

DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025833

引用格式: 徐永霞, 白旭婷, 曲诗瑶, 等. 蟹味菇添加量对鳕鱼汤风味特性的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(10): 139-144.  
 XU Yongxia, BAI Xuting, QU Shiyao, et al. Effect of addition amount of crab mushroom on flavor characteristics of pollock fish soup [J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(10): 139-144.

## 蟹味菇添加量对鳕鱼汤风味特性的影响

徐永霞<sup>1</sup>, 白旭婷<sup>1</sup>, 曲诗瑶<sup>1</sup>, 赵洪雷<sup>1\*</sup>, 李学鹏<sup>1</sup>, 步莹<sup>1</sup>, 励建荣<sup>1\*</sup>, 谢晶<sup>2</sup>, 季广仁<sup>3</sup>

1(渤海大学 食品科学与工程学院, 实验中心, 生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家地方联合工程研究中心, 海洋食品精深加工关键技术省部共建协同创新中心, 辽宁 锦州, 121013) 2(上海海洋大学 食品学院, 上海, 201306)  
 3(锦州笔架山食品有限公司, 辽宁 锦州, 121007)

**摘要** 以狭鳕鱼为原料熬制鱼汤, 研究不同蟹味菇添加量对鱼汤风味特性的影响。采用电子鼻、电子舌、氨基酸自动分析仪、高效液相色谱结合感官评价等对不同蟹味菇添加量下鱼汤的风味差异进行分析。结果表明, 随着蟹味菇添加量的增加, 除苦味和色泽外的其他感官评分均呈先上升后下降的趋势, 当其添加量为 18% (质量分数) 时感官评分值最高; 电子鼻和电子舌均能较好地地区分不同蟹味菇添加量下鱼汤的气味和滋味差异; 随着蟹味菇添加量的增加, 鱼汤中有机酸和核苷酸的含量均显著增加 ( $P < 0.05$ ), 游离氨基酸总量先上升后下降, 鲜味和甜味氨基酸是菌菇鱼汤的主要呈味氨基酸, 蟹味菇的添加使鱼汤中鲜味和甜味氨基酸的含量百分比降低, 而苦味氨基酸所占百分比升高。综合感官评价结果, 当蟹味菇添加量为 18% 时, 所得鱼汤的风味和口感最佳。

**关键词** 蟹味菇; 鳕鱼; 鱼汤风味

狭鳕 (*Theragra chalcogramma*) 俗称明太鱼, 属鳕形目鳕亚目鳕科狭鳕属, 主要分布于朝鲜半岛东岸、日本海、鞑靼海峡、白令海以及黄海东部等海域<sup>[1]</sup>。鳕鱼肉甘味美, 作为高蛋白、低脂肪的深海鱼类, 具有很高的营养价值和经济价值。鳕鱼作为世界上捕捞量第二大的鱼种, 一直备受人们的青睐, 其鱼籽、鱼肉是俄罗斯、日本等北太平洋国家的传统食物, 我国居民常用鳕鱼来煲汤。

汤品在我国饮食文化中占有十分重要的地位, 自古就有吃饭喝汤的饮食习惯。目前, 国内外关于汤品的研究主要集中在猪牛羊肉、鸡肉等畜禽肉类, 虽然营养丰富、味道鲜美, 但由于其原料中脂肪和胆固醇含量较高, 不利于消化吸收<sup>[2-3]</sup>。相比畜禽肉类, 鱼肉中蛋白质含量丰富, 脂肪含量少且多为不饱和脂肪酸, 其氨基酸评分值与猪肉、鸡肉较为接近, 是熬汤的良好原料。鱼汤不仅口感醇厚、味道鲜美、营养丰富, 而且还具有一定的滋补养生功效<sup>[4]</sup>。汤在烹制时原料中的营养成分和风味物质会逐渐释放出来, 而制汤的原料、辅料及加工工艺直接影响汤的最终口感和风味品质<sup>[2, 5]</sup>。食用菌是人们日常饮食的重要组成部分之一, 也是公认的保健食品, 菌菇中含有的活性多糖具有多种

功能活性, 如降血糖、降血脂、抗氧化、增强机体免疫力等<sup>[6-7]</sup>, 同时菌菇鲜美的味道和独特的香气也深受消费者的青睐。此外, 食用菌中含有丰富的蛋白质、氨基酸和核苷酸等风味前体物质<sup>[8-9]</sup>, 经加热后会发生多种化学反应, 并产生许多新的风味物质<sup>[10]</sup>, 具有提鲜增香的作用。尤梦晨等<sup>[11]</sup>研究了不同食用菌对鸡汤风味品质的影响, 发现花菇与鸡肉熬得的高汤味道更加鲜美, 营养物质也更丰富。药食同补一直是中华民族所推崇的传统饮食习惯, 将食用菌与鱼类相结合开发具有一定保健功效的复合汤品, 既可以满足现代人追求健康的生活理念, 又可以丰富汤品的种类和市场。

