

不同来源鱼鳔的营养成分比较分析

赵敏豪^{1,2}, 黎攀^{1,2}, 张豫粤¹, 席佳¹, 叶永瀚¹, 杜冰^{1,2,*}, 田东昕^{2,3}, 钟碧奎^{2,3}

(1. 华南农业大学 食品学院, 广东 广州 510642; 2. 官栈鱼胶营养安全研究中心, 广东 广州 510642;
3. 广东参之源健康科技有限公司, 广东 广州 510000)

摘要: 鱼鳔、鲍鱼、海参及鱼翅统称为“海四珍”, 是传统的珍贵食材。市场上鱼鳔的种类众多, 然而有关不同来源鱼鳔营养成分的研究报道较少。该研究从传统食用的鲈形目鱼鳔及新资源鳕形目鱼鳔中挑选了几个代表性品种, 比较其营养成分差异。结果发现: 7种鱼鳔都是高蛋白、低脂肪食品。甘氨酸、谷氨酸、丙氨酸、脯氨酸、精氨酸和羟脯氨酸是鱼鳔的主要氨基酸, 赤嘴鱼、石首鳕鱼、黄花鱼、石斑鱼、新西兰鳕鱼、冰岛鳕鱼和红鱼的鱼鳔主要氨基酸分别占总氨基酸的 73.81%、70.04%、70.22%、67.15%、66.50%、65.50%、62.63%, 功能性氨基酸(functional amino acid, FAA): 总氨基酸(total amino acid, TAA) 约为 0.70。不同来源鱼鳔的锌、硒含量差异较大, 红鱼鳔的锌含量低于检测限, 黄花鱼鳔则高达 4.56 mg/100 g。硒含量为 19.00 μg/100 g~77.00 μg/100 g。

关键词: 鱼鳔; 营养成分; 氨基酸; 锌; 硒

Comparison of Nutritional Quality in Fish Maw Products from Different Sources

ZHAO Min-hao^{1,2}, LI Pan^{1,2}, ZHANG Yu-yue¹, XI Jia¹, YE Yong-han¹, DU Bing^{1,2,*},
TIAN Jian-xin^{2,3}, ZHONG Bi-luan^{2,3}

(1. College of Food, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China; 2. SCAU and GSE Guanzhan Fish Maw Nutrition and Security Research Center, Guangzhou 510642, Guangdong, China; 3. Guangdong Shenzhiyuan Health Technology Co., Ltd., Guangzhou 510000, Guangdong, China)

Abstract: The dried swim bladders of fish also called as fish maw, is rank in the list of four sea treasures in Chinese cuisine. There are many species of swim bladders on the market, but few researches study on the differences in the material basis of swim bladders. In this study, several representative species were selected from traditional food material, *Perciformes* swim bladders and widely approbated new food material, *Gadiformes* swim bladders as samples to compare the differences in nutrition. The results indicated that both maws were high protein sources and low in fat content. The dominant amino acids in both maws were glycine, glutamic, alanine, proline, arginine, and hydroxyproline. These amino acids constituted 73.81%, 70.04%, 70.22%, 67.15%, 66.50%, 65.50%, 62.63% of the total amino acids in sea catfish's maw, grouper catfish maw, yellow croaker maw, grouper maw, new zealand cod maw, iceland codmaw and red fish maw, respectively. The ratio of FAA and TAA (functional amino acids: total amino acids) in both maws were about 0.70. The contents of zinc and selenium in different species were quite different. The zinc content of red fish maw was lower than the detection limit, while yellow croaker maw was as high as 4.56 mg/100g. The selenium content ranges from 19.00 μg/100 g to 77.00 μg/100 g.

