</sup>。李秦等<sup>[13]</sup>比较了新鲜平菇与香菇子实体中的芳香成分, 酸类物质为平菇的主要成分, 而香菇中主要香气成分为1-辛烯-3-醇、正十六烷、二甲基三硫、3-辛醇、3-辛酮和亚油酸。郑建仙<sup>[14]</sup>应用蒸馏萃取结合GC-MS对福建香菇的伞部和柄部的风味物质作了检测, 分别测出挥发性成分64种和42种。Mau<sup>[15]</sup>等对草菇5个不同发育时期的挥发性成分进行研究, 结果表明在成熟期时, 香气最浓郁, 挥发性成分多且含量丰富, 1-辛烯-3-醇等八碳化合物是其主要香气成分。邢增涛等比较了姬松茸固体发酵的菌丝体和子实体挥发性成分, 菌丝体香味成分较子实体香气成分多, 主要成分是苯甲醛和苯甲醇<sup>[16]</sup>。

食用菌中最重要的挥发性风味物是八碳化合物, 主要包括1-辛醇、1-辛烯-3-醇、3-辛醇、2-辛烯-1-醇、1-辛烯-3-酮、3-辛酮等<sup>[17-18]</sup>。它们均是由亚油酸经脂肪氧化酶催化形成而来, 具有浓郁的蘑菇风味, 尤其是1-辛烯-3-醇(即“蘑菇醇”), 普遍存在于食用菌中, 且含量丰富。在双孢蘑菇中其含量占总挥发性成分的78%, 而在鸡油菌、红乳菇、牛肝菌中其含量分别占66%、72%和49%<sup>[19-20]</sup>。1-辛烯-3-醇的风味阈值为0.1mg/L, 其含量大小能够显著影响它的气味感受, 如1-辛烯-3-醇在水中的浓度达到10mg/L时, 呈现出浓郁的略带金属味的

收稿日期: 2012-07-25 \* 通讯联系人

作者简介: 谷镇(1988-), 男, 硕士, 研究方向: 食品化学。

基金项目: 食用菌深加工关键技术研究与示范项目[沪农科攻字(2008)第8-2号]; 国家“十二五”科技支撑项目(2012BAD36B05)。

蘑菇味;当在水中的浓度达到 1mg/L 时,呈现出比较弱的蘑菇风味<sup>[21]</sup>。但稳定性并不高,各种干燥方式如自然风干、喷雾干燥、冷冻干燥等均会影响 1-辛烯-3-醇的浓度,因而一定程度上也影响风味<sup>[12]</sup>。

含硫化合物是食用菌中重要的香气来源,通常能影响菇类的整体气味。以含硫杂环化合物最为重要,尤其是 1,2,3,5,6-五硫杂环庚烷(即所谓的香菇精),是由前体物质香菇酸在谷氨酸转肽酶的作用下产生二硫杂环丙烷中间体聚合而成。刘杨珉等应用蒸馏萃取装置结合 GC-MS 技术鉴定出了 91 种香菇挥发性风味成分,其中含硫化合物 30 种,主要呈香成分为香菇精和 1,2,4-三硫杂环化合物<sup>[22]</sup>。

其他一些化合物如一些醛类、酮类、酯类等对食用菌风味起着调和或互补的作用。醛类化合物有多种香气,微量的醛可使香气更加醇厚;酮类化合物有特殊的香气,如丙酮能产生类似薄荷的香气,2-十一烷酮具有柠檬风味;酯类化合物是经低级饱和脂肪酸与醇类化合而成,具有各种果实香味<sup>[23]</sup>。

食用菌的挥发性风味成分种类繁多,它的香味不是单一化合物所能呈现出的,而是多种挥发性成分在数量上平衡的综合效果<sup>[12]</sup>。

## 2 非挥发性呈味物质

### 2.1 可溶性糖

食用菌中可溶性糖是产生甜味的主要成分,其种类和含量直接影响食用菌的滋味与口感。吉田博测定 31 种菇类中可溶性糖,发现食用菌中可溶性糖的主要成分是海藻糖和甘露醇<sup>[24]</sup>。Chen 等研究表明甘露醇含量较高的食用菌,吃起来会有令人爽口的甜味<sup>[3]</sup>。Tsai 等<sup>[25]</sup>研究姬松茸、柱状田头菇和牛肝菌非挥发性呈味物质,结果显示柱状田头菇中甘露醇含量仅为 5.70mg/g,而姬松茸和牛肝菌中含量分别高达 79.43 和 58.81mg/g。Huang 等<sup>[26]</sup>比较了蛹虫草菌丝体和子实体中的非挥发性呈味成分,发现菌丝体和子实体的可溶性糖含量差异显著,分别为 189、260mg/g。