鉴于此, 本研究以鳕鱼和蟹味菇为原料, 采用传统的炖煮方式熬制菌菇鳕鱼汤, 研究蟹味菇添加量对鱼汤风味品质的影响, 采用电子鼻、电子舌、氨基酸自动分析仪等分析鉴定不同蟹味菇添加量下鱼汤的风味组成差异, 为新型鱼汤类产品的研究开发提供理论参考。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 材料与试剂

鳕鱼(尾重约 500 g), 锦州市林西路水产市场; 新鲜蟹味菇, 锦州市大润发超市。

第一作者: 博士, 副教授(赵洪雷讲师和励建荣教授为共同通讯作者, E-mail: cristy320@163.com; lijr6491@163.com)

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0400705); 辽宁省教育厅项目(LJ2019008); 辽宁省兴辽英才计划项目(XLYC1807133)

收稿日期: 2020-10-09, 改回日期: 2020-11-16

甲醇, 色谱级, 国药集团化学试剂有限公司; 氯化钾、酒石酸、氢氧化钾、磷酸二氢钾、高氯酸等均为分析纯, 天津市科密欧化学试剂有限公司。

## 1.2 仪器与设备

不锈钢汤锅, 山东九阳小家电有限公司; MS105DU 型精密电子天平, 梅特勒-托利多仪器公司; DK-8D 型高速冷冻离心机, 上海一恒科技有限公司; PEN3 便携电子鼻, 德国 AIRSENSE 公司; SA-402B 电子舌, 日本 Nikon 公司; Agilent1200 高效液相色谱, 美国 Agilent 公司。

## 1.3 实验方法

### 1.3.1 菌菇鳕鱼汤的制备

冷冻鳕鱼化冻后去除头和内脏, 清洗干净后切成大小均匀的鱼块, 取 250.0 g 鱼块用少许色拉油煎至两面金黄, 按料水比 1:3 加入纯净水, 大火煮沸后分别加入鱼肉质量 6%、12%、18%、24% 和 30% (均为质量分数) 的蟹味菇, 再小火保持微沸熬煮 90 min, 出锅冷却后于 4 °C 离心 10 min (10 000 r/min), 取上清液备用。同时以未添加蟹味菇的鳕鱼汤为对照。

### 1.3.2 感官评定

参考韩辉等<sup>[12]</sup>的方法, 选取 6 名 (3 男 3 女) 身体健康、无任何感觉方面缺陷的食品专业研究生, 通过专业培训且达到要求后组成感官评定小组, 分别对鱼汤的滋味、气味、色泽和喜好度进行评分, 具体评分标准如表 1 所示。品评室要求温湿度适宜、通风良好、保持安静。每位品评人员在评价前 12 h 内禁吃辛辣刺激性食物, 每个样品评完后用清水漱口, 并间隔 10 min 再评定下一个样品。

表 1 鱼汤感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of fish soup

评价指标	评分标准		
	8~10分	4~7分	0~3分
滋味	鲜味浓郁, 无苦味, 回味醇厚, 口感柔和	鲜味一般, 稍有苦味, 回味较轻, 口感较为柔和	几乎无鲜味, 苦味明显, 回味差, 口感差
气味	香味浓郁, 鱼香和菌菇香融为一体	鱼香、菌菇香较明显, 或两者存在一定掩盖作用	菌菇味完全掩盖鱼香味
色泽	浓白色	淡黄色	黄色
喜好度	喜欢	可接受	较差

### 1.3.3 电子鼻测定

准确称取 5 g 样品于烧杯中, 用保鲜膜密封 3 层, 室温下静置 30 min 后用于电子鼻检测, 每个样品重复测定 3 次。电子鼻检测时间 120 s, 清洗时间

120 s, 顶空温度 25 °C, 选取 110 ~ 115 s 平衡处进行分析。

### 1.3.4 电子舌测定

鱼汤样品于 4 °C 下 8 000 r/min 离心 10 min, 取上清液进行 10 倍稀释, 随后取适量样品置于电子舌专用杯中, 待电子舌自动进样检测。每个样品进行 4 次循环测定, 取后 3 次测定数据的平均值。设置采样时间 120 s, 1 次/s, 每个样品设置 3 个平行样品。

### 1.3.5 有机酸的测定

参考 KONG 等<sup>[13]</sup>的方法测定样品中有机酸的含量。准确量取 5 mL 样品, 加入 0.25 mL 高氯酸 (5%, 质量分数), 充分混匀后静置 20 min, 然后于 4 °C 下 9 600 r/min 离心 10 min, 取上清液过 0.22 μm 滤膜后供液相色谱测定, 每个样品重复 3 次。