Key words: fish maw; proximate composition; amino acids; zinc; selenium

基金项目: 广东省重点领域研发计划项目(2020B020226008); 广东省现代农业产业技术体系创新团队建设专项资金(2019KJ125)

作者简介: 赵敏豪(1996—), 男(汉), 在读硕士, 研究方向: 天然产物和公共营养。

* 通信作者: 杜冰, 教授, 博士生导师。

引文格式:

赵敏豪,黎攀,张豫粤,等.不同来源鱼鳔的营养成分比较分析[J].食品研究与开发,2021,41(24):12-17

ZHAO Minhao, LI Pan, ZHANG Yuyue, et al. Comparison of Nutritional Quality in Fish Maw Products from Different Sources[J].Food Research and Development, 2020, 41(24):12-17

鱼鳔,又称鱼肚、鱼胶、花胶,位于鱼体腔内的背部,能膨胀或收缩控制鱼体的浮沉,同时还是鱼重要的感觉、发声和呼吸器官^[1]。在中国,鱼鳔的食用历史可追溯到北魏时期,明代《本草纲目》记载:鳔胶,烧存性,治妇人难产,产后风搐,破伤风痉,止呕血,散瘀血,消肿毒。鱼胶是一种名贵的食品和药物,与鲍鱼、鱼翅和海参齐名。东南亚国家和中国是鱼鳔的主要消费市场,鱼鳔贸易十分发达。近年来设立了愈来愈多的法律来保护鲨鱼,但太平洋、热带地区海参资源枯竭,鱼翅和海参的供给量无法满足供给需求的影响,鱼鳔作为名贵海产干制品填补鱼翅、海参供给缺口的地位应受到重视。2015年至2018年香港每年购进鱼鳔3 144 t~3 882 t,价值264亿~394亿美元,预计还将持续增长^[2]。传统的鱼鳔大都取自石首鱼,但随着需求量的增长,其他品种的鱼鳔也面向市场,新资源鱼鳔以鳕鱼鳔居多。不同品种鱼鳔价格相差极大,然而现大部分研究只关注了单一品种鱼鳔的功效成分挖掘^[3-6],不同类鱼鳔功能价值的差异研究十分匮乏,仅有部分学者对少数几种鱼鳔做了营养组分和氨基酸评价^[7-9],本研究选择市售鱼鳔:黄花鱼鳔、石斑鱼鳔、石首鳕鱼鳔、红鱼鳔,四大名胶之一的赤嘴鳕鱼鳔;新资源鱼鳔:新西兰鳕鱼鳔、冰岛鳕鱼鳔为研究对象,对比其营养物质、氨基酸组成和硒、锌含量上的差异,为消费者选择鱼鳔及鱼鳔开发利用奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄花鱼鳔、石斑鱼鳔、石首鳕鱼鳔、赤嘴鳕鱼鳔、红鱼鳔、新西兰鳕鱼鳔和冰岛鳕鱼鳔:广东参之源健康科技有限公司;柠檬酸钠(优级纯)、盐酸、氢氧化钠、乙酸镁、硝酸、高氯酸、过氧化氢、硼氢化钠、铁氰化钾、无水乙醚、石油醚(分析纯):上海纯生化科技股份有限公司。

1.2 主要仪器与设备

L-8900 氨基酸分析仪、855-3533 色谱柱:日立公司;UV-1800CP 紫外分光光度计:上海美谱达仪器有限公司;FA2004B 分析天平:上海精密科学仪器有限公司;DZKW-D-2 电热水浴锅:北京永光明医疗仪器

厂;GZX-9240MBE 电热鼓风恒温箱:上海博迅实业有限公司医疗设备厂;索氏抽提器:上海本昂科学仪器有限公司;AA-7000 原子吸收分光光度计:日本岛津有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品预处理

将完整的鱼鳔经粉碎机粉碎处理,得到鱼鳔粉,待测试使用。

1.3.2 营养组分分析

水分测定方法:105℃恒压干燥(参照GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》第一法);灰分测定方法:高温灼烧法(参照GB 5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》第一法);蛋白测定方法:凯氏定氮法(参照GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》第一法);脂肪测定方法:索氏提取法(参照GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》第二法)。

1.3.3 氨基酸分析

氨基酸测定方法参照GB 5009.124-2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》:称取24 mg 鱼鳔粉于水解管中,加入10 mL 6 mol/L 的盐酸溶液,在110℃下水解24 h,水解液滤至50 mL 容量瓶,定容,取1.5 mL 用于氨基酸分析。采用茚三酮柱前衍生法,检测波长440、570 nm,通过与标准氨基酸保留时间和峰面积比较定性、定量。

