

DOI: 10.3969/j.issn.1000-9973.2023.04.016

引文格式: 付雪媛, 郭晓华, 董浩, 等. 不同工艺下北极甜虾头调味基料的特征风味分析[J]. 中国调味品, 2023, 48(4): 90-95.

FU X Y, GUO X H, DONG H, et al. Characteristic flavor analysis of *Pandalus borealis* head seasoning basic materials under different processes[J]. China Condiment, 2023, 48(4): 90-95.

## 不同工艺下北极甜虾头调味基料的特征风味分析

付雪媛<sup>1</sup>, 郭晓华<sup>2</sup>, 董浩<sup>2</sup>, 杜芬<sup>1</sup>, 李八方<sup>1\*</sup>

(1. 青岛海洋生物医药研究院, 山东 青岛 266071; 2. 山东美佳集团有限公司, 山东 日照 276827)

**摘要:** 以北极甜虾头为原料, 采用物理抽提法、生物酶解法以及两者联合法制备海鲜调味基料, 探究其风味特征及形成机理。采用氨基酸自动分析仪、高效液相色谱仪、电感耦合等离子体原子发射光谱仪、电子舌分析呈味氨基酸、5'-呈味核苷酸以及无机离子等非挥发性风味物质, 并采用味觉活性值 (taste activity value, TAV) 确定其中主要的呈味物质及贡献度, 采用电子鼻分析其挥发性风味特征。结果表明, 生物酶解法所得调味基料的蛋白质含量、氨基酸评分更高, 氨基酸组成更加合理, 无机离子  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  对其风味贡献度更高; 物理抽提法所得还原糖含量更高, 呈味氨基酸、5'-核苷酸对其风味贡献度较高; 3 种基料的分子量无显著差异; 电子鼻、电子舌结果显示物理抽提法所得基料具有更加明显的鲜味特征。物理抽提法联合生物酶解法所得北极甜虾头调味基料兼具风味与营养价值, 且生物资源利用率高, 该法所得调味基料可进一步复配加工成相关海鲜调味料。

**关键词:** 北极甜虾; 海鲜调味基料; 营养评价; 风味特征

中图分类号: TS254.5

文献标志码: A

文章编号: 1000-9973(2023)04-0090-06

### Characteristic Flavor Analysis of *Pandalus borealis* Head Seasoning Basic Materials Under Different Processes

FU Xue-yuan<sup>1</sup>, GUO Xiao-hua<sup>2</sup>, DONG Hao<sup>2</sup>, DU Fen<sup>1</sup>, LI Ba-fang<sup>1\*</sup>

(1. Qingdao Marine Biomedical Research Institute, Qingdao 266071, China;

2. Shandong Meijia Group Co., Ltd., Rizhao 276827, China)

**Abstract:** *Pandalus borealis* head is used as the raw material to prepare seafood seasoning basic materials by physical extraction method, biological enzymolysis method and the combination of the two methods, and their flavor characteristics and formation mechanism are explored. The non-volatile flavor substances including flavor amino acids, 5'-nucleotides and inorganic ions are analyzed by automatic amino acid analyzer, high performance liquid chromatograph (HPLC), inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) and electronic tongue, the taste activity value (TAV) is adopted to determine the main flavor substances and their contribution degree, and the volatile flavor characteristics are analyzed by electronic nose. The results show that the seasoning basic materials obtained by biological enzymolysis method have higher protein content and amino acid score, the amino acid composition is more reasonable, and the inorganic ions  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  contribute more to their flavor. The seasoning basic materials obtained by physical extraction method have higher reducing sugar content, flavor amino acids, 5'-nucleotides contribute more to their flavor. There is no obvious difference in the molecular weight of the three basic materials. The results of electronic nose and electronic tongue analysis show that the seasoning basic materials obtained by physical extraction method have more obvious umami characteristic. *Pandalus borealis* head seasoning basic materials obtained by the combination of physical extraction method and biological enzymolysis method have both flavor and nutritional value, and the biological resource utilization rate is higher. The seasoning basic materials obtained by this method can be further compounded and processed into relevant seafood seasonings.

**Key words:** *Pandalus borealis*; seafood seasoning basic materials; nutritional evaluation; flavor characteristics

收稿日期: 2022-09-22

基金项目: 泰山产业领军人才工程专项经费资助 (HYJK2021001)

作者简介: 付雪媛 (1990—), 女, 工程师, 硕士, 研究方向: 食品生物技术、海洋食品的研究与开发。

\* 通信作者: 李八方 (1953—), 男, 教授, 博士生导师, 博士, 研究方向: 海洋生物活性肽的开发。

北极甜虾(*Pandalus borealis*),学名北方长额虾,分布于北冰洋和北大西洋海域<sup>[1]</sup>,肉质紧密、口感微甜、味道鲜美,具有丰富的营养价值。研究表明,北极甜虾油脂中含有大量甘油三酯形式的 n-3 多不饱和脂肪酸以及长链单不饱和脂肪酸,并具有天然虾青素异构体以及营养类胡萝卜素<sup>[2]</sup>;同时蛋白质含量丰富,氨基酸组成合理,含有多多种必需氨基酸<sup>[3]</sup>;北极甜虾副产物的酶解物具有抗氧化及血管紧张素转换酶抑制活性<sup>[4]</sup>;微量元素分析显示北极甜虾中含有丰富的 Ca<sup>2+</sup> 和 Mg<sup>2+</sup><sup>[5]</sup>。

