

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20201228001

http://www.yykxjz.cn/

王凤霞, 张姗姗, 张轩铭, 王利振, 张梦启, 李培海, 李晓彬, 刘可春, 邢澍. 山东 4 种常见虾虾头品质分析与评价. 渔业科学进展, 2022, 43(2): 228–235

WANG F X, ZHANG S S, ZHANG X M, WANG L Z, ZHANG M Q, LI P H, LI X B, LIU K C, XING S. Analysis and evaluation of shrimp head quality from four common shrimp species in Shandong Province, China. Progress in Fishery Sciences, 2022, 43(2): 228–235

山东 4 种常见虾虾头品质分析与评价*

王凤霞¹ 张姗姗¹ 张轩铭¹ 王利振¹ 张梦启¹
李培海¹ 李晓彬^{1,2①} 刘可春^{1①} 邢澍³

(1. 齐鲁工业大学(山东省科学院) 山东省科学院生物研究所 山东省人类疾病斑马鱼模型与药物筛选工程技术研究中心 山东 济南 250103; 2. 山东省生物工程技术创新中心 山东 菏泽 274000; 3. 齐鲁工业大学(山东省科学院) 化学与制药学院 山东 济南 250353)

摘要 为了充分利用虾头废弃物资源, 本研究以山东 4 种常见虾——克氏原螯虾(*Procambarus clarkia*)、日本对虾(*Penaeus japonicus*)、中国对虾(*Penaeus orientalis*)及凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)鲜虾头为原料, 测定了不同来源虾头的蛋白质、氨基酸、磷脂、虾青素和甲壳素含量, 从而对这 4 种虾头品质进行营养成分分析及品质评价。结果显示, 4 种虾头副产物所占比例较高, 其中, 日本对虾、中国对虾和凡纳滨对虾 3 种对虾虾头占比达到 40%左右, 克氏原螯虾虾头占比甚至达到 85.52%; 4 种虾头蛋白质含量丰富, 约占鲜虾头质量的 12.47%~14.91%; 4 种虾头蛋白中人体必需氨基酸含量达到 40%以上, 且鲜、甜味氨基酸含量较高; 日本对虾、中国对虾及凡纳滨对虾 3 种对虾虾头中磷脂含量远高于克氏原螯虾, 达到 12.38~15.00 mg/g, 而克氏原螯虾仅为 3.39 mg/g; 虾青素含量以凡纳滨对虾和日本对虾虾头中含量较高, 分别达到 68.46 和 61.62 μg/g, 中国对虾为 41.42 μg/g, 克氏原螯虾则为 30.71 μg/g; 而克氏原螯虾虾头的甲壳素含量约为 3 种对虾虾头的 3 倍, 达到 4.67%左右。由此可见, 4 种虾头中含有丰富的蛋白质和氨基酸, 而不同品种虾头中磷脂、虾青素及甲壳素等成分含量差异较大, 可针对不同来源的虾头进行有针对性的高附加值成分的开发利用。

关键词 虾头; 成分分析; 品质评价

中图分类号 S985.2 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2022)02-0228-08

虾头是冷冻虾仁加工过程中最主要的废弃物, 约占整个虾体质量的 35%~45% (Cao *et al.*, 2014)。据《中国渔业统计年鉴 2020》(农业农村部渔业渔政管理局, 2020)报道, 2019 年我国海虾和淡水虾养殖和捕捞产量达 600 万 t 以上, 其中, 约有 48.7 万 t 的对虾和 50.99 万 t 的克氏原螯虾(*Procambarus clarkia*)被加

工成去头、壳的虾仁, 由此产生的虾头废弃物在 30 万 t 以上。近年来, 对虾头废弃物的研究较为热门, 主要原因有 2 个: 一是虾头废弃物极易腐败变质, 造成严重的环境污染(Hossain *et al.*, 2018); 二是虾头中富含蛋白质/肽(Guo *et al.*, 2019; Jiang *et al.*, 2020; Prameela *et al.*, 2017)、氨基酸(Suparmi *et al.*, 2020)、甲

* 山东省重点研发计划项目(2019GSF107053)和齐鲁工业大学(山东省科学院)青年博士合作基金项目(2017BSH2017)共同资助 [This work was supported by the grants from the Key Research and Development Program of Shandong (2019GSF107053), and the Young Doctoral Collaborative Fund (2017BSH2017) of Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences)]. 王凤霞, E-mail: hai919@126.com