1.3.4 氨基酸评分

必需氨基酸的评分参考联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)和世界卫生组织(World Health Organization, WHO)公布的成人每日氨基酸需求参考值。按下式计算:

氨基酸评分 =

$$\frac{\text{样品中每克蛋白质中该必需氨基酸量}(\text{mg})}{\text{理想模式下每克蛋白质中该必需氨基酸量}(\text{mg})} \times 100$$

1.3.5 锌、硒元素分析

锌测定方法:火焰原子吸收光谱法(参照GB 5009.14-2017《食品安全国家标准 食品中锌的测定》第一法);硒测定方法:氢化物原子荧光光谱法(参照GB 5009.93-2017《食品安全国家标准 食品中硒的测定》第

一法)。

2 结果与分析

2.1 营养组成

各品种鱼鳔的营养组成见表 1。

表 1 不同鱼鳔的理化性质($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Physicochemical property of fish maws ($\bar{x}\pm s$)

种类	水分	灰分	蛋白质	脂肪
赤嘴鱼	17.20±0.33	1.10±0.01	76.13±0.43	0.78±0.01
石首鳐鱼	18.60±0.38	0.13±0.01	74.97±0.64	0.80±0.01
黄花鱼	15.40±0.16	0.32±0.02	75.87±0.51	1.20±0.01
石斑鱼	16.20±0.43	0.47±0.01	73.63±0.32	0.79±0.02
冰岛鳕鱼	14.10±0.51	1.70±0.04	74.70±0.27	1.30±0.01
新西兰鳕鱼	16.10±0.36	0.44±0.01	77.30±0.38	1.40±0.02
红鱼	20.60±0.28	1.90±0.03	67.19±0.44	1.00±0.02

由表 1 可知,对本次试验涉及的鱼鳔品种,水分含量大都落在 14.1%~18.6%区间范围内,红鱼鳔明显高于其他品种,含水量达 20.6%,具有良好的保湿性能,参考李幸^[10]的研究方法评价保湿性,得出相同的结论。从灰分和粗蛋白来看,红鱼鳔的灰分含量为受试对象中最高 1.90%,粗蛋白最低 67.19%。冰岛鳕鱼鳔、新西兰鳕鱼鳔脂肪含量分别为 1.30%和 1.40%,显著高于其他鱼鳔品种。推测这可能与鱼鳔的来源有关,红鱼

鳔取自红鳍笛鲷 (*Lutjanus erythropterus*),属笛鲷科 (*Lutjanidae*),鲈形目 (*Perciformes*);赤嘴鱼、石首鳐鱼、黄花鱼属同一目下的石首鱼科 (*Sciaenidae*),石斑鱼 (*Epinephelinae*)属鲈科 (*Serranidae*)下的亚科;新西兰鳕鱼、冰岛鳕鱼属鲈形目 (*Gadiformes*)。虽然肌肉和鱼鳔属于不同的组织,但通过与文献对比,却得出相似的结论,红鳍笛鲷肌肉的灰分约为 1.58%^[11],鲈形目约 1.07%^[12],石首鱼科范围在 1.14%~1.28%^[11-13],石斑鱼亚科 1.10%~1.30%^[14]。从试验结果看鱼鳔属于高蛋白、低脂肪食品。

2.2 氨基酸分布

各鱼鳔的氨基酸分布如表 2 所示。

甘氨酸、谷氨酸、丙氨酸、脯氨酸、精氨酸和羟脯氨酸是 7 种鱼鳔蛋白的主要氨基酸,约占鱼鳔氨基酸总量的 60%~70%,除丙氨酸外,都为功能性氨基酸^[15-16]。甘氨酸和谷氨酸能够调节血糖平衡,通过补充甘氨酸可以减轻胰岛素抵抗^[17],谷氨酸能够刺激胰岛 B 细胞分泌胰岛素^[18]。赤嘴鱼鳔的甘氨酸和谷氨酸总量在 7 种鱼鳔中最高为 334.10 mg/g,揭示其可能具有较好的降糖功效,其余的石首鱼鳔和鳕鱼鳔甘氨酸和谷氨酸总量处于中等水平,约为 320 mg/g。此外,甘氨酸还是血红素合成底物之一,赤嘴鱼胶的甘氨酸含量为 231.22 mg/g,较红鱼胶高 56.92 mg/g,说明赤嘴鱼胶具