色谱条件: C<sub>18</sub> 柱 (5 μm, 4.6 mm × 250 mm), 柱温 25 °C, 紫外检测器波长 205 nm; 流动相由 95% 磷酸二氢钾 (pH 2.8) 和 5% 甲醇组成, 流速 0.5 mL/min, 进样量 5 μL。

### 1.3.6 游离氨基酸的测定

参考赵静等<sup>[14]</sup>的方法并作适当修改。鱼汤样品于 4 °C 下 12 000 r/min 离心 10 min, 取离心后的上清液过 0.45 μm 亲水滤膜, 待氨基酸自动分析仪进行检测。

色谱条件: ZORBAX Eclipse-AAA 液相色谱柱 (5 μm, 4.6 mm × 150 mm), 柱温 40 °C; 流动相 A: 40 mmol/L Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (pH 7.8), 流动相 B: V(乙腈): V(甲醇): V(水) = 45: 45: 10, 流速为 2 mL/min。

### 1.3.7 核苷酸的测定

核苷酸的测定参考 PEI 等<sup>[15]</sup>的方法并进行适当修改。准确量取 5 mL 鱼汤样品, 加入 15 mL 高氯酸, 均质后离心 (4 °C, 7 000 r/min, 10 min), 取沉淀重复上述操作, 合并 2 次上清液, 用 5 mol/L 的氢氧化钾溶液调节 pH 至 6.75, 过 0.22 μm 滤膜后上机测试。

## 1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0、Origin 9.0 以及 Excel 软件对实验数据进行处理、作图, 采用 Duncan 法进行显著性分析,  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官分析

感官评价可以直观反映消费者对鱼汤滋味、气味和色泽等感官特性的喜好情况, 不同蟹味菇添加量对鳕鱼汤感官品质的影响如图 1 所示。由图 1 可知, 随

着蟹味菇添加量的增加,除苦味和色泽外的其他感官属性评分值均呈先上升后下降的趋势,当蟹味菇添加量为18%时,菌菇鱼汤的感官评分值最高,在此添加量下所得的汤汁浓白,并且菌菇香气和鱼香味能较好地融合到一起。当蟹味菇添加量过少时,所得汤汁口感单一,香气较淡,回味不明显,影响感官评价员对鱼汤的整体喜好度;而蟹味菇添加量过高(>18%)时,所得汤汁的颜色偏黄,且菌菇的气味较为浓烈,使鱼汤原有的鱼香味受到掩盖,影响汤汁的感官品质。此外,随着蟹味菇添加量的增加,鱼汤的苦味感越来越强,可能是由于菌菇中含有较多的苦味氨基酸所导致<sup>[14]</sup>,当蟹味菇添加量大于18%时,鱼汤的苦味明显加重。

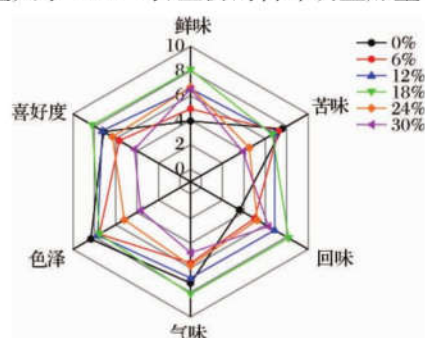


图1 不同蟹味菇添加量对鱼汤感官品质的影响  
Fig. 1 Effects of different amounts of crab mushroom on sensory quality of fish soup

## 2.2 电子鼻分析

电子鼻可以模仿人的嗅觉对样品气味整体特征的有用信息进行判断识别<sup>[16]</sup>。由图2的电子鼻主成分分析(principal component analysis, PCA)图可知,第一主成分(PC1)和第二主成分(PC2)的累积贡献率为99.16%,超过了85%,说明这2种主成分能够包含了鱼汤气味物质的大部分信息。此外,PCA分析图中不同样品之间互不重叠、交错,表明PCA分析可以区分不同蟹味菇添加量下鱼汤气味的区别,其中蟹味菇添加量为30%的鱼汤样品分布于最右侧,说明其气味显著区别于其他样品,可能是由于蟹味菇添加量最大,菌菇自身强烈的气味影响了鱼汤的整体气味。

线性判断分析(linear discriminant analysis, LDA)是通过在不同样品在空间中的分布和距离进行分析,从而使样品的组间差异增大的一种分析方法。由图2的电子鼻LDA分析图可知,LD1和LD2的贡献率之和为95.55%,可以较好地反映鱼汤样品的整体气味信息,且图中主成分1的贡献率远大于主成分2的

贡献率,说明样品在横坐标轴上间距越大,其气味差异也越大。由图2可见,蟹味菇添加量为12%、18%和24%的鱼汤样品分布较集中且无重叠,说明其气味较为接近,而蟹味菇添加量为6%、30%以及对照组样品在横坐标上距离较大且与其他样品相距较远,表明这几组样品的气味以及与其他样品差异显著。LDA分析可以有效区分不同样品的气味差异,与PCA分析相结合可以更好地区分不同蟹味菇添加量对鳕鱼汤气味的影响。