目前市面上常见的海鲜调味料主要以鱼、虾、贝类为原料,经过抽提、分解、加热、浓缩等工艺<sup>[6]</sup>,使天然鲜味释放,加工成为鱼露、蚝油、海鲜酱等形式,常见的加工方式有分解型和抽提型。分解型调味料是通过加酸、加酶、发酵等方式将原料分解,形成富含氨基酸、多肽、有机酸的调味液;抽提型海鲜调味料是经过抽提、分离、混合等产生鲜味浓郁的天然浸出物,常用方法有水提法、醇提法。

目前对北极甜虾的生物利用主要集中在其副产物的高值化开发方面,例如采用超临界流体萃取技术或溶剂法对加工副产物中类胡萝卜素、n-3 多不饱和脂肪酸的提取<sup>[2]</sup>,或对其蒸煮液中蛋白质的分离<sup>[3]</sup>,以及对虾壳中甲壳素的提取<sup>[7]</sup>,利用北极甜虾副产物加工海鲜调味品目前尚未见报道。有学者以竹节虾虾头为原料,利用酶解技术制备液体调味料<sup>[8]</sup>;还有学者以冷冻南极磷虾为原料,采用复合酶解的方式制备具有浓郁虾味的调味粉<sup>[9]</sup>;姚玉静等<sup>[10]</sup>以牡蛎和虾头、虾壳为原料研制了一款即食海鲜调味酱。本研究以北极甜虾加工副产物为原料,比较研究了物理抽提法、生物酶解法以及联合法对调味基料风味特征的影响,确定最佳加工方式,为北极甜虾副产物开发海鲜调味料提供了理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

北极甜虾头:日照美佳集团有限公司;风味蛋白酶(130 000 U/g):北京索莱宝科技有限公司;色谱用标准品及试剂:国家标准物质研究中心;石油醚、甲醛、氢氧化钠(均为分析纯):国药集团化学试剂有限公司;其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

Agilent 1260 高效液相色谱仪、7700e 电感耦合等离子体原子发射光谱仪 美国安捷伦科技有限公司;L-8900 氨基酸自动分析仪 日本日立公司;PEN3 电子鼻 德国 AIRSENSE 公司;TS5000Z 电子舌 日本 Insent 公司;SKD-100 凯氏定氮仪 上海沛欧分析仪器有限公司;BSA2202S 电子天平 梅特勒-托利多仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 北极甜虾头调味基料制备

以 3 种不同方式制备北极甜虾头调味基料,制备工艺条件见表 1。

表 1 北极甜虾头调味基料制备工艺  
Table 1 The preparation process of *Pandalus borealis* head seasoning basic materials

| 名称   | 工艺   | 操作过程                                                                                                                 |
|------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 工艺 1 | 物理抽提 | 取北极甜虾头清洗、粉碎后,按料液比 1:2 加入纯水于蒸煮锅中,小火慢炖 3 h,冷却后过滤得到上清液,冻干后即为该方法所得基料                                                     |
| 工艺 2 | 生物酶解 | 取北极甜虾头清洗、粉碎后,按料液比 1:3 加入纯水于酶解锅中,按 2 000 U/g 加入风味蛋白酶,于 55 ℃、pH 7 条件下搅拌酶解 2 h,灭酶后冷却过滤得到上清液,冻干后即为该方法所得基料                |
| 工艺 3 | 联合法  | 取北极甜虾头清洗、粉碎后,按料液比 1:2 加入纯水于蒸煮锅中,小火慢炖 3 h,冷却后过滤得到上清液 1 和滤渣,滤渣按上述条件进行酶解,灭酶后冷却过滤得到上清液 2,将上清液 1 与上清液 2 合并,冻干后即为该方法所得调味基料 |

1.3.2 营养成分

水分:参照 GB 5009.3—2016,采用直接干燥法;灰分:参照 GB 5009.4—2016,采用灼烧法;蛋白质:参照 GB 5009.5—2016,采用半微量凯氏定氮法;总脂:参照 GB 5009.6—2016,采用索氏抽提法;还原糖:参照 GB 5009.7—2016,采用直接滴定法。

1.3.3 氨基酸分析

参照 GB 5009.124—2016,采用氨基酸自动分析仪测定。称取 10~20 mg 固体样品于具塞试管中,加入 10 mL 盐酸溶液(6 mol/L),于 110 ℃ 消化 22 h,冷却后定容至 50 mL,取 1 mL 赶酸后,用纯水定容至 2 mL,经 0.22 μm 水相微孔滤膜过滤后进样。仪器参数:855-4506 型离子交换柱(4.6 mm×60 mm,3 μm),柱温 57 ℃,泵流速 0.4 mL/min,进样体积 20 μL,分析时间 50 min。