### 2.2 呈味氨基酸

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。食用菌所含的氨基酸不仅种类齐全,一般含有 17~18 种氨基酸,而且含量丰富,香菇、平菇、双孢蘑菇、草菇等常见品种的氨基酸总量一般在 6%~21% 之间<sup>[27]</sup>。Komata<sup>[28]</sup>根据氨基酸不同的呈味特性,将这些氨基酸分成四组:即鲜味、甜味、苦味和无味。Yamaguchi 等<sup>[29]</sup>研究谷氨酸与天门冬氨酸是类似于味精的鲜味物质,表现出最典型的蘑菇风味即鲜味可口的味道。Chen 发现甘氨酸、丙氨酸、谷氨酸、苏氨酸和天门冬氨酸是具有味觉活性的氨基酸,而表现为苦味的氨基酸则没有味觉活性,主要是因为少量的苦味氨基酸被高含量的可溶性糖呈现出的甜味掩盖了。大量研究表明食用菌中氨基酸含量极为丰富,鲜甜味氨基酸总量尤其丰富,在整个氨基酸组成中占有较高的比重。宋爱荣<sup>[30]</sup>等研究了四个杏鲍菇品种氨基酸的组成,其中呈味氨基酸中谷氨酸含量最高,分别为 6.21%、4.16%、3.43% 和 2.66%。史琦云<sup>[31]</sup>分析测定了八种食用菌营养成分,发现八种食用菌中的鲜味氨基酸含量极为丰富,特别是在双孢蘑菇、香菇和金针菇中,谷氨酸含量分别为 1.06%、1.29% 和 3.15%,天门冬氨酸含量分别为 1.92%、1.56% 和 1.91%。杨秉耀<sup>[32]</sup>等人对平菇、草菇、香菇三种鲜品的氨基酸组成和含量进行分析,发现几种食用菌鲜品中鲜甜味氨基酸含量丰富:谷氨酸分别达到 0.28%、0.47% 和 0.55%,天冬氨酸分别为 0.15%、0.33% 和 0.21%,丙氨酸分别为 0.15%、0.23% 和 0.17%,甘氨酸分别为 0.09%、0.16% 和 0.13%,丝氨酸分别为 0.08%、0.15% 和 0.11%,苏氨酸分别为 0.08%、0.12% 和 0.11%。

食用菌味道鲜美,主要是因为含有很多鲜甜味活性成分,其氨基酸中有 25%~35% 处于游离状态<sup>[33]</sup>,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。Kato 和 Shallenberger 总结食用菌各游离氨基酸的呈味特性和呈味阈值,见表 1<sup>[34-35]</sup>。表 2 为总结的国内外已测食用菌中游离氨基酸的呈味组分含量,其中灰树花、羊肚菌、鸡枞菌、樟芝和蛹虫草为菌丝体,双孢菇、草菇、金针菇为罐装子实体,

表 1 各游离氨基酸呈味特性与呈味阈值

Table 1 Taste characteristics and taste threshold value of free amino acids

游离氨基酸	呈味特性	呈味阈值 (mg/mL)	游离氨基酸	呈味特性	呈味阈值 (mg/mL)
天门冬氨酸	鲜味(+)	1	酪氨酸	苦味(-)	无
谷氨酸	鲜味(+)	0.3	半胱氨酸	苦味/甜味/硫磺味(-)	无
天门冬酰胺	无味(-)	无	缬氨酸	甜味/苦味(-)	0.4
丝氨酸	甜味(+)	1.5	甲硫氨酸	苦味/甜味/硫磺味(-)	0.3
谷氨酰胺	无味(-)	无	色氨酸	苦味(-)	无
组氨酸	苦味(-)	0.2	苯丙氨酸	苦味(-)	0.9
甘氨酸	甜味(+)	1.3	异亮氨酸	苦味(-)	0.9
苏氨酸	甜味(+)	2.6	亮氨酸	苦味(-)	1.9
丙氨酸	甜味(+)	0.6	赖氨酸	甜味/苦味(-)	0.5
精氨酸	苦味/甜味(+)	0.5	脯氨酸	甜味/苦味(+)	3