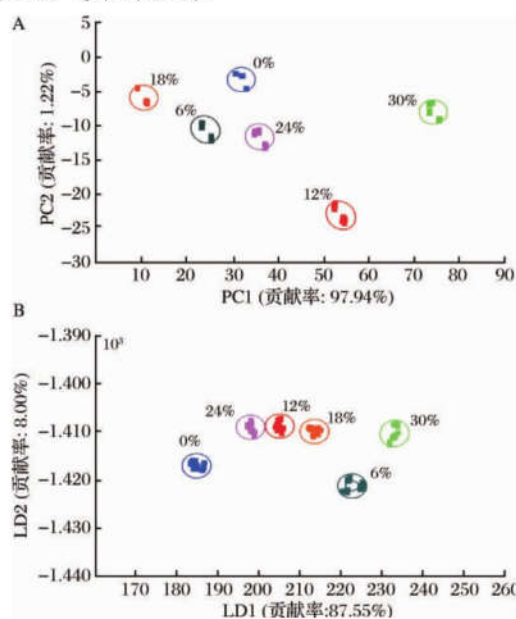


图2 电子鼻PCA分析和LDA分析  
Fig. 2 PCA analysis and LDA analysis of electronic nose

## 2.3 电子舌分析

电子舌是一种新型智能味觉分析技术,可模拟人体味觉系统快速并准确地鉴定样品的滋味,与传统的感官评价相比,电子舌对样品感官品质的评价更具客观性和重现性。电子舌的PCA可反映样品之间的滋味差异,样品之间距离越远,说明样品的滋味差异越大,反之则越小<sup>[17]</sup>。利用电子舌自带分析软件对6种鱼汤样品的信号数据进行PCA建立主成分的二维图,如图3所示。由图3可知,主成分1(PC1)和主成分2(PC2)的累积方差贡献率为95.74%,超过了85%,说明这2个主成分包含了样品的大部分信息,可以反映鱼汤样品的整体滋味轮廓,且图中PC1的贡献率远大于PC2的贡献率,表明样品在横坐标轴上间距越大,其滋味差异也越大。从图3可以明显看出对照组鱼汤样品与其他样品相距较远,说明蟹味菇的添加对鳕鱼汤的滋味有显著影响,其中对照组样品与蟹味菇添加量为6%的样品沿PC1轴上分布最近,说明其滋味更接

近。蟹味菇添加量为12%、18%和30%的样品相距较近,但互不重叠,说明几组菌菇鱼汤滋味差异不大,但可以有效区分。

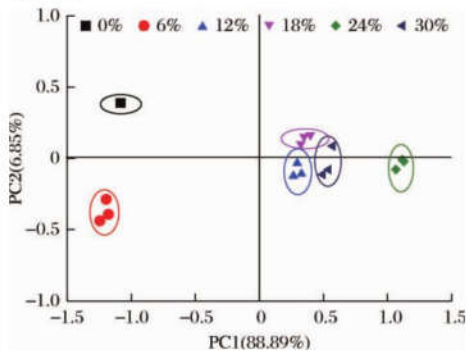


图3 电子舌主成分分析

Fig. 3 PCA analysis of electronic tongue

## 2.4 有机酸分析

有机酸是食品中重要的呈味物质之一,鱼类浸出物中发现的有机酸主要有乙酸、丙酸、乳酸、丙酮酸、琥珀酸等,通常白肉鱼中的乳酸较红肉鱼中的乳酸含量少。蟹味菇添加量对鲑鱼汤中有机酸含量的影响如表2所示。由表2可知,菌菇鱼汤中共检测出4种有机酸,分别是琥珀酸、柠檬酸、乳酸和苹果酸,且各组样品的有机酸组成中苹果酸的含量最高,琥珀酸次之,乳酸的含量最低。此外,随着蟹味菇添加量的增加,菌菇鱼汤中有机酸的含量显著增大( $P < 0.05$ ),其中对照组鱼汤中有机酸总量为4.64 mg/L,当蟹味菇添加量为30%时有机酸总量达到27.08 mg/L。琥珀酸是贝类中主要的呈鲜物质,有研究发现在鲑鱼骨汤中也检测到琥珀酸<sup>[18]</sup>。在本研究中,蟹味菇的添加使鱼汤中琥珀酸和乳酸的含量显著增加( $P < 0.05$ ),这2种有机酸和其他呈味物质间的交互作用能够增强鱼汤的鲜味。CHEN<sup>[19]</sup>研究表明苹果酸和柠檬酸是食用菌中的特征滋味物质,蟹味菇的添加使鱼汤中的苹果酸和柠檬酸含量显著增加( $P < 0.05$ )。