表 2 鱼鳔氨基酸分布($\bar{x}\pm s$)

Table 2 Amino acid profiles of fish maws ($\bar{x}\pm s$)

氨基酸	赤嘴鱼	石首鳐鱼	黄花鱼	石斑鱼	新西兰鳕鱼	冰岛鳕鱼	mg/g 粗蛋白 红鱼
Asp ^b	56.66±0.28	62.33±0.32	62.70±0.24	60.45±0.17	64.38±0.22	71.92±0.31	73.78±0.52
Thr ^{a,b}	28.10±0.18	35.03±0.15	30.25±0.21	31.46±0.12	29.93±0.24	31.31±0.31	34.30±0.16
Ser	25.80±0.13	31.58±0.25	29.55±0.16	39.27±0.12	55.00±0.43	60.01±0.46	36.17±0.18
Glu ^b	102.88±0.44	105.69±1.21	107.91±0.35	104.28±1.54	104.68±1.07	108.64±0.65	116.39±0.77
Gly ^b	231.22±2.34	215.92±1.87	209.46±3.64	207.42±2.14	217.82±4.57	212.42±2.98	174.30±3.09
Ala	116.62±1.26	103.96±2.18	104.44±0.64	93.06±1.22	90.34±0.45	89.98±0.86	87.21±0.43
Val ^{a,b}	22.58±0.13	24.61±0.24	28.92±0.16	27.54±0.13	27.39±0.15	25.28±0.22	32.38±0.12
Cys	0.82±0.03	1.81±0.01	1.81±0.02	4.06±0.07	3.27±0.02	2.34±0.11	5.77±0.06
Met ^{a,b}	17.96±0.24	16.72±0.31	14.97±0.15	12.29±0.33	18.54±0.27	15.41±0.15	17.55±0.24
Ile ^{a,b}	9.77±0.16	13.78±0.21	15.09±0.26	22.27±0.23	15.01±0.12	19.77±0.16	28.16±0.34
Leu ^{a,b}	26.61±0.34	32.96±0.67	33.13±1.23	36.88±0.54	31.57±0.28	35.35±0.96	41.76±1.48
Tyr	8.68±0.26	10.49±0.26	10.95±0.74	13.22±0.53	11.63±0.19	10.29±0.13	17.27±0.20
Phe ^a	21.05±0.44	23.61±0.53	24.49±0.37	31.30±0.37	26.43±0.46	24.46±0.29	29.61±0.32
Lys ^a	36.82±0.45	39.16±0.34	37.27±0.53	40.95±0.54	37.99±0.67	38.54±0.45	47.06±0.23
His ^{a,b}	7.09±0.08	7.54±0.26	8.70±0.15	8.78±0.06	13.84±0.13	10.30±0.28	9.85±0.34
Arg ^b	86.12±1.35	85.73±1.34	86.93±1.27	81.87±1.06	88.01±1.22	87.41±1.18	81.74±1.22
Hyp ^o	90.11±1.28	72.87±1.43	83.23±1.27	77.07±1.73	61.57±1.12	57.62±0.65	72.06±1.90
Pro ^b	111.10±2.07	116.23±2.04	110.22±2.11	107.81±1.92	102.59±1.86	98.96±1.32	94.63±1.57
EAA/NEAA	0.20	0.24	0.24	0.27	0.25	0.25	0.32
FAA/TAA	0.70	0.72	0.71	0.70	0.71	0.72	0.70