① 通讯作者: 李晓彬, 副研究员, E-mail: lixb@sdas.org; 刘可春, 研究员, E-mail: hliukch@sdas.org

收稿日期: 2020-12-28, 收修改稿日期: 2021-01-12

壳素(Guo *et al.*, 2019; Tan *et al.*, 2020)、类胡萝卜素(尤其是虾青素)(Gómez-Guillén *et al.*, 2018; Prameela *et al.*, 2017; Núñez-Gastélum *et al.*, 2016)和磷脂(Li *et al.*, 2018; 崔益玮等, 2018; 李晓彬等, 2018)等营养成分及生物活性物质。蛋白质及其水解产物氨基酸等是人体最重要的营养素之一, 磷脂和虾青素因具有天然抗氧化活性而备受青睐, 而甲壳素则被人们称为人体必需的“第六生命要素”。目前, 虾头废弃物多被用作动物饲料、肥料或生产虾头酱等调味品, 产品附加值不高, 如能充分利用这些虾头废弃物生产蛋白/肽、磷脂、虾青素和甲壳素等高附加值产物, 既可以减少环境污染, 还能产生非常可观的经济效益, 可谓一举两得。

据《中国渔业统计年鉴 2020》报道, 克氏原螯虾是全国养殖面积最大的淡水虾, 而凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)、日本对虾(*Penaeus japonicus*)和中国对虾(*Penaeus orientalis*)占全国虾类海水养殖面积的 87%以上, 也是山东养殖规模最大的 4 种虾(姜燕等, 2019)。目前, 尚未有对这 4 种虾头原料品质进行评价的报道。为了充分利用虾头资源, 本研究对山东这 4 种代表性虾的新鲜虾头进行蛋白质、氨基酸、磷脂、虾青素以及甲壳素等营养成分分析, 并通过对其营养品质的评价来评估各类虾头的开发利用价值。同时, 通过比较各类虾头中的营养成分差异, 为不同品种虾头资源开展有针对性的高值化利用提供理论依据, 以期进一步促进虾类养殖、加工产业的发展。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料 虾头原料: 4 种鲜虾原料 2019 年 10 月中旬购于山东省济南海鲜大市场; 克氏原螯虾产自山东省济宁市鱼台县; 日本对虾、中国对虾和凡纳滨对虾均产自山东日照。清洗后切取虾头, 于-18℃冰箱冷冻保存备用。

牛血清 γ -球蛋白: 上海源叶生物科技有限公司; 虾青素标准品: Carote Nature 公司, 瑞士; 抗坏血酸、考马斯亮蓝 G250: 北京索莱宝科技有限公司; 其他试剂均为国产分析纯。

1.1.2 仪器设备 DS-200 电动高速组织捣碎机, 江苏江阴科研仪器厂; TS-100C 台式恒温摇床, 江苏常州市金坛高科仪器厂; Allegra 64R 高速冷冻离心机, BECKMAN 公司, 美国; TD6M 台式低速离心机, 湖南湘立科学仪器有限公司; UV-2100 紫外可见分光光度计, UNICO 公司, 美国; LGJ-10 实验型真空冷

冻干燥机, 北京松源华兴生物技术有限公司; SPD-20A 高效液相色谱仪, 岛津仪器(苏州)有限公司; DHG-9070A 鼓风干燥箱, 上海精宏实验设备有限公司; 高速多功能粉碎机, 上海缘沃工贸有限公司; 海尔 BCD-455WLDPC 冰箱, 青岛海尔; Sartorius BS224S 电子天平, 北京赛多利斯仪器系统有限公司。

1.2 方法

1.2.1 虾头占全虾质量比测定 4 种虾分别随机选取 5 只, 在切取虾头前后分别称量全虾质量及其虾头质量, 计算每种虾的虾头占全虾质量比。

1.2.2 粗蛋白提取及含量测定 从冰箱取出冷冻虾头, 解冻后迅速称取 100.00 g 左右, 切小块, 先加入少量预冷生理盐水, 用高速组织搅碎机搅碎, 再加入大约 5 倍体积(m/v)的预冷生理盐水匀浆, 匀浆液 4℃浸提过夜, 8 层纱布过滤, 滤液于 4℃、10 000 r/min 条件下离心 15 min, 小心刮去上层油脂, 收集上清液, 弃沉淀。上清液即为虾头粗蛋白提取液, 精确量取其体积后分装至小瓶中, 于-18℃保存备用(王凤霞, 2013)。