注: + 表示令人愉快的; - 表示令人不愉快的。

表2 食用菌中游离氨基酸的呈味组分(mg/g干物质)

Table 2 Contents of taste characteristics of free amino acids in edible fungi(mg/g)

呈味特征	牛肝菌	柱状田头菇	姬松茸	阿魏菇	白灵菇	美味侧耳	红平菇	松杉灵芝	灰树花	羊肚菌	鸡枞菌	樟芝	蛹虫草	双孢菇	草菇	金针菇
鲜味	1.24	3.12	4.4	53.6	34	33.7	15.8	0.28	6.51	3.48	3.11	0.47	2.7	10.7	1.01	29.8
甜味	1.35	1.13	2.62	39.1	20.5	26.3	20.8	0.28	16.15	21.63	25.87	2.57	13.18	8.09	7.58	30.3
苦味	3.49	3.25	4.73	74.8	42	44.9	30.3	6.73	21.25	9.97	19.67	1.75	18.36	7.3	4.46	102
无味	2.89	2.04	3.16	16.3	9.22	11.4	7.00	5.41	2.37	0.59	1.72	3.37	33.39	16.7	14.1	85.2
总量	8.97	9.54	14.91	183.8	105.72	116.3	73.9	12.7	46.28	35.67	50.37	8.16	67.63	42.8	27.2	247

表3 食用菌5'-核苷酸的含量(mg/g)

Table 3 Contents of 5'-nucleotides in edible fungi(mg/g)

名称	牛肝菌	柱状田头菇	姬松茸	双孢菇	草菇	金针菇	灰树花	羊肚菌	鸡枞菌	樟芝	蛹虫草	松杉灵芝
5'-胞苷酸	0.66	1.12	1.27	18	6.23	58.2	1.98	6.63	3.64	1.93	4.06	0.33
5'-尿苷酸	未检出	4.97	1.43	6.44	3.23	33.3	0.66	6.08	9.52	未检出	5.61	0.09
5'-鸟苷酸	0.04	0.11	0.06	5.91	5.16	9.81	1.1	1.65	7.48	2.63	9.34	0.19
5'-肌苷酸	0.06	0.04	0.07	3.13	5.7	3.75	2.08	5.24	1.68	未检出	未检出	0.06
5'-黄苷酸	1.91	2.29	5.02	27.4	9.81	7.07	4.15	0.83	1.32	24.7	未检出	0.54
5'-腺苷酸	0.09	0.03	0.15	未检出	未检出	28.8	3.35	0.67	2.55	未检出	7.26	0.47
呈鲜核苷酸	2.01	2.44	5.15	36.5	26	20.6	7.33	7.72	10.48	27.31	9.34	0.79
总量	2.76	8.56	8	60.9	52.5	141	13.32	21.1	26.19	29.24	26.27	1.68

其余为未加工子实体<sup>[25-26,36-39]</sup>。

从表2可以看出,松杉灵芝中鲜甜味游离氨基酸占氨基酸总量的比重仅为4.41%,主要是灵芝应用更多体现在药用价值方面;金针菇中苦味氨基酸含量高达102mg/g,与其本身略微呈苦味相符;其余食用菌中鲜甜味氨基酸均占据主导位置,与它们的味道鲜美密切相关。Yang等<sup>[40]</sup>首次将食用菌中鲜味氨基酸的含量等级划分为高、中、低三组,以便于更好地客观评价食用菌中鲜味氨基酸,其中含量大于20mg/g为高组,5~20mg/g为中组,小于5mg/g鲜味氨基酸量属于低组。