注:EAA/NEAA 表示必需氨基酸/非必需氨基酸;FAA/TAA 表示功能性氨基酸/总氨基酸。a 为必需氨基酸;b 为功能性氨基酸。

有较好的造血功效。脯氨酸和羟脯氨酸能够相互转化,是胶原蛋白的特征氨基酸,水生动物组织中胶原蛋白与羟脯氨酸的换算系数一般为 11.10^[19]。Aquino de^[20]等通过小鼠创伤模型证实羟脯氨酸凝胶有助于促进破损组织的胶原蛋白沉积;Szoka 等^[21]发现通过在人皮肤纤维细胞培养基中添加外源脯氨酸能促进细胞分泌 I 型胶原蛋白及 HIF-1 α 转录因子的表达。石首鱼科和鲇科鱼鳔的羟脯氨酸和脯氨酸总含量在 184.89 mg/g~201.21 mg/g 之间,明显高于鳕形目和红鳍笛鲷科鱼鳔。说明赤嘴鱼、石首鳐鱼、黄花鱼和石斑鱼鳔可能具有更强的养颜护肤和组织修复功效,特别是赤嘴鱼鳔和黄花鱼鳔,按系数折合胶原蛋白含量高达 100.00%和 92.39%,见图 1。Yong Fa Zhang^[22]等的研究表明,精氨酸能够提高 T-2 毒素引起的雄性小鼠精子活力下降,促进睾丸激素的分泌,提高与实验组小鼠交配雌性小鼠的妊娠率,并且精氨酸在治疗男性勃起性功能障碍^[23]和不育症^[24]中能起到良好的效果。鳕鱼鳔

中精氨酸的含量较其他 5 种受试鱼鳔要高,新西兰鳕鱼鳔精氨酸含量为 88.01 mg/g,冰岛鳕鱼鳔为 87.41 mg/g,说明鳕鱼鳔具有更好的补肾固精的物质基础。

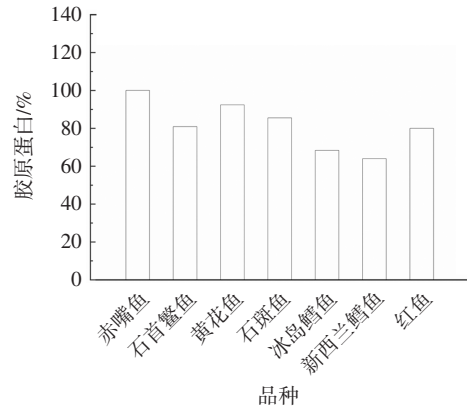


图 1 不同种类鱼鳔的胶原蛋白含量比较

Fig.1 Comparison of collagen content of fish maws

表 3 为必需氨基酸评分表。

石首鱼科 3 种鱼鳔和新西兰鳕鱼鳔的第一限制氨

表 3 鱼鳔中氨基酸评分

Table 3 Amino acid scores in fish maws

氨基酸	参考值	评分(成人)						
		赤嘴鱼	石首鳐鱼	黄花鱼	石斑鱼	新西兰鳕鱼	冰岛鳕鱼	红鱼
His	15	47.27	50.28	57.99	58.52	92.27	68.65	65.66
Ile	30	32.55	45.92	50.31	74.23	50.04	65.91	93.86
Leu	59	45.11	55.86	56.15	62.50	53.52	59.91	70.78
Lys	45	81.82	87.02	82.81	91.00	84.41	85.64	104.59
Met	16	112.28	104.48	93.57	76.81	115.88	96.29	109.71
Met+Cys	22	85.39	84.20	76.26	74.34	99.16	80.66	106.01
Phe+Tyr	30	99.13	113.67	118.12	148.41	126.85	115.85	156.28
Thr	23	122.18	152.29	131.50	136.77	130.15	136.12	149.14
Val	39	57.89	63.10	74.14	70.62	70.23	64.82	83.03

基酸为异亮氨酸,石斑鱼鳔和红鱼鳔为组氨酸,冰岛鳕鱼鳔为亮氨酸。鳕鱼鳔和红鱼鳔的氨基酸评分较高,分别为 65.91 和 65.66,赤嘴鱼鳔的评分最低为 32.55,揭示冰岛鳕鱼鳔和红鱼鳔相较于其他受试鱼鳔更能满足人体日常摄入需要,但优质蛋白如鸡蛋蛋白、酪蛋白、大豆分离蛋白和牛肉评分分别为 100.00、100.00、99.00 和 92.00^[25],鱼鳔蛋白得分与优质蛋白得分相差较大,EAA(必需氨基酸)和 NEAA(非必需氨基酸)的比值在 0.20~0.30 之间,在日常膳食中,鱼鳔不适合作为主要的食物蛋白。