1.3.4 分子量分析

参照 GB 31645—2018,采用高效液相色谱法进行测定。称取固体样品大约 10 mg,用 2 mL 超纯水溶解。5 000 r/min 离心 10 min,采用 0.22 μm 水膜过滤后上样。仪器参数:TSKgel G2000SWXL 色谱柱,柱温 30 ℃,体积流量 0.8 mL/min,流动相为乙腈与 0.2% 三氟乙酸体积比 1:1 的混合溶液,检测波长 220 nm,结果通过 GPC 软件进行分析。

1.3.5 呈味离子分析

Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup> 采用电感耦合等离子体原子发射光谱法<sup>[11]</sup>进行测定;Cl<sup>-</sup> 按照 GB 5009.44—2016,采用直接沉淀滴定法测定。

1.3.6 呈味核苷酸分析

参照 Chen 等<sup>[12]</sup>的方法,采用高效液相色谱法,准确称取 2.00 g 样品,然后加入 10 mL 4 ℃ 的 5% 高氯酸于冰浴中匀浆,4 000 r/min 离心 10 min,取上清液,再用 10 mL 高氯酸溶液对沉淀物重提 2 次,合并上清液,用 NaOH 溶液调节 pH 至 6.5,定容至 100 mL。仪器参数:色谱柱:Extend-C<sub>18</sub> 柱(250 mm×4.6 mm,5 μm),柱温 25 ℃;流动相 A:超纯水,流动相 B:甲醇(色谱纯),采用 90% A、10% B 洗脱;进样量 10 μL,流速为 0.5 mL/min。检测器:Waters 2998 紫外检测器,检测波长为 260 nm。

1.3.7 电子鼻分析

准确称取 2 g 待测样品,溶解于 100 mL 温水中,置于顶空瓶中密封静置 30 min。电子鼻清洗和采集时间均为 80 s,进样流速为 400 mL/min,结果以传感器响应信号值表示。电子鼻传感器性能描述见表 2。

表 2 电子鼻传感器性能描述

| Table 2 Description of performance of electronic nose sensors |           |           |                |                                    |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------------|------------------------------------|
| 阵列<br>序号                                                      | 传感器<br>名称 | 传感器<br>符号 | 性能描述           | 灵敏物质及阈值/<br>(mL/cm <sup>-3</sup> ) |
| 1                                                             | W1C       | R1        | 芳香成分,苯类        | 甲苯,10                              |
| 2                                                             | W5S       | R2        | 灵敏度大,对氮氧化合物很灵敏 | 二氧化氮,1                             |
| 3                                                             | W3C       | R3        | 氨水,对芳香成分灵敏     | 苯,10                               |
| 4                                                             | W6S       | R4        | 主要对氢气有选择性      | 氢气,100                             |
| 5                                                             | W5C       | R5        | 烷烃芳香成分         | 丙烷,1                               |
| 6                                                             | W1S       | R6        | 对甲烷等短链烷烃灵敏     | 甲烷,100                             |
| 7                                                             | W1W       | R7        | 对无机硫化物灵敏       | 硫化氢,1                              |
| 8                                                             | W2S       | R8        | 对醇类、醚类、醛类、酮类灵敏 | 一氧化碳,100                           |
| 9                                                             | W2W       | R9        | 对芳香成分、有机硫化物灵敏  | 硫化氢,1                              |
| 10                                                            | W3S       | R10       | 对烷烃、长链烷烃类灵敏    | 甲烷,10                              |

1.3.8 电子舌分析

准确称取 2 g 待测样品,溶解于 100 mL 温水中,置于电子舌专用烧杯中。电子舌传感器依次在清洗液中清洗 90 s,在参比溶液中清洗 120 s,在另一组参比溶液中清洗 120 s,使传感器归零 30 s 至平衡条件后开始采集,采集时间为 30 s,循环 3 次取平均值,结果以传感器响应信号值表示。

1.3.9 TAV 分析

TAV 用以评价单种风味成分对食品滋味的贡献大小,其计算公式为:TAV=待测样品中呈味物质浓度/该物质的呈味阈值。TAV<1 表示该种物质对食物的滋味没有贡献;TAV≥1 表示该种物质对食物的滋味产生贡献,且其数值越大,贡献度越大。

1.4 数据分析

对所有数据利用 SPSS 21.0 统计软件进行处理,多组数据之间统计学差异采用单因素方差分析,统计值为“平均值±标准差”, $P<0.05$  表示有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分

北极甜虾头调味基料的基本营养成分见表 3。

表 3 北极甜虾头调味基料基本营养成分

| Table 3 The basic nutrients of <i>Pandalus borealis</i> head seasoning basic materials |                         |                         |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 成分                                                                                     | 含量/%                    |                         |                         |
|                                                                                        | 工艺 1                    | 工艺 2                    | 工艺 3                    |
| 水分                                                                                     | —                       | —                       | —                       |
| 灰分                                                                                     | 14.5±0.43 <sup>a</sup>  | 17.1±0.25 <sup>a</sup>  | 16.55±0.55 <sup>a</sup> |
| 脂肪                                                                                     | 5.16±0.05 <sup>a</sup>  | 3.49±0.06 <sup>a</sup>  | 3.85±0.04 <sup>a</sup>  |
| 蛋白质                                                                                    | 59.53±1.22 <sup>a</sup> | 68.66±1.47 <sup>b</sup> | 64.74±1.31 <sup>b</sup> |
| 还原糖                                                                                    | 12.5±0.96 <sup>a</sup>  | 0.9±0.01 <sup>b</sup>   | 4.27±0.08 <sup>c</sup>  |