蛋白质含量测定方法采用 Bradford 法(Cheng *et al.*, 2016), 以牛血清 γ -球蛋白作为标准蛋白, 以考马斯亮蓝 G250 作为染色剂, 测定溶液在 595 nm 处的吸光度, 以吸光度值为纵坐标, 以蛋白浓度(mg/mL)为横坐标, 得蛋白标准曲线为 $y=0.5366x-0.0002$ ($R^2=0.9988$)。然后, 对虾头粗蛋白提取液进行适当稀释后测定稀释液在 595 nm 处的吸光度值, 由标准曲线求算稀释液的蛋白质含量(mg/mL), 虾头蛋白质含量比按公式(1)计算:

$$\text{蛋白质含量}(\%) = \frac{c_1 \times D_1 \times V_1}{1000 \times m} \times 100\% \quad (1)$$

式中, c_1 表示根据吸光度值计算出的稀释液的蛋白质溶液质量浓度(mg/mL); D_1 表示粗蛋白提取液稀释倍数; V_1 表示粗蛋白提取液体积(mL); m 表示所用鲜虾头质量(g)。

1.2.3 氨基酸种类及含量测定 粗蛋白样品用真空冷冻干燥机制成冻干粉, 测定方法参照 GB 5009.124-2016《食品中氨基酸的测定》。

1.2.4 磷脂提取及含量测定 称取大约 100.00 g 解冻虾头并搅碎, 用 7 倍体积(m/v)的 95%乙醇振荡提取(室温、90 r/min)约 16 h, 提取液离心(5000 r/min, 15 min)后收集上清液, 即为虾头磷脂提取液, 精确量取其体积后迅速分装至小瓶中, 于 4℃下保存备用(Li *et al.*, 2018)。

虾头磷脂含量的测定采用紫外分光光度法(袁延强等, 2011)。对虾头磷脂提取液先进行适当稀释, 稀释液取样测定体积为 0.2 mL, 进行消化、中和、

显色后测定其在 820 nm 处的吸光度值,由磷标准曲线 $y=0.8458x+0.0057$ ($R^2=0.9998$)求得稀释液的含磷量,据公式(2)求得虾头磷脂含量:

$$\text{磷脂含量(mg/g)} = \frac{c_2 \times 10 \times 26.3 \times D_2 \times V_2}{0.2 \times 1000 \times m} \quad (2)$$

式中, c_2 表示根据吸光度值计算出的稀释液的含磷量($\mu\text{g/mL}$); D_2 表示磷脂提取液稀释倍数; V_2 表示磷脂提取液体积(mL); m 表示所用鲜虾头质量(g)。

1.2.5 虾青素提取及含量测定 制备方法与 1.2.4 节磷脂提取液基本一致,区别在于提取溶剂为二氯甲烷。

虾头虾青素含量测定参照相关文献(高岩等, 2020)。以二氯甲烷作为溶剂,虾头虾青素提取液进行适当稀释后测定稀释液在 472 nm 波长下的吸光度值,由虾青素标准曲线 $y=0.1818x+0.017$ ($R^2=0.9974$)求得稀释液虾青素含量,据公式(3)求得虾头虾青素含量:

$$\text{虾青素含量}(\mu\text{g/g}) = \frac{c_3 \times D_3 \times V_3}{m} \quad (3)$$

式中, c_3 表示根据吸光度值计算出的稀释液的虾青素含量($\mu\text{g/mL}$); D_3 表示虾青素提取液稀释倍数; V_3 表示虾青素提取液体积(mL); m 表示所用鲜虾头质量(g)。

1.2.6 甲壳素制备及含量测定 甲壳素的制备及含量测定方法参见张巧等(2020),即称取大约 100.00 g 解冻虾头(质量为 m_1),于 50℃ 干燥至恒重,粉碎、称重(m_2)后备用。分别称取 10.00 g 虾头细粉(m_3),加入 1.5 mol/L HCl(料液比 1:40)浸泡 6 h,进行脱钙处理,用清水洗至中性;再用质量分数为 2% 的 NaOH 溶液(料液比 1:30)浸泡处理 24 h,脱除蛋白质和脂类等大分子,用清水洗至中性,得到颜色略深的絮状物;接着用质量分数为 10% 的 NaOH 溶液(料液比 1:20)浸泡处理 4 h,至絮状物呈现白色,用清水洗至中性,50℃ 烘干至恒重,得到纯甲壳素,称重(m_4)。

虾头甲壳素含量测定按公式(4)计算:

$$\text{甲壳素含量}(\%) = \frac{m_2 \times m_4}{m_1 \times m_3} \times 100\% \quad (4)$$