### 2.3 呈味核苷酸

食用菌含有丰富的核酸,双孢蘑菇、鲍鱼菇、凤尾菇、草菇和平菇中核酸总量分别为2.66%、2.93%、4.06%、3.88%、2%<sup>[41-42]</sup>,可在特定生物酶的作用下降解为相应的核苷酸。食用菌中特有的鲜味主要是因为食用菌中含有大量单核苷酸,如5'-鸟苷酸、5'-肌苷酸、5'-黄苷酸、5'-腺苷酸,尤其5'-鸟苷酸含量最为丰富。氨基酸类鲜味成分在阈值以下并不表现出鲜味,当添加少量的5'-核苷酸,可以提高到其阈值以上从而发挥作用。此外核苷酸还对味精即MSG的鲜味有强大的助鲜作用,按照12:88的比例混合5'-鸟苷酸和MSG,混合液的鲜度相当于单独使用MSG 9.1倍的鲜度;按照12:88的比例混合5'-肌苷酸和MSG混合液的鲜度相当于单独使用MSG 8.1倍的鲜度<sup>[43]</sup>。

Taylor等<sup>[44]</sup>采用沸水提取5'-核苷酸并建立测定其含量的高效液相色谱方法,采用C<sub>18</sub>色谱分离柱,紫外检测器,检测波长为254nm,该方法快速、准确。表3为各食用菌5'-核苷酸的含量,牛肝菌、柱状田头菇、姬松茸、松杉灵芝为子实体,双孢菇、草菇、金

针菇为罐装食用菌子实体,其余为菌丝体。由表3可知菌丝体中呈鲜核苷酸多于子实体,不同品种之间也存在较大差异。食用菌呈味核苷酸的种类和含量的差异影响最终呈味。

### 2.4 有机酸

有机酸与合成酚类、氨基酸、酯类和芳香物质的代谢过程密切相关,其种类和含量的不同在一定程度上影响着独特风味的形成<sup>[45]</sup>。Fujita<sup>[46]</sup>等研究影响巨大口蘑风味的有机酸,检测到琥珀酸、草酸、乙酸、焦谷氨酸、苹果酸、延胡索酸和α-酮戊二酸,其中琥珀酸和草酸含量占优势,约为总有机酸的63.8%。山下市二研究香菇鲜度下降机理时发现香菇中含有的有机酸主要是苹果酸,还含有少量的柠檬酸和琥珀酸;随着鲜味的降低,苹果酸含量是急速上升的,而其他两种有机酸的含量没有明显变化<sup>[47]</sup>。吉田博<sup>[24]</sup>从菇的呈味成分角度测得八种市售香菇共同存在的有机酸是苹果酸、延胡索酸、焦谷氨酸、柠檬酸、乳酸、草酸、α-酮戊二酸、乙酸和甲酸,含量在1.1%~1.5%之间;其中苹果酸、焦谷氨酸、延胡索酸和柠檬酸四种有机酸约占有机酸总量的86%~92%,是香菇中主要的有机酸,并认为香菇微妙的呈味效果与有机酸有关;又测定了31种菇类的有机酸组成,发现不同种类的菇中有机酸在种类和含量上均有差异,产生独特的风味,其次琥珀酸、苹果酸和焦谷氨酸含量相对其它有机酸较高,可能是食用菌中主要的有机酸。Chen等通过对人工培育的双孢蘑菇中增减实验呈味成分,发现主要的有机酸风味成分为草酸、苹果酸与柠檬酸。Litchfield<sup>[48]</sup>报道了典型的蘑菇风味与一些不饱和脂肪酸密切相关,它们是产生风味物质的前体。一系列的研究结果表明,食用菌中的有机酸种类非常复杂,是其形成独特风味不

可或缺的一部分。

## 2.5 其他

除了可溶性糖、游离氨基酸、呈味核苷酸主要呈味成分以及有机酸外,食用菌中常规成分、无机离子及维生素等也会影响其最终呈味。

食用菌的常规成分包括水分、干物质、碳水化合物、总还原糖、灰分、粗脂肪、粗纤维、粗蛋白,这类物质直接或间接影响着食用菌的风味。碳水化合物是构成生物细胞的结构物质和能源物质的骨架,脂肪可以提供必需脂肪酸,蛋白质是生命的物质基础<sup>[49]</sup>。通过对常规成分的研究,可以很好的掌握食用菌的营养物质,更好地探讨食用菌中的呈味机理。无机离子如  $\text{Na}^+$  与谷氨酸形成谷氨酸钠盐,琥珀酸存在时也会生成琥珀酸钠盐,谷氨酸钠与琥珀酸钠均为重要的鲜味调节剂。