表2 不同蟹味菇添加量对鱼汤有机酸含量的影响

单位: mg/L

Table 2 Effects of different amounts of crab mushroom on organic acid content of fish soup

名称	蟹味菇添加量					
	0%	6%	12%	18%	24%	30%
琥珀酸	0.65 ± 0.01 <sup>c</sup>	1.73 ± 0.11 <sup>d</sup>	2.82 ± 0.03 <sup>c</sup>	4.81 ± 0.10 <sup>b</sup>	6.30 ± 0.07 <sup>a</sup>	6.45 ± 0.06 <sup>a</sup>
柠檬酸	0.87 ± 0.03 <sup>f</sup>	1.91 ± 0.03 <sup>e</sup>	1.98 ± 0.02 <sup>d</sup>	2.58 ± 0.04 <sup>c</sup>	4.03 ± 0.02 <sup>b</sup>	4.36 ± 0.05 <sup>a</sup>
乳酸	0.28 ± 0.03 <sup>e</sup>	1.35 ± 0.03 <sup>d</sup>	1.45 ± 0.02 <sup>d</sup>	2.10 ± 0.07 <sup>c</sup>	3.07 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.71 ± 0.09 <sup>b</sup>
苹果酸	2.85 ± 0.04 <sup>f</sup>	5.10 ± 0.14 <sup>e</sup>	6.67 ± 0.08 <sup>d</sup>	10.64 ± 0.11 <sup>c</sup>	11.51 ± 0.09 <sup>b</sup>	13.57 ± 0.04 <sup>a</sup>
总量	4.64 ± 0.07 <sup>f</sup>	10.09 ± 0.33 <sup>e</sup>	12.92 ± 0.10 <sup>d</sup>	20.13 ± 0.31 <sup>c</sup>	24.91 ± 0.38 <sup>b</sup>	27.08 ± 0.18 <sup>a</sup>

注:同一行不同小写字母表示各样品之间差异显著( $P < 0.05$ ) (下同)

## 2.5 游离氨基酸组成分析

游离氨基酸等小分子物质是形成汤品滋味的重要组成部分,其含量和组成均会影响汤品的滋味特征。由表3可知,菌菇鲑鱼汤中共检出12种游离氨基酸,随着蟹味菇添加量的增加,鱼汤中游离氨基酸的总量呈先上升后降低的趋势,当蟹味菇添加量为12%~18%时游离氨基酸总量较高。从呈味氨基酸组成来看,蟹味菇的添加使鱼汤中鲜味、甜味氨基酸的百分比含量降低,而苦味氨基酸所占百分比含量升高。天冬氨酸和谷氨酸是菌菇鱼汤中主要的鲜味氨基酸,YAMAGUCHI等<sup>[20]</sup>研究发现这2种氨基酸是类似于味精的鲜味物质,具有典型的蘑菇风味,而且谷氨酸盐与呈味核苷酸共同作用能够产生菌菇独特的滋味。当蟹味菇添加量为12%时,菌菇鱼汤中鲜味氨基酸总量高达26.65 mg/100mL,随着蟹味菇添加量的进一步增加其含量又逐渐降低。与对照组相比,菌菇鱼汤中苦味氨基酸的种类及含量均有所增加,且当蟹味菇添加量为24%时,苦味氨基酸总量达到最大值29.19 mg/100mL。甜味氨基酸总量在蟹味菇添加量为18%时达到最高,其中甘氨酸和丙氨酸的含量较高,甘氨酸不仅可以赋予菌菇鱼汤的清甜味,还可以降低苦味,对鱼汤的整体滋味有一定的改善作用。丙氨酸和谷氨酸共存时能够产生协同增鲜作用,可以使鱼的鲜味更加浓郁<sup>[21]</sup>。

表3 不同蟹味菇添加量对鱼汤游离氨基酸含量的影响

单位: mg/100mL

Table 3 Effects of different amounts of crab mushroom on free amino acid content of fish soup