1.3 数据处理方法

每个试验重复 3 次,结果以 Mean \pm SD 表示。采用 Graphpad prism V6.0 统计软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),显著性水平 $P<0.05$ 。

2 结果

2.1 4 种虾头占全虾质量比

4 种虾头占全虾质量比情况见表 1。由表 1 可见,克氏原螯虾虾头占全虾质量比最高,达到 85.52% 左右($P<0.05$);其他 3 种虾头占全虾质量比亦高达 36.77%~42.35%。

2.2 4 种虾头中蛋白质、磷脂、虾青素和甲壳素含量比较

为了探明 4 种虾头废弃物中蛋白质、磷脂、虾青素及甲壳素含量的差异,分别对其进行了的比较分析,其结果见表 2。

由表 2 可以看出,4 种虾头废弃物中蛋白含量都比较丰富,约占虾头质量的 12.47%~14.91%。克氏原螯虾与凡纳滨对虾、日本对虾与中国对虾之间虾头蛋白含量差异不显著,而这 2 组虾头之间蛋白含量有显著性差异($P<0.05$)。

不同品种虾头废弃物中磷脂含量差异较大($P<0.05$)。其中,日本对虾最高,达到(15.00 \pm 0.13) mg/g;中国对虾和凡纳滨对虾分别为(12.38 \pm 0.16) mg/g 和(12.61 \pm 0.23) mg/g;克氏原螯虾虾头废弃物中磷脂含量远远低于其他 3 种虾,仅为(3.39 \pm 0.09) mg/g。

4 种虾头废弃物中虾青素含量以凡纳滨对虾为最高,达到(68.46 \pm 1.28) $\mu\text{g/g}$;其次为日本对虾,为(61.62 \pm 1.59) $\mu\text{g/g}$;中国对虾为(41.42 \pm 1.03) $\mu\text{g/g}$;而克氏原螯虾仅为(30.71 \pm 1.23) $\mu\text{g/g}$ 。不同品种来源虾头中虾青素含量差异显著($P<0.05$)。

表 1 4 种虾头占全虾质量比

Tab.1 Proportions of the head to whole body in four kinds of shrimps

品种 Species	全虾 Whole shrimp/g	虾头 Shrimp head/g	虾头/全虾 Head/Whole shrimp/%
克氏原螯虾 <i>P. clarkia</i>	38.15 \pm 5.07	32.59 \pm 4.02	85.52 \pm 0.91 ^a
日本对虾 <i>P. japonicus</i>	70.29 \pm 3.28	28.58 \pm 1.21	40.67 \pm 0.80 ^b
中国对虾 <i>P. orientalis</i>	48.19 \pm 3.27	20.41 \pm 1.42	42.35 \pm 0.29 ^b
凡纳滨对虾 <i>L. vannamei</i>	30.05 \pm 1.29	11.05 \pm 0.69	36.77 \pm 1.20 ^c

注: 同列数据肩标字母不同表示差异显著($P<0.05$)。下同

Note: In the same column, values with different small letter superscripts are significantly different ($P<0.05$). The same as below

表 2 4 种虾头中蛋白质、磷脂、虾青素和甲壳素含量比较

Tab.2 Comparison of protein, phospholipids, astaxanthin, and chitin contents in the four kinds of fresh shrimp heads

品种 Species	蛋白含量 Protein contents/%	磷脂含量 Phospholipids contents/(mg/g)	虾青素含量 Astaxanthin contents/(μ g/g)	甲壳素含量 Chitin contents/%
克氏原螯虾 <i>P. clarkia</i>	12.47 \pm 0.34 ^b	3.39 \pm 0.09 ^d	30.71 \pm 1.23 ^d	4.67 \pm 0.16 ^a
日本对虾 <i>P. japonicus</i>	14.91 \pm 0.31 ^a	15.00 \pm 0.13 ^a	61.62 \pm 1.59 ^b	1.63 \pm 0.11 ^b
中国对虾 <i>P. orientalis</i>	14.43 \pm 0.49 ^a	12.38 \pm 0.16 ^c	41.42 \pm 1.03 ^c	1.77 \pm 0.13 ^b
凡纳滨对虾 <i>L. vannamei</i>	12.97 \pm 0.43 ^b	12.61 \pm 0.23 ^b	68.46 \pm 1.28 ^a	1.70 \pm 0.18 ^b