## 3 展望

近年来,因其独特的风味,人们对食用菌呈香呈味成分研究越来越深入。在我国,菌菇资源丰富,食用菌已广泛应用于食品加工中,素有“上等佳肴”之美誉<sup>[50]</sup>。我国食用菌的加工主要是采用新鲜或干制的子实体,从伞部、柄部、菇脚、碎屑到加工废液来生产食品、饮料、调料等食用菌产品。目前市场上关于食用菌风味产品越来越多,如草菇夹心奶片、猴头核桃酪、香菇肉松、菇味蜜饯等,以及将食用菌制成果脯类或作为辅料生产糕点的休闲食品<sup>[51-52]</sup>;利用食用菌子实体制成的调味品(主要有蘑菇、香菇、平菇酱油、蘑菇醋、香菇方便面汤料、金针菇、凤尾菇酱菜及草菇辣酱等)<sup>[53]</sup>;食用菌抽提液(蘑菇精草菇抽提物、金针菇精)<sup>[54-56]</sup>。但是往往是一些粗加工产品,一般生产工艺比较简单,成本也很低,然而这些所谓的产品,呈香呈味物质成分没有完全被释放出来,造成了很大一部分的浪费。因而探讨充分利用食用菌风味资源的制备工艺可以为风味产品开发提供新的途径。另外通过基因改造手段来获得风味优良的菌株也将是一大热点。

## 参考文献

[1] 张金霞. 中国食用菌产业科学与发展[M]. 第1版. 北京: 中国农业出版社, 2009: 1.

[2] Zhang Yu, Gu Ming, Wang Kaiping, *et al.* Structure, chain conformation and antitumor activity of a novel polysaccharide from *Lentinusedodes*[J]. *Fitoterapia*, 2010, 81(8): 1163-1170.

[3] Liang Guo, Jianhui Xie, Yuanyuan Ruan, *et al.* Characterization and immunostimulatory activity of a polysaccharide from the spores of *Ganoderma lucidum* [J]. *International Immunopharmacology*, 2009, 8: 1175-1182.

[4] Mei - Chun Kuo, Ching - Yi Weng, Choi - Lan Ha, *et al.* *Ganoderma lucidum* mycelia enhance innate immunity by activating NF- $\kappa$ B [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2006, 103: 217-222.

[5] Ribeiro LR, Mantovani MS, Ribeiro DA, *et al.* Brazilian natural dietary components (annatto, propolis and mushrooms) protecting against mutation and cancer [J]. *Hum Exp Toxicol*, 2006, 25(5):

267-272.

[6] 张树庭. 食用菌的营养与保健、药用价值[J]. 浙江食用菌, 2007, 1: 5-8.

[7] Eva Guillamon, Ana Garcia - Lafuente, Miguel Lozano. Edible mushrooms: Role in the prevention of cardiovascular diseases [J]. *Fitoterapia*, 2010, 81: 715-723.

[8] 吴梅. 食用菌食疗保健价值[J]. 新农业, 2004, 11: 48.

[9] 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.

[10] 奇云嵘. 九大珍稀食用菌简介[J]. 现代农业, 2003, 7: 37.

[11] 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.

[12] 温泉, 王锡昌. 食用菌风味成分的研究及应用进展[J]. 长江大学学报: 自然版, 2003(7): 37.

[13] 李秦, 海洋, 师会勤. 平菇与香菇挥发性香气成分的 GC/MS 分析比较[J]. 化学与生物工程, 2010, 27(2): 87-89.

[14] 郑建仙. 福建香菇风味物质的分离与鉴定[J]. 中国食用菌, 1995, 14(6): 3-6.

[15] Jeng - Leun Mau, Charng - Cherng Chyau, Juh - Yiing Li, *et al.* Flavor compounds in straw mushrooms *volvariella volvacea* harvested at different stages of maturity [J]. *J Agric Food Chem*, 1997, 45: 4726-4729.

[16] 邢增涛, 郭倩, 冯志勇. 姬松茸中挥发性风味物质的 GC-MS 分析[J]. 中药材, 2003, 26(11): 789-791.