注:“—”表示未检出,同行不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下表同。

3 种处理方式下未检测到水分含量,灰分和脂肪含量无明显差异;工艺 2 所得基料的蛋白质含量为(68.66±1.47)%,高于工艺 1( $P<0.05$ )和工艺 3 蛋白质含量,原因可能是蛋白质经酶解后更多的水溶性肽段和氨基酸释放,易被抽提出;工艺 1 所得基料的还原糖含量为(12.5±0.96)%,高于其他两种工艺所得还原糖含量( $P<0.05$ ),原因可能是高温处理过程中更多的可溶性还原糖溶出。综合来看,3 种方式所得的北极甜虾头调味基料均具有高蛋白、低脂肪的特点,较低的油脂水平可以防止物料氧化,延长保存期限,同时降低人体对能量的摄入。

2.2 氨基酸组成

北极甜虾头调味基料的氨基酸组成见表 4。

表 4 北极甜虾头调味基料氨基酸组成分析

| Table 4 The amino acid composition analysis of <i>Pandalus borealis</i> head seasoning basic materials |       |       |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| 氨基酸种类                                                                                                  | 含量/%  |       |       |
|                                                                                                        | 工艺 1  | 工艺 2  | 工艺 3  |
| 天门冬氨酸 Asp*                                                                                             | 4.11  | 5.51  | 4.96  |
| 谷氨酸 Glu*                                                                                               | 8.05  | 7.88  | 8.3   |
| 丙氨酸 Ala*                                                                                               | 3.99  | 3.88  | 4.13  |
| 甘氨酸 Gly*                                                                                               | 6.10  | 3.48  | 5.07  |
| 胱氨酸 Cys #                                                                                              | 0.12  | 0.13  | 0.1   |
| 脯氨酸 Pro                                                                                                | 3.48  | 2.85  | 3.35  |
| 丝氨酸 Ser                                                                                                | 1.94  | 2.80  | 2.34  |
| 酪氨酸 Tyr*                                                                                               | 1.26  | 2.47  | 1.84  |
| 非必需氨基酸总量 NEAA                                                                                          | 29.05 | 29.00 | 30.09 |
| 组氨酸 His                                                                                                | 0.81  | 1.60  | 1.19  |
| 精氨酸 Arg                                                                                                | 3.04  | 3.81  | 3.45  |
| 半必需氨基酸总量 SEAA                                                                                          | 3.85  | 5.41  | 4.64  |
| 缬氨酸 Val @                                                                                              | 2.42  | 3.06  | 2.8   |
| 蛋氨酸 Met #                                                                                              | 1.22  | 1.72  | 1.49  |
| 苯丙氨酸 Phe*                                                                                              | 1.66  | 2.52  | 2.08  |
| 异亮氨酸 Ile @                                                                                             | 2.05  | 2.68  | 2.41  |
| 亮氨酸 Leu @                                                                                              | 3.60  | 4.21  | 3.99  |
| 赖氨酸 Lys                                                                                                | 2.85  | 3.17  | 3.11  |
| 苏氨酸 Thr                                                                                                | 2.01  | 2.81  | 2.42  |
| 色氨酸 Trp                                                                                                | —     | —     | —     |
| 必需氨基酸总量 EAA                                                                                            | 15.81 | 20.17 | 18.30 |
| 呈味氨基酸总量 DAA                                                                                            | 25.17 | 25.74 | 26.38 |
| 含硫氨基酸总量 SAA                                                                                            | 1.34  | 1.85  | 1.59  |
| 支链氨基酸总量 BCAA                                                                                           | 8.07  | 9.95  | 9.20  |
| 氨基酸总量 TAA                                                                                              | 48.71 | 54.58 | 53.03 |
| EAA/TAA                                                                                                | 32.46 | 36.95 | 34.51 |
| EAA/NEAA                                                                                               | 54.42 | 69.55 | 60.82 |
| DAA/TAA                                                                                                | 51.67 | 47.16 | 49.75 |

注:“\*”为呈味氨基酸,“#”为含硫氨基酸,“@”为支链氨基酸,“—”表示未检出。

3 种工艺所得基料的谷氨酸含量最高,分别为 8.05%、7.88%、8.3%,色氨酸未检出。谷氨酸、丙氨酸和甘氨酸等均为重要的呈味氨基酸,其总和占氨基酸总量比例(DAA/TAA)分别为 51.67%、47.16%、49.75%,因此工艺 1 的鲜美程度优于工艺 2 和工艺 3,说明物理抽提法可提取出更多的风味氨基酸,味道更加鲜美。FAO/WHO 的理想模式认为,EAA/TAA 接近 40% 说明营养价值较好,氨基酸评分接近 1 则结构合理,易被人体吸收利用<sup>[13]</sup>,3 种工艺所得基料的 EAA/TAA 分别有 32.46%、36.95% 和 34.51%,氨基酸评分分别为 0.79、0.97、0.86,工艺 2 最接近 FAO/WHO 的标准,说明工艺 2 的营养价值优于工艺 1 和工艺 3。