2.3 锌、硒元素分析

锌、硒元素是维持机体正常生理功能必需的微量元素,各鱼鳔的锌、硒含量见图 2。

除黄花鱼鳔锌含量 4.56 mg/100 g,红鱼鳔锌含量低于检出限 0.2 mg/100 g,另 5 种鱼鳔锌含量约在 1.00 mg/100 g~1.50 mg/100 g 之间。成年男性的推荐摄

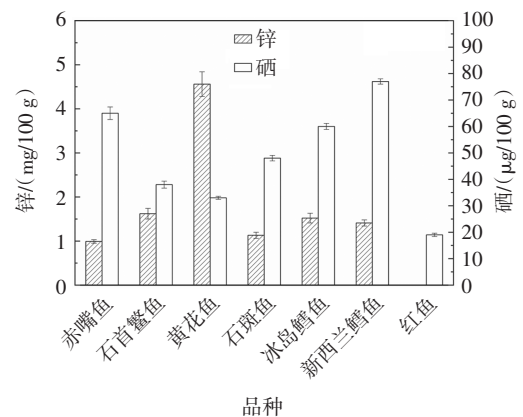


图 2 不同种类鱼鳔的锌、硒含量比较

Fig. 2 Comparison of zinc and selenium content of fish maws

摄入量(recommended nutrient intake, RNI)为 15.00 mg/d,女性 RNI 为 11.50 mg/d,一些富锌食物如海蛎肉、红螺和小麦胚粉锌含量分别 47.05、10.27、23.40 mg/100 g^[26],

鱼鳔并不是良好的补锌食品。硒元素具有保护心血管、解毒和抗肿瘤等多种作用,一般的食品如水果蔬菜、蛋奶制品和肉类硒含量都不超过 $20 \mu\text{g}/100 \text{g}$ ^[27],成年人的 RNI 为 $50 \mu\text{g}/\text{d}$ ^[26],除红鱼鳔的硒含量为 $19.00 \mu\text{g}/100 \text{g}$,其他对象硒含量都大于 $30.00 \mu\text{g}/100 \text{g}$,特别是赤嘴鱼鳔和鳕鱼鳔硒含量都不小于 $60 \mu\text{g}/100 \text{g}$,可作为一种富硒食物补充人体硒的摄入需求。在 7 种研究对象中,红鱼鳔的锌、硒水平较另外 6 种要低,石首鱼同一科中也存在较大差异,黄花鱼鳔的锌含量水平显著高于其余两种,赤嘴鱼鳔的硒水平显著高于石首鳔和黄花鱼,推测除了种属带来的差异,外部生长环境也对鱼鳔矿物质组成带来重要影响^[28]。

3 结论

研究表明石首鱼鳔和石斑鱼鳔在预防组织损伤、促进伤口愈合方面有较好的功效;鳕鱼鳔存在较强的补肾固精、解毒和血管保护作用;赤嘴鱼鳔由于富含功能性氨基酸和硒而在降糖、补血养颜、组织修复、血管保护等方面都有较好的效果,功能更为全面,这可能是其长期以来作为位列四大名胶之一的原因。然而,由于鱼鳔蛋白的氨基酸评分较低,食用鱼鳔并不适合作为人体日常摄取蛋白的方式,只能作为调节机体功能的补充摄入方式。虽然蛋白质是鱼鳔的主要组成,矿物质在机体调节上也发挥着重要作用,然而近年来越来越多的研究表明脂肪酸、多糖等也与食品的功能存在密切关系,下一步可深入挖掘不同鱼鳔中脂肪和糖胺聚糖等在结构和组成上的差异,利用代谢组学等新方法探究鱼鳔在肠道中的消化吸收机制,为鱼鳔的进一步利用和推广奠定更坚实的理论基础。

参考文献:

- [1] Blaxter J H S, Tytler P. Physiology and function of the swimbladder [M]// Advances in Comparative Physiology and Biochemistry. Amsterdam: Elsevier, 1978: 311–367
- [2] Sadovy De Mitcheson Y, To A W L, Wong N W, et al. Emerging from the murk: threats, challenges and opportunities for the global swim bladder trade[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2019, 29 (4): 809–835
- [3] 李娜. 鳕鱼鳔胶原蛋白和胶原肽特性及对细胞衰老进程干预作用与机制[D]. 上海: 上海海洋大学, 2019
- [4] 蒋玉. 鳕鱼鳔胶原蛋白延缓皮肤自然衰老作用及分子机制研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2019
- [5] 屈义. 鱼鳔糖胺聚糖的提取分离、结构表征及活性评价[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2018
- [6] 段振华, 殷安齐, 尚军, 等. 海南鳎鱼鳔营养成分分析与评价[J]. 中国食物与营养, 2006(11): 43–45
- [7] Wen J, Zeng L, Chen Z M, et al. Comparison of nutritional quality in fish maw product of croaker *Protonibea diacanthus* and perch *Lates niloticus*[J]. Journal of Ocean University of China, 2016, 15(4): 726–730
- [8] 张志军, 王李平, 方军, 等. 花胶营养成分分析及品质评价[J]. 食品工业, 2018, 39(7): 299–302
- [9] 段振华, 汪菊兰, 殷安齐, 等. 几种鱼鳔的营养成分分析与评价[J]. 食品研究与开发, 2007(10): 62–65
- [10] 李幸. 鳕鱼皮胶原肽保湿护肤效果的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014
- [11] 陈涛, 李伟峰. 红鳍笛鲷肌肉营养成分分析[J]. 海洋湖沼通报, 2016(6): 67–72
- [12] 于琴芳, 邓放明. 鲢鱼 小黄鱼 鳕鱼和海鳗肌肉中营养成分分析及评价[J]. 农产品加工(学刊), 2012(9): 11–14
- [13] 刘芳芳, 杨少玲, 林婉玲, 等. 七种海水鱼背部肌肉营养成分及矿物元素分布与健康评价[J]. 水产学报, 2019, 43(11): 2413–2423
- [14] 赵亭亭. 条纹锯鲈幼鱼对维生素 C 的需要量及几种石斑鱼肌肉营养成分的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018
- [15] Kim S W, Mateo R D, Yin Y L, et al. Functional Amino Acids and Fatty Acids for Enhancing Production Performance of Sows and Piglets[J]. Asian–Australasian Journal of Animal Sciences, 2007, 20 (2): 295–306
- [16] Li P, Yin Y, Li D, et al. Amino acids and immune function[J]. British Journal of Nutrition, 2007, 98(2): 237–252
- [17] Alves A, Bassot A, Bulteau A, et al. Glycine Metabolism and Its Alterations in Obesity and Metabolic Diseases[J]. Nutrients, 2019, 11 (6): 1356
- [18] Brosnan J T, Brosnan M E. Glutamate: a truly functional amino acid [J]. Amino Acids, 2013, 45(3): 413–418
- [19] 杨碧仙, 曹宇, 范琴芳, 等. 大鲈皮胶原蛋白制备工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(5): 195–200
- [20] de Aquino P E A, de Souza T D F G, Santos F A, et al. The Wound Healing Property of N–Methyl–(2S, 4R)–trans–4–Hydroxy–L–Proline from *Sideroxylon obtusifolium* is Related to its Anti–Inflammatory and Antioxidant Actions[J]. Journal of Evidence–Based Integrative Medicine, 2019, 24: 1986516X–2515690X
- [21] Szoka L, Karna E, Hlebowicz–Sarat K, et al. Exogenous proline stimulates type I collagen and HIF–1 α expression and the process is attenuated by glutamine in human skin fibroblasts[J]. Molecular and Cellular Biochemistry, 2017, 435(1–2): 197–206
- [22] Zhang Y F, Yang J Y, Meng X P, et al. L–arginine protects against T–2 toxin –induced male reproductive impairments in mice [J]. Theriogenology, 2019, 126: 249–253
- [23] Pahlavani N, Sadeghi O, Ebrahimi F, et al. The Effects of L–arginine Supplementation on Athletic Performance and Risk Factors of Cardiovascular Disease: Review of Current Evidence[J]. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences, 2019, 11(2): 8–16
- [24] Manssor A R J, Al–Mahdawi Z M M, Hadi A M. The effect of L–