[17] Renata Zawirska - Wojtasiak. Optical purity of (R) - (-) - Octen-3-ol in the aroma of various species of edible mushrooms [J]. *Food chemistry*, 2004, 86(1): 113-188.

[18] Jeng - leun Mau, Robert B, Gregory R Ziegler. 1-Octen-3-ol in the Cultivated mushroom, *Agaricus bisporus* [J]. *Food Sci*, 1992, 57(3): 704-706.

[19] Mau JL, Hwang SJ. Effect of gamma-irradiation on flavour compounds of fresh mushrooms [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45: 1849-1852.

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

[21] Wasowicz E. Identification of the volatile flavor compounds in mushrooms *Agaricus bisporus* [J]. *Bulletin de Academic Polonaise des Sciences*, 1974, 22(3): 143-151.

[22] 刘杨岷, 王林祥, 袁身淑, 等. 中国香菇风味成分的分离与鉴定[J]. 质谱学报, 1992, 13(1): 31-35.

[23] 宋国新, 余应新, 王林祥, 等. 香气分析技术与实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.

[24] 吉田博, 陶明勋. 三十一种菇类游离糖醇和有机酸的含量[J]. 中国食用菌, 1983(4): 12-14.

[25] Shu - Yao Tsai, Hui - Li Tsai, Jeng - Leun Mau. Non - volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Agrocybe cylindracea* and *Boletus edulis* [J]. *Food Chemistry*, 2008, 107: 977-983.

[26] Shil - Jeng Huang, Shu - Yao Tsai, Jeng - Leun Mau. Nonvolatile taste components of fruit bodies and mycelia of *Cordyceps militaris* [J]. *Food Science and Technology*, 2006, 39: 577-583.

[27] 马国瑞, 陈美慈, 石伟勇, 等. 食用菌的营养成分研究[J]. 营养学报, 1994, 16(3): 344-347.

- [28] Komata. The taste and constituents of foods [J]. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 1969, 3: 26.
- [29] Yamaguchi S, Yoshikawa T, Ikeda S, *et al.* Measurement of the relative taste intensity of some  $\alpha$ -amino acid and 5'-nucleotides [J]. Journal of Food Science, 1991, 36: 846-849.
- [30] 宋爱荣, 岳运勇, 徐坤. 四个杏鲍菇品种的氨基酸分析与比较 [J]. 菌物研究, 2005, 3(4): 11-14.
- [31] 史琦云, 邵威平. 八种食用菌营养成分的测定与分析 [J]. 甘肃农业大学学报, 2003, 38(3): 336-339.
- [32] 杨秉耀, 陈新芳, 吕雪娟. 食用菌的扫描电镜观察及氨基酸分析 [J]. 电子显微学报, 2004, 23(4): 355-355.
- [33] 张树庭, 黄步汉. 食用菌的营养价值 第二讲 [J]. 食用菌氨基酸, 1986, 2: 45-46.
- [34] Kato. Role of free amino acids and peptides in food taste [M]. 1989: 158-174.
- [35] Shallenberger R S. Taste of amino acids [J]. In Taste chemistry. London: Blackie Academic and Professional. 1993: 226-233.
- [36] Li - Qiong Guo a, Jun - Yang Lin b, Jun - Fang Lin . Non-volatile components of several novel species of edible fungi [J]. China Food Chemistry, 2007, 100: 643-649.
- [37] Shu - Yao Tsai, Chien - Ching Weng, Shil - Jeng Huang, *et al.* Nonvolatile taste components of *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces albuminosus* mycelia [J]. Food Science and Technology, 2006, 39: 1066-1071.
- [38] Tseng Y H, Lee YL, Li R C. Non-volatile flavour components of *Ganoderma tsugae* [J]. Food Chemistry, 2005, 90: 409-415.
- [39] Chang HL, Chao GR, Chen CC, *et al.* Nonvolatile taste components of *Agaricus blazei*, *Antrodia camphorata* and *Cordyceps militaris* mycelia [J]. Food Chemistry, 2001, 74: 203-207.
- [40] Joan - Hwa Yang, Hsiu - Ching Lin, Jeng - Leun Mau. Non-volatile taste components of several commercial mushrooms [J]. Food Chemistry, 2001, 72: 465-471.
- [41] 张介驰. 食用菌类调味品的开发 [J]. 中国调味品, 2007, 9: 34-36.
- [42] 王俊云, 常新奎, 陈劲. 从脱毒棉籽粕和食用菌中提取食用核酸的工艺探讨 [J]. 生物技术, 2004, 14(4): 67-69.
- [43] 何圻, 杨荣华. 鲜味物质及其在水产调味品中的应用 [J]. 中国调味品, 2005, 4: 3-8.
- [44] 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: 133-2139.
- [45] 陈发兴, 刘星辉, 陈立松. 果实有机酸代谢研究进展 [J]. 果树学报, 2005, 22(5): 526-531.
- [46] Tokio Fujita, Sadao Komemushi, Kei Yamagata. Contents of amino acids, organic acids and 5 - nucleotides in *Tricholoma giganteum* [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1991, 55(1): 159-162.
- [47] 山下市二. 香菇保鲜技术 [J]. 国外农学: 国外食用菌, 1991, 2: 20-21.
- [48] Litchfield. Morel mushroom mycelium as a food - flavoring material [J]. Biotechnology and bioengineering, 1967, 6: 289-304.
- [49] 吴梧桐. 生物化学 [M]. 第 5 版. 北京: 人民卫生出版社, 2005
- [50] 王锡昌, 陈俊卿. 顶空固相微萃取与气质联用法分析鲢肉中风味成分 [J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(2): 176-180.
- [51] 贺荣平. 食用菌系列休闲食品的开发与研究 [J]. 加工技术, 2005, 3: 37-40.
- [52] 赵义涛, 唐玉琴, 刘萍. 食用菌深加工与功能性食品开发 [J]. 中国农学学报, 2003, 19(2): 109-110.
- [53] 陈沈珍. 食用酒酿造调味品的开发和发展方向 [J]. 中国酿造, 1993, 3: 4-8.
- [54] 富永哲彦, 王纪华. 蘑菇精的制法 [J]. 中国林副特产, 1989, 3: 45-46.
- [55] 赵谋明, 郑克平. 草菇抽提物最佳提取工艺条件的研究 [J]. 食品工业科技, 1997, 18(2): 35-39.
- [56] 宋超. 金针菇精生产技术 [J]. 食品工业, 1994, 2: 35-37.