2.3 呈味氨基酸

水产食品的风味特征由呈味氨基酸、呈味核苷酸等物质共同呈现,其含量在一定程度上决定了水产食品的口味<sup>[14]</sup>。食物中当某种呈味氨基酸含量超过一定浓度时会被人体感知,该浓度即为呈味阈值。液体基料中呈味氨基酸的 TAV 值见表 5。

表 5 北极甜虾头调味基料呈味氨基酸分析  
Table 5 The flavor amino acid analysis of *Pandalus borealis* head seasoning basic materials

| 呈味氨基酸     | 特征 | 阈值/(mg/100 g) <sup>[15]</sup> | TAV  |      |      |
|-----------|----|-------------------------------|------|------|------|
|           |    |                               | 工艺 1 | 工艺 2 | 工艺 3 |
| 天门冬氨酸 Asp | 鲜甜 | 100                           | 0.95 | 0.75 | 1.05 |
| 谷氨酸 Glu   | 鲜  | 30                            | 6.17 | 3.57 | 5.84 |
| 丙氨酸 Ala   | 甜  | 60                            | 1.53 | 0.88 | 1.45 |
| 甘氨酸 Gly   | 甜  | 130                           | 1.08 | 0.36 | 0.82 |
| 苯丙氨酸 Phe  | 苦  | 90                            | 0.42 | 0.38 | 0.49 |
| 酪氨酸 Tyr   | 苦  | —                             | —    | —    | —    |

注:“—”表示无法计算 TAV。

3 种工艺所得基料中谷氨酸的 TAV 值最高,分别为 6.17、3.57、5.84,说明 3 种基料均能明显感知到谷氨酸的鲜味;工艺 1 的丙氨酸和甘氨酸的 TAV 均大于 1,工艺 3 的天门冬氨酸和丙氨酸的 TAV 均大于 1,说明这些氨基酸均为该基料贡献了可以被感知的鲜甜滋味;苦味氨基酸的 TAV 均小于 1,无法被人体感知,酪氨酸因难溶于水故无法得出。研究表明,风味蛋白酶属于兼具内、外切作用的复合蛋白酶,可切断苦味肽末端的疏水性氨基酸,从而降低苦味<sup>[16]</sup>,因此这 3 种基料的苦味氨基酸不明显。综合来看,工艺 1 和工艺 3 的鲜甜味优于工艺 2。

2.4 分子量

蛋白质分子量反映蛋白质的结构形式和消化吸收特性,相对分子量在 2 000 Da 以下的肽具有一定生理活性且更易被吸收<sup>[17]</sup>。3 种工艺所得基料的分子量分布见图 1,其蛋白质重均分子量分别为 193、164、186 Da,从分布图谱看其分子量分布均较为集中。分子量在

200 Da 以下,说明 3 种工艺所得调味基料中蛋白质以小分子肽段或游离氨基酸形式存在,均易被人体吸收利用。研究表明,小分子肽段具有抗疲劳、增强人体免疫力、美容护肤等活性<sup>[18]</sup>,因此证明不同加工方式所得基料均具有良好的消化吸收性能并可能具备一定生理活性。

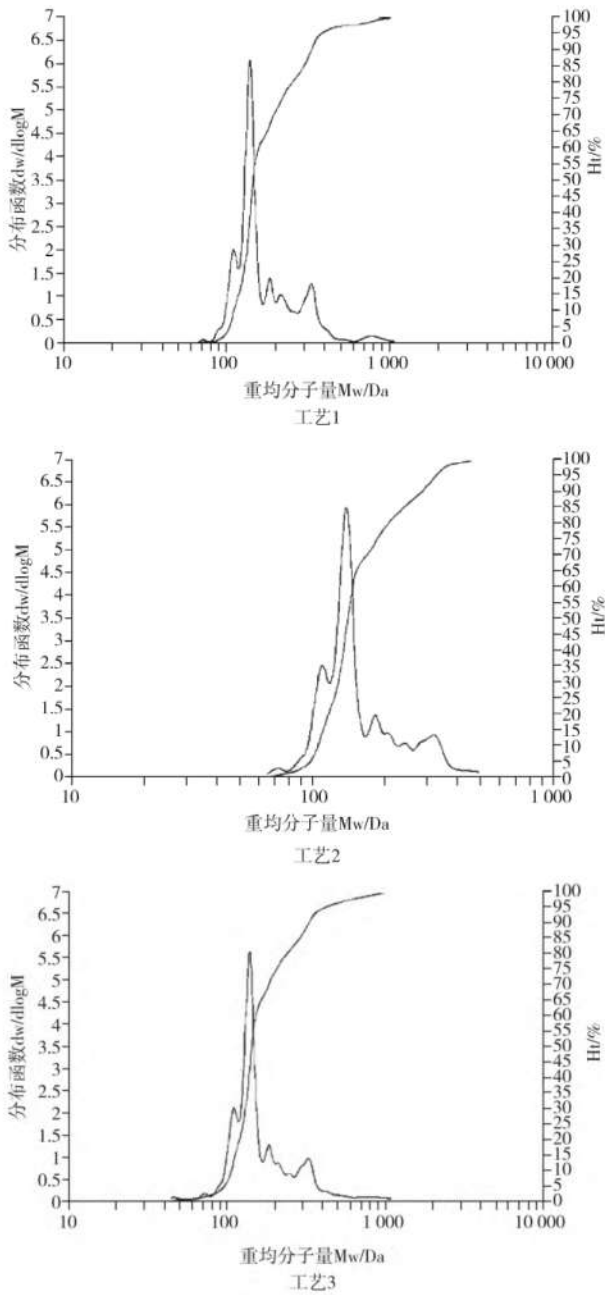


图 1 北极甜虾头调味基料分子量分布图谱  
Fig. 1 The distribution graphs of molecular weight of *Pandalus borealis* head seasoning basic materials