氨基酸名称	缩写	蟹味菇添加量					
		0%	6%	12%	18%	24%	30%
天冬氨酸	Asp	1.12 ± 0.03	1.19 ± 0.02	5.12 ± 0.18	4.31 ± 0.23	3.36 ± 0.11	5.52 ± 0.05
谷氨酸	Glu	6.79 ± 0.22	6.29 ± 0.14	20.63 ± 0.03	13.70 ± 0.16	12.80 ± 0.27	11.50 ± 0.02
苏氨酸	Thr	1.98 ± 0.00	2.12 ± 0.03	4.89 ± 0.04	4.01 ± 0.07	4.57 ± 0.20	3.58 ± 0.33
丝氨酸	Ser	2.08 ± 0.13	2.22 ± 0.05	4.36 ± 0.26	3.63 ± 0.06	3.76 ± 0.04	3.39 ± 0.24
脯氨酸	Pro	4.12 ± 0.16	4.33 ± 0.43	7.56 ± 0.00	5.95 ± 0.15	6.92 ± 0.04	4.43 ± 0.14
甘氨酸	Gly	14.20 ± 0.11	13.60 ± 0.02	16.15 ± 0.18	28.90 ± 0.34	12.90 ± 0.19	11.70 ± 0.23
丙氨酸	Ala	9.38 ± 0.33	10.80 ± 0.09	19.86 ± 0.25	17.60 ± 0.11	13.30 ± 0.04	11.70 ± 0.47
鲜、甜味氨基酸		39.67 ± 0.06	40.55 ± 0.11	78.57 ± 0.39	78.10 ± 0.33	57.61 ± 0.37	51.82 ± 0.03
百分比/%		83.64	83.37	78.52	80.05	70.81	75.82
缬氨酸	Val	2.56 ± 0.07	2.62 ± 0.18	3.68 ± 0.03	2.56 ± 0.22	3.10 ± 0.13	2.32 ± 0.07
异亮氨酸	Ile	1.07 ± 0.01	1.11 ± 0.28	1.69 ± 0.13	1.23 ± 0.08	1.63 ± 0.00	1.13 ± 0.43
亮氨酸	Leu	1.56 ± 0.13	1.63 ± 0.16	2.68 ± 0.01	1.64 ± 0.08	2.04 ± 0.32	1.42 ± 0.11
赖氨酸	Lys	2.57 ± 0.06	2.73 ± 0.26	5.16 ± 0.04	6.23 ± 0.27	11.3 ± 0.15	5.94 ± 0.33
精氨酸	Arg	-	-	8.28 ± 0.07	7.80 ± 0.13	5.68 ± 0.06	5.72 ± 0.32
苦味氨基酸		7.76 ± 0.15	8.09 ± 0.21	21.49 ± 0.45	19.46 ± 0.10	23.75 ± 0.33	16.53 ± 0.17
百分比/%		16.36	16.63	21.48	19.95	29.19	24.18
总游离氨基酸		47.43 ± 0.05	48.64 ± 0.43	100.06 ± 0.37	97.56 ± 0.08	81.36 ± 0.29	68.35 ± 0.55

## 2.6 核苷酸分析

鱼肉和菌菇中除含有呈味氨基酸外,还含有呈味核苷酸,核苷酸的种类和含量以及与氨基酸类物质之间的相互作用均会影响汤品的风味品质<sup>[14]</sup>。蟹味菇添加量对鳕鱼汤中核苷酸含量的影响如表4所示。由表4可知,菌菇鱼汤中共检测出3种核苷酸,分别为5'-GMP、5'-IMP和5'-AMP,其中对照组鳕鱼汤中核苷酸总量为3.69 mg/L,添加蟹味菇后鱼汤中核苷酸的总量显著增加,说明菌菇中的核苷酸溶出并扩散到汤中从而使其含量增加。据研究报道,5'-AMP是食用菌中主要的呈鲜物质之一,具有很强的助鲜作用<sup>[22-23]</sup>,能够明显提升鳕鱼汤的鲜味。随着蟹味菇添加量的增加,5'-GMP和5'-AMP的含量呈现正相关增长趋势,而5'-IMP在蟹味菇添加量为18%时含量最高,达到6.02 mg/L。与其他核苷酸类物质相比,5'-IMP在食用菌中的含量要少且极不稳定,当汤中固形物含量达到一定浓度时可能发生降解反应,从而使其含量有所降低<sup>[24]</sup>。

表4 不同蟹味菇添加量对鱼汤核苷酸含量的影响

单位: mg/L

Table 4 Effects of different amounts of crab mushroom on nucleotide content of fish soup

化合物名称	蟹味菇添加量					
	0%	6%	12%	18%	24%	30%
5'-GMP	1.90 ± 0.18 <sup>f</sup>	3.17 ± 0.24 <sup>e</sup>	3.55 ± 0.17 <sup>d</sup>	4.33 ± 0.08 <sup>c</sup>	4.71 ± 0.11 <sup>b</sup>	6.90 ± 0.11 <sup>a</sup>
5'-IMP	1.15 ± 0.25 <sup>d</sup>	4.52 ± 0.21 <sup>e</sup>	4.80 ± 0.12 <sup>b,c</sup>	6.02 ± 0.04 <sup>a</sup>	5.25 ± 0.19 <sup>b</sup>	4.43 ± 0.33 <sup>c</sup>
5'-AMP	0.63 ± 0.21 <sup>f</sup>	2.21 ± 0.21 <sup>e</sup>	3.19 ± 0.16 <sup>d</sup>	4.95 ± 0.17 <sup>c</sup>	5.76 ± 0.11 <sup>b</sup>	7.85 ± 0.10 <sup>a</sup>
总量	3.69 ± 0.59 <sup>e</sup>	9.89 ± 0.69 <sup>d</sup>	11.54 ± 0.39 <sup>c</sup>	15.30 ± 0.68 <sup>b</sup>	15.72 ± 0.50 <sup>b</sup>	19.18 ± 0.66 <sup>a</sup>