## 养生：熬夜伤身多吃五种水果

“日出而作，日落而息。”这是长期以来人类适应环境的结果。熬夜会损害身体健康。

因为人体肾上腺皮质激素和生长激素都是在夜间睡眠时才分泌的。前者在黎明前分泌，具有促进人体糖类代谢、保障肌肉发育的功能；后者在入睡后方才产生，既促进青少年的生长发育，也能延缓中老年人衰老。

故一天中睡眠最佳时间是晚上 10 时到凌晨 6 时。而吃对水果可以帮你调理身体。

一、苹果：俗话说“每天吃苹果，医生远离我”，苹果含有极丰富的果胶，可以促进排泄，防止动脉硬化。熬夜的人很容易出现内分泌失调而便秘或者肥胖、皮肤变差等，苹果中大量的维生素和苹果酸能使积存于体内的脂肪分解，可有效防止体态肥胖，增加血色素，使皮肤变得细腻。

二、杨桃：含有对人体健康有益的多种成分，如糖分、维生素 A、维生素 C 以及各种纤维质、酸素。杨桃中丰富的果酸能够抑制黑色素沉淀，并且有保湿的作用，对改善干性或油性皮肤都有显著的功效。

三、橙子：橙子富含维生素 C，维生素 C 可以避免皮肤受到日光的侵害以及电脑的辐射等等，抑制色素颗粒的形成，使皮肤白皙润泽。并且橙子中特有的纤维素和果胶物质，有利于清肠通便，排除体内有害物质，确保身体健康，增强免疫力。

四、柠檬：柠檬酸能去斑、防止色素沉着，内服外涂都很有效果。国外的美容专家称其为美容水果，常吃柠檬可帮助消化吸收，令皮肤光洁细腻。

五、葡萄：葡萄中含有丰富葡萄糖及多种维生素，对保护肝脏效果非常明显。葡萄营养价值极高，含有丰富的抗氧化成分，能延缓衰老，非常适合熬夜的人吃。

来源：新浪健康论坛