2.5 呈味离子

研究表明,无机离子虽然本身没有咸味和苦味,但其对鱼类、贝类等水产加工食品的风味形成具有辅助作用,被认为是水产食品中必要的呈味辅助物和咸味

增强物<sup>[19]</sup>。基料中呈味离子含量及 TAV 见表 6。

表 6 北极甜虾头调味基料呈味离子分析

Table 6 The flavor ions analysis of *Pandalus borealis* head seasoning basic materials

| 无机离子             | 阈值/(mg/100 g) <sup>[15]</sup> | 工艺 1                  |       | 工艺 2                  |       | 工艺 3                   |       |
|------------------|-------------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|------------------------|-------|
|                  |                               | 含量/(mg/100 g)         | TAV   | 含量/(mg/100 g)         | TAV   | 含量/(mg/100 g)          | TAV   |
| Ca <sup>2+</sup> | 150                           | 2 220±83 <sup>a</sup> | 14.80 | 2 630±94 <sup>a</sup> | 17.53 | 2 480±105 <sup>a</sup> | 16.53 |
| Mg <sup>2+</sup> | 96                            | 670±26 <sup>a</sup>   | 6.98  | 574±18 <sup>a</sup>   | 5.98  | 635±31 <sup>a</sup>    | 6.61  |
| Na <sup>+</sup>  | 150                           | 2 140±56 <sup>a</sup> | 14.27 | 3 440±41 <sup>b</sup> | 22.93 | 3 080±38 <sup>b</sup>  | 20.53 |
| K <sup>+</sup>   | 130                           | 136±11 <sup>a</sup>   | 1.05  | 479±29 <sup>b</sup>   | 3.68  | 326±92 <sup>b</sup>    | 2.51  |
| Cl <sup>-</sup>  | 266                           | 3 480±53 <sup>a</sup> | 13.08 | 4 780±41 <sup>b</sup> | 17.97 | 3 965±77 <sup>a</sup>  | 14.91 |

5 种离子 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 的 TAV 均大于 1,其中 Na<sup>+</sup> 的 TAV 分别为 14.27,22.93,20.53, Cl<sup>-</sup> 的 TAV 分别为 13.08,17.97,14.91,高于其他离子,说明这两种离子对这 3 种基料的滋味均产生了主要影响;工艺 2 的 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 水平显著高于其他两种工艺( $P<0.05$ ),这可能与 pH 调节过程中引入 Na<sup>+</sup> 和 Cl<sup>-</sup> 有关;工艺 2 和工艺 3 的 K<sup>+</sup> 水平显著高于工艺 1 ( $P<0.05$ )。

2.6 呈味核苷酸

呈味核苷酸具有强烈鲜味,IMP 鲜味明显,GMP 的鲜味强度约是 IMP 的 2.3 倍,AMP 的呈味特点与其含量有关,低于 100 mg/100 g 时具有甜味,且可与 IMP 协同增强水产食品的鲜味,高于 100 mg/100 g 时具有鲜味<sup>[20]</sup>。基料中呈味核苷酸含量及 TAV 见表 7。

表 7 北极甜虾头调味基料呈味核苷酸分析

Table 7 The flavor nucleotides analysis of *Pandalus borealis* head seasoning basic materials

| 呈味核苷酸 | 特征 | 阈值/(mg/100 g) <sup>[15]</sup> | 工艺 1                    |      | 工艺 2                    |      | 工艺 3                    |      |
|-------|----|-------------------------------|-------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|
|       |    |                               | 含量/(mg/100 g)           | TAV  | 含量/(mg/100 g)           | TAV  | 含量/(mg/100 g)           | TAV  |
| AMP   | 鲜甜 | 50                            | 72.36±1.33 <sup>a</sup> | 1.45 | 44.42±2.52 <sup>b</sup> | 0.89 | 61.41±3.65 <sup>c</sup> | 1.23 |
| IMP   | 鲜  | 25                            | 87.14±6.91 <sup>a</sup> | 3.49 | 93.28±3.87 <sup>a</sup> | 3.73 | 96.72±4.76 <sup>a</sup> | 3.87 |
| GMP   | 鲜  | 12.5                          | 17.65±1.24 <sup>a</sup> | 1.41 | 11.06±2.66 <sup>b</sup> | 0.88 | 16.09±2.14 <sup>a</sup> | 1.29 |