## 3 结论

研究了不同蟹味菇添加量对鳕鱼汤风味特性的影响。感官分析结果表明,随蟹味菇添加量的增加,菌菇鱼汤的感官评分整体呈先上升后下降的趋势,当添加量为18%时感官评分值最高。电子鼻和电子舌分析可以较好地地区分不同蟹味菇添加量下鱼汤的气味和滋味差异。菌菇鱼汤中有机酸主要为苹果酸、琥珀酸、柠檬酸和乳酸,蟹味菇的添加使菌菇鱼汤中有机酸的含量显著增加;菌菇鱼汤中的游离氨基酸主要为鲜味和甜味氨基酸,蟹味菇的添加使鱼汤中鲜味、甜味氨基酸的含量百分比降低,而苦味氨基酸含量升高;与对照组鱼汤相比,菌菇鱼汤中的5'-GMP、5'-IMP和5'-AMP含量均显著增加。综合感官评价结果,当蟹味菇添加量为18%时,所得汤汁浓白,风味和口感最佳。

## 参 考 文 献

- [1] 韩洋,张彧,管玉格,等.阿拉斯加狭鳕鱼解冻工艺[J].食品与发酵工业,2016,42(9):143-148.  
HAN Y, ZHANG Y, GUAN Y, et al. Thawing technology of frozen Alaska pollock [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(9): 143-148.
- [2] QI J, LIU D Y, ZHOU G H, et al. Characteristic flavor of traditional soup made by stewing Chinese yellow-feather chickens [J]. Journal of Food Science, 2017, 82(9): 2 031-2 040.
- [3] 顾伟钢,张进杰,姚燕佳,等.3种猪肉汤体系中蛋白质降解产物的比较研究[J].中国食品学报,2012,12(2):178-185.  
GU W G, ZHANG J J, YAO Y J, et al. Comparison of protein degradation products in pork broth cooked by three different methods [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2012, 12(2): 178-185.
- [4] 冯媛,赵洪雷,曲诗瑶,等.海鲈鱼汤烹制过程中风味特性的变化[J].食品科学,2020,41(8):202-207.  
FENG Y, ZHAO H L, QU S Y, et al. Changes in flavor characteristics of sea catfish broth during cooking process [J]. Food Science, 2020, 41(8): 202-207.
- [5] LI J L, TU Z C, ZHANG L, et al. The effect of ginger and garlic addition during cooking on the volatile profile of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) soup [J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 53(8): 3 253-3 270.
- [6] ZHANG Y, LI S, WANG X, et al. Advances in lentinan: Isolation, structure, chain conformation and bioactivities [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(2): 196-206.
- [7] GOGAVEKAR S S, ROKADE S A, RANVEER R C, et al. Important nutritional constituents, flavour components, antioxidant and antibacterial properties of pleurotus sajor-caju [J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 51(8): 1 483-1 491.
- [8] PHAT C, MOON B K, CHAN L. Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system [J]. Food Chemistry, 2016, 192: 1 068-1 077.
- [9] 李雪,冯涛,宋诗清,等.不同处理方法对蟹味菇呈味物质释放的影响[J].食品科学,2020,41(10):198-205.  
LI X, FENG T, SONG S Q, et al. Effect of different pretreatment methods on the release of flavor substances from *Hypsizygus marmoratus* [J]. Food Science, 2020, 41(10): 198-205.
- [10] CHO I H, CHOI H K, KIM Y S. Difference in the volatile composition of pine-mushrooms (*Tricholoma matsutake* Sing.) according to their grades [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(13): 4 820-4 825.
- [11] 尤梦晨,徐欣如,薛丹丹,等.10种食用菌对高汤风味品质的影响[J].食品科学,2018,39(14):282-287.  
YOU M C, XU X R, XUE D D, et al. Effect of 10 edible fungi on flavor quality of soup stock [J]. Food Science, 2018, 39(14): 282-287.
- [12] 韩辉,贺雅非,胡代芳,等.响应面法优化高压即食鸡汤熬煮工艺[J].食品与发酵工业,2018,44(11):270-276.  
HAN H, HE Z F, HU D F, et al. Optimization of high-pressure instant chicken soup processing by response surface methodology [J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(11): 270-276.
- [13] KONG Y, ZHANG L L, SUN Y, et al. Determination of the free amino acid, organic acid, and nucleotide in commercial vinegars [J]. Journal of Food Science, 2017, 82(5): 1 116-1 123.