不同培养基对香菇挥发性风味物质的影响

梁怡^{1,2,3}, 刘改霞⁴, 李朋泰¹, 郭红珍^{1,2,3}, 褚卓栋^{1,2,3}, 周志国^{1,2,3}, 尚校兰^{1,2,3,*}

(1. 廊坊师范学院 生命科学院, 河北 廊坊 065000; 2. 河北省食药菌资源高值利用技术创新中心, 河北 廊坊 065000; 3. 河北省高校食药菌资源开发应用技术研发中心, 河北 廊坊 065000; 4. 巴彦淖尔市食品药品检验所, 内蒙古 巴彦淖尔 015000)

摘要: 采用顶空固相微萃取(headspace solid-phase micro extraction, HS-SPME)对9种不同组成的培养基栽培的香菇挥发性成分进行提取, 用气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)技术进行鉴定, 并通过软独立模式分类(soft independent modeling of class analogy, SIMCA)进行主成分分析。结果表明: 9种培养基生产的香菇挥发性成分的种类差异不大, 分布在36种~43种之间, 主要是烃类、醇类、酮类物质。主成分分析发现, 柞木生产的香菇和果木生产的香菇挥发性成分相对较大。前两个主成分反应了原始变量72.1%的信息, 对第一主成分贡献最大的是3-辛醇, 其次是3-甲基-1-丁醇、3-辛酮、2-甲基-1-丁醇、2-乙基己醇; 对第二主成分贡献最大的是二甲基四硫, 其次是1,2,4-三硫戊烷、二甲基三硫、二甲基二硫。

关键词: 香菇; 挥发性成分; 培养基; 气相色谱-质谱联用; 主成分分析

Effects of Different Media on Volatile Flavor Compounds of *Lentinus edodes*

LIANG Yi^{1,2,3}, LIU Gai-xia⁴, LI Peng-tai¹, GUO Hong-zhen^{1,2,3}, CHU Zhuo-dong^{1,2,3}, ZHOU Zhi-guo^{1,2,3}, SHANG Xiao-lan^{1,2,3,*}

(1. College of Life Science, Langfang Normal University, Langfang 065000, Hebei, China; 2. Technology Innovation Center for Utilization of Edible and Medicinal Fungi in Hebei Province, Langfang 065000, Hebei, China; 3. Edible and Medicinal Fungi Research and Development Center of Hebei Universities, Langfang 065000, Hebei, China; 4. Bayannur Food and Drug Inspection Institute, Bayannur 015000, Inner Mongolia, China)

Abstract: The volatile components of *Lentinula edodes* cultivated in 9 different media were extracted by headspace solid-phase micro extraction (HS-SPME) and identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The principal components were analyzed by soft independent modeling of class analogy (SIMCA) software. The results showed that there was no significant difference among 9 kinds of volatile components, the

基金项目: 河北省重点研发计划(18227146); 河北省教育厅青年基金项目(QN2017351); 廊坊市科技计划项目(2019012001); 河北省大学生创新创业训练计划(201910100055)

作者简介: 梁怡(1999—), 女(汉), 本科在读, 研究方向: 食药菌高值利用。

* 通信作者: 尚校兰(1985—), 女(汉), 副教授, 博士, 研究方向: 肉制品与水产品品质调控。

- Arginine of treatment for infertile men on semen parameters [J]. Tikrit Journal of Pure Science, 2019, 24(5): 1-4
- [25] Joshi S, Shah S, Kalantar-Zadeh K. Adequacy of Plant-Based Proteins in Chronic Kidney Disease [J]. Journal of Renal Nutrition, 2019, 29(2): 112-117
- [26] 蔡琴美, 高永清, 吴小南. 营养与食品卫生学 (案例版) [M]. 北京: 科学出版社, 2008
- [27] Navarro-Alarcon M, Cabrera-Vique C. Selenium in food and the human body: A review [J]. Science of The Total Environment, 2008, 400(1-3): 115-141
- [28] Torrinha A, Gomes F, Oliveira M, et al. Commercial squids: Characterization, assessment of potential health benefits/risks and discrimination based on mineral, lipid and vitamin E concentrations [J]. Food and chemical toxicology, 2014, 67: 44-56
- [27] Navarro-Alarcon M, Cabrera-Vique C. Selenium in food and the

收稿日期: 2020-08-03