工艺 1 下 AMP、IMP 与 GMP 的 TAV 均大于 1,从高到低分别为 IMP(3.49)、AMP(1.45)、GMP(1.41),说明这 3 种核苷酸对该基料均贡献了鲜甜口感;工艺 2 所得基料中 IMP 的 TAV 为 3.73,AMP 和 GMP 的 TAV 均小于 1,说明 IMP 对该基料贡献了鲜味口感,AMP 和 GMP 无明显贡献;工艺 3 所得基料的 AMP、IMP 与 GMP 的 TAV 均大于 1,从高到低分别为 IMP(3.87)、GMP(1.29)、AMP(1.23)。综合来看,物理抽提法(工艺 1)得到的基料中 AMP 含量显著高于其他两种方法( $P<0.05$ ),GMP 含量显著高于生物酶解法(工艺 2)( $P<0.05$ )。

2.7 电子鼻分析

电子鼻由多个性能彼此重叠的气体传感器和适当的模式识别方法组成,能够用来识别不同气味,其操作

快速、简便、环保,结果可靠、客观<sup>[21]</sup>。选取电子鼻传感器对 3 种调味基料响应信号的最终稳定值,以 3 次结果的平均值绘制雷达图,见图 2。

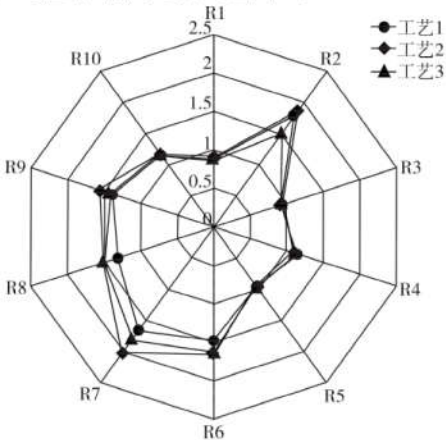


图 2 北极甜虾头调味基料电子鼻数据雷达图

Fig. 2 Radar graph of electronic nose data of *Pandalus borealis* head seasoning basic materials

3 种调味基料主要响应的传感器相似,均为 2 号、6 号、7 号、8 号、9 号传感器,但不同样品在传感器响应强弱上存在差异。据此判断,3 种基料均具备一定的小分子氮氢化物类、无机硫类、有机硫类、甲烷类、乙醇类气味特征,其他气味特征不明显。

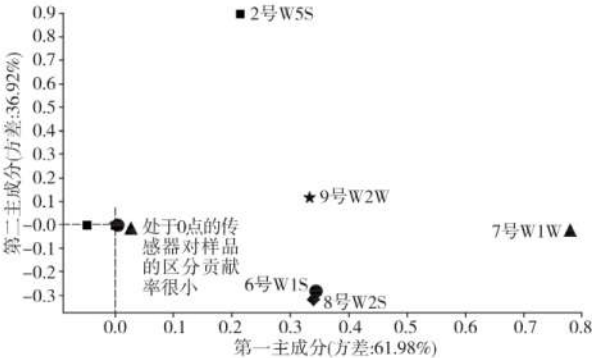


图 3 北极甜虾头调味基料 Loadings 传感器贡献率分析图

Fig. 3 Loadings sensor contribution rate analysis diagram of *Pandalus borealis* head seasoning basic materials

采用 Loadings 分析法确认特定实验样品下各传感器对样品区分的贡献率大小,从而可以考察在这个样品区分过程中哪一类气体起了主要区分作用。由图 3 可知,7 号传感器对第一主成分的贡献最大,其次为 9 号、6 号、8 号和 2 号传感器;此外,2 号传感器对第二主成分的贡献最大。由此推测 3 种调味基料在气味上的差异可能来自有机、无机硫类物质、小分子氮氢化合物类物质,其次为短链烷烃类物质和醇类、醚类、醛类、酮类物质,其具体差异有待进一步分析检测。

2.8 电子舌分析

电子舌技术是多技术融合体,可量化感官数据,客观分析水产食品整体滋味轮廓差异<sup>[22]</sup>。选取电子舌传感器对 3 种基料响应信号的最终稳定值,以 3 次结果的平均值绘制雷达图,见图 4。

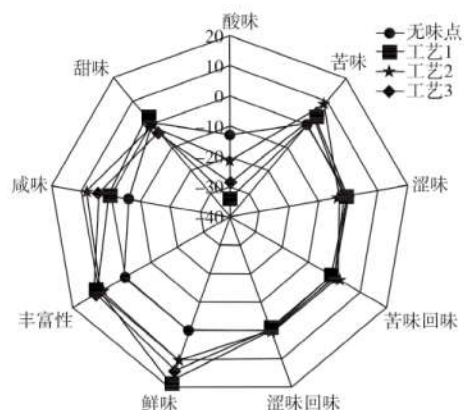


图 4 北极甜虾头调味基料电子舌数据雷达图

Fig. 4 Radar plot of electronic tongue data of *Pandalus borealis* head seasoning basic materials

无味点是电子舌基准液的味觉值。3 种基料的酸味、涩味均低于无味点的味觉值,可见均无明显酸涩味;3 种基料在苦味、鲜味、咸味、甜味上存在较大差异,具体表现为工艺 2 的苦味、咸味值高于工艺 1 和工艺 3,工艺 1 的鲜味、甜味高于其他两种工艺;3 种基料的丰富性差别不大,工艺 2 存在微弱的苦味和涩味回味,推测可能是风味蛋白酶本身具有一定风味,影响酶解产物的味道;工艺 3 存在微弱的苦味回味。整体来看,3 种调味基料表现最明显的滋味特征为鲜味,其次为丰富性、咸味、苦味,工艺 1 更具鲜甜味。