- [14] 赵静, 丁奇, 孙颖, 等. 香菇菌汤及酶解液中滋味成分及呈味特性的对比分析[J]. 食品科学, 2016, 37(24): 99–104.  
ZHAO J, DING Q, SUN Y, et al. Comparison of taste compounds and taste characteristics of shiitake mushroom soup and enzymatic hydrolysate[J]. Food Science, 2016, 37(24): 99–104.
- [15] PEI F, SHI Y, GAO X, et al. Changes in non-volatile taste components of button mushroom (*Agaricus bisporus*) during different stages of freeze drying and freeze drying combined with microwave vacuum drying[J]. Food Chemistry, 2014, 165: 547–554.
- [16] SHI H, ZHANG M, ADHIKARI B. Advances of electronic nose and its application in fresh foods: A review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2018, 58(16): 2700–2710.
- [17] LENIK J, WESOŁY M, CIOSEK P, et al. Evaluation of taste masking effect of diclofenac using sweeteners and cyclodextrin by a potentiometric electronic tongue[J]. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2016, 780: 153–159.
- [18] 步营, 李月, 杨琬琳, 等. 鲑鱼骨汤的熬制及风味物质释放规律[J]. 现代食品科技, 2020, 36(3): 226–233.  
BU Y, LI Y, YANG W L, et al. Cooking progress and flavor release of alaska pollock frame soup[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(3): 226–233.
- [19] CHEN H K. Studies on the characteristics of taste-active components in mushroom concentrate and its powderization[D]. Taizhong: National Chung-Hsing University, 1986.
- [20] YAMAGUCHI S, YOSHIKAWA T, IKEDA S, et al. Measurement of the relative taste intensity of some L- $\alpha$ -amino acids and 5'-nucleotides[J]. Journal of Food Science, 2006, 36(6): 846–849.
- [21] 刘登勇, 赵志南, 吴金城, 等. 不同地域特色熏鸡非盐呈味物质比较分析[J]. 食品科学, 2020, 41(2): 238–243.  
LIU D Y, ZHAO Z N, WU J C, et al. Comparative analysis of non-salt taste compounds in featured smoked chickens from different regions[J]. Food Science, 2020, 41(2): 238–243.
- [22] YIN C, FAN X, FAN Z, et al. Comparison of non-volatile and volatile flavor compounds in six *Pleurotus* mushrooms[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019, 99(4): 1691–1699.
- [23] ROTOLA-PUKKILA M, YANG B, HOPIA A. The effect of cooking on umami compounds in wild and cultivated mushrooms[J]. Food Chemistry, 2019, 278: 56–66.
- [24] DERMIKI M, PHANPHENSOPHON N, MOTTRAM D S, et al. Contributions of non-volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavour of shiitake mushroom extracts and their application as flavour enhancers in cooked minced meat[J]. Food Chemistry, 2013, 141(1): 77–83.

## Effect of addition amount of crab mushroom on flavor characteristics of pollock fish soup

XU Yongxia<sup>1</sup>, BAI Xuting<sup>1</sup>, QU Shiyao<sup>1</sup>, ZHAO Honglei<sup>1\*</sup>, LI Xuepeng<sup>1</sup>, BU Ying<sup>1</sup>,  
LI Jianrong<sup>1\*</sup>, XIE Jing<sup>2</sup>, JI Guangren<sup>3</sup>

1(College of Food Science and Engineering, Laboratory Center, Bohai University, National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products, Collaborative Innovation Center of Seafood Deep Processing, Jinzhou 121013, China) 2(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China) 3(Jinzhou Bijiashan Food Co. Ltd., Jinzhou 121007, China)

**ABSTRACT** Pollock was used as raw material to prepare fish soup, and the effect of the different addition amount of crab mushroom on the flavor characteristics of fish soup was studied. Electronic nose, electronic tongue, automatic amino acid analyzer, high-performance liquid chromatography combined with sensory evaluation were used to analyze the flavor difference of fish soup with different amounts of crab mushroom. The results showed that with the increase amount of crab mushroom, the sensory scores except bitter taste and color increased first and then decreased, and the sensory score was the highest when the addition amount was 18%. The smell and taste of fish soup with different amounts of crab mushroom could be effectively distinguished by electronic nose and electronic tongue. With the increase of the number of crab mushrooms, the contents of organic acid and nucleotide in the fish soup increased significantly ( $P < 0.05$ ). The total amount of free amino acids increased firstly and then decreased, and the umami and sweet amino acids were the main flavor amino acids in mushroom fish soup. The addition of crab mushroom reduced the percentage content of umami and sweet amino acids in fish soup, while the percentage content of bitter amino acids increased. Combined with the results of sensory evaluation, the best flavor and taste of the fish soup was obtained when the addition amount of crab mushroom was 18%.

**Key words** *Hypsizygus marmoreus*; *Theragra chalcogramma*; flavor of fish soup