### 3 结论

本研究以北极甜虾头为原料,采用物理抽提法、生物酶解法及两者联合的方法制备海鲜调味基料,并比较了不同工艺下所得基料的营养和风味特征。在营养价值方面,生物酶解法所得调味基料蛋白质水平高、脂肪水平低、必需氨基酸构成合理且分子量低,其营养价值略胜一筹;在风味评价方面,物理抽提法所得调味基料具有更高的呈味氨基酸、核苷酸水平,因而鲜甜味更加明显;物理抽提法联合生物酶解法在营养价值和风味方面兼具两者优势,相比于物理抽提法具有更高的生物利用率,避免物料浪费,相比于生物酶解法口感更佳,该法得到的基料可进一步加工复配成海鲜调味料,填补此类产品市场空白。

#### 参考文献:

[1]陈建明,杨振宇,姜健,等. 北极甜虾中重金属含量和分布研究[J]. 食品科学,2009,30(14):264-268.  
[2]JIAO G, HUI J P, BURTON I W, et al. Characterization of shrimp oil from *Pandalus borealis* by high performance liquid chromatography and high resolution mass spectrometry[J]. Marine Drugs,2015,13(6):3849-3876.  
[3]FORGHANI B, BORDES R, STRÖM A, et al. Recovery of a protein-rich biomass from shrimp (*Pandalus borealis*) boiling water: a colloidal study[J]. Food Chemistry,2020,302(1):125299.

[4]JENSEN I J, ABRAHAMSEN H, MAEHRE H K, et al. Changes in antioxidative capacity of saithe (*Pollachius virens*) and shrimp (*Pandalus borealis*) during in vitro digestion[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2009,57(22):10928-10932.  
[5]FEREIDOUN S, JOZEF S. Isolation and characterization of nutrients and value-added products from snow crab (*Chionoecetes opilio*) and shrimp (*Pandalus borealis*) processing discards[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,1991,39:1527-1532.  
[6]吴进卫,颜伟. 海鲜调味料概述[J]. 中国食品添加剂,2008(1):120-124.  
[7]KJARTANSSON G T, ZIVANOVIC S, KRISTBERGSSON K, et al. Sonication-assisted extraction of chitin from North Atlantic shrimps (*Pandalus borealis*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2006,54(16):5894-5902.  
[8]薛宇航,袁馨怡,吴娅芳,等. 竹节虾虾头调味料风味前体物质酶解制备工艺[J]. 食品工业,2019,40(4):124-128.  
[9]郑爽,姜晓明,王荟凌,等. 南极磷虾调味粉的研制及其感官评价[J]. 中国调味品,2018,43(3):75-79,87.  
[10]姚玉静,杨昭,黄佳佳,等. 即食海鲜调味酱的研制[J]. 食品研究与开发,2020,41(14):146-150.  
[11]SKONBERG D I, PERKINS B L. Nutrient composition of green crab (*Carcinus maenas*) leg meat and claw meat[J]. Food Chemistry,2002,77(4):401-404.  
[12]CHEN D W, ZHANG M. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food Chemistry,2007,104(3):1200-1205.  
[13]MATEMU A, NAKAMURA S, KATAYAMA S. Health benefits of antioxidative peptides derived from legume proteins with a high amino acid score[J]. Antioxidants,2021,10(2):316.  
[14]KURIHARA K. Umami the fifth basic taste: history of studies on receptor mechanisms and role as a food flavor[J]. Biomed Research International,2015,2015:189402.  
[15]卜俊芝. 三种海蟹营养和风味成分的研究[D]. 杭州:浙江工商大学,2012.  
[16]刘天红,王颖,李红艳,等. 沙蚕不同蛋白酶酶解产物滋味特征及聚类分析研究[J]. 食品安全质量检测学报,2021,21(12):8351-8358.  
[17]尹军杰. 大豆肽分子量与缓解疲劳作用关系的研究[J]. 粮食与油脂,2017,30(7):42-44.  
[18]CHAKRABARTI S, GUHA S, MAJUMDER K. Food-derived bioactive peptides in human health: challenges and opportunities[J]. Nutrients,2018,10(11):1738.  
[19]刘天天,梁中永,范思华,等. 北海沙蟹特征滋味成分的分析[J]. 食品科学,2018,39(14):236-241.  
[20]贡三月,邱伟强,蒋晨毓,等. 凡纳滨对虾虾肉和虾头中风味物质的比较[J]. 水产学报,2017,41(6):907-918.  
[21]步营,韩梦琳,祝伦伟,等. 蓝蛤酶解液美拉德反应工艺优化及其对挥发性风味物质的影响[J]. 中国调味品,2022,47(6):10-17.  
[22]张翼鹏,张伟,吴家灿,等. 基于人工感官、电子舌和  $\sigma$ -t 法研究食品甜香成分对甜味的相互作用规律[J]. 中国调味品,2021,46(10):152-159.