甲壳素含量则以克氏原螯虾虾头废弃物中为最高, 占到虾头鲜重的(4.67 \pm 0.16)%; 而日本对虾、中国对虾以及凡纳滨对虾分别占比(1.63 \pm 0.11)%、(1.77 \pm 0.13)%和(1.70 \pm 0.18)%。3 种对虾虾头废弃物中甲壳素含量差异不显著, 但都与克氏原螯虾虾头之间差异显著($P < 0.05$)。

2.3 4 种虾头氨基酸成分与含量比较

食品中蛋白质营养价值的高低, 主要取决于其所含氨基酸的组成与含量(赵亭亭等, 2018)。4 种鲜虾头蛋白提取物中 17 种水解氨基酸的含量结果见表 3。由表 3 数据可以看出, 4 种鲜虾头氨基酸种类齐全, 其中, 人体必需氨基酸含量占到 40%以上, 日本对虾甚至达到 46.78%左右。4 种鲜虾头中必需氨基酸含量较高的 5 种氨基酸为赖氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸和异亮氨酸; 4 种鲜虾头中鲜味氨基酸——谷氨酸含量是 17 种氨基酸中含量最高的, 其中, 日本对虾鲜虾头中谷氨酸相对含量最高, 达到(14.68 \pm 0.05) mg/g ($P < 0.05$), 中国对虾和凡纳滨对虾含量接近, 约为(13.33 \pm 0.06)和(13.06 \pm 0.06) mg/g, 克氏原螯虾为 12.53 mg/g ($P < 0.05$)。日本对虾、中国对虾以及凡纳滨对虾鲜虾头鲜、甜味氨基酸约占总氨基酸的 40%, 而克氏原螯虾达到 48.52%左右, 与 3 种对虾间差异显著($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 虾头废弃物进行开发利用的必要性

虾头是虾仁加工过程中最主要的副产物, 以前常被当作废物扔掉或用作动物饲料、肥料等。结果表明, 所研究的 4 种虾头副产物占整个虾体质量的比例较高, 克氏原螯虾虾头甚至占全虾质量的 85%左右, 而日本对虾、中国对虾以及凡纳滨对虾 3 种对虾虾头占

全虾质量的 40%左右。若将虾头直接废弃, 不仅容易造成环境污染, 还容易造成资源的极大浪费, 因此, 非常有必要对虾头废弃物资源进行充分的开发利用。

3.2 虾头废弃物资源进行相关蛋白质水解物/肽、氨基酸产品开发的可行性

冷冻虾加工过程中产生的蛋白水解物是最主要的环境污染源(Prameela *et al*, 2017)。本研究 4 种虾头中蛋白含量都比较丰富, 约占鲜虾头质量的 12.47%~14.91%。虾头蛋白水解后得到的氨基酸中, 人体必需氨基酸含量占 40%以上, 日本对虾甚至达到 46.78%左右; 且 3 种对虾虾头中, 鲜、甜味氨基酸约占总氨基酸的 40%, 克氏原螯虾甚至达到 48.52%左右。Nirmal 等(2020)研究表明, 当虾头废弃物被蛋白酶水解时, 70%以上的蛋白质以蛋白水解物形式得到回收。蛋白水解物、多肽或氨基酸除作为营养素外, 因其具有抗氧化及抗菌(Djellouli *et al*, 2020)、血管紧张素转化酶(ACE)抑制(Gao *et al*, 2014)和 β -分泌酶抑制(Li-Chan *et al*, 2016)等活性, 还可广泛应用于医药和化妆品等行业。目前, 利用微生物发酵法或蛋白酶水解法生产活性肽及氨基酸的技术已非常成熟, 因此, 可以考虑利用这样的技术对廉价的虾头废弃物资源进行蛋白水解物/肽及氨基酸等产品的开发。

3.3 虾头废弃物作为提取磷脂、虾青素原料来源的可行性

磷脂和虾青素均属于脂溶性活性成分。磷脂是一种天然抗氧化剂, 像大豆卵磷脂已被广泛用作功能性保健食品。而海洋来源的磷脂因侧链部分含有二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)这种 ω -3 多不饱和脂肪酸(PUFA), 被认为比大豆来源的磷脂营养价值更高(Shen *et al*, 2021), 因此, 常被作为功能性保健食品的活性成分进行开发利用(Wang *et al*, 2020)。

表3 4种虾头氨基酸含量比较
Tab.3 Comparison of amino acid contents in the four kinds of fresh shrimp heads

氨基酸种类 Amino acid type	氨基酸名称 Amino acid name	虾头氨基酸含量 Amino acid content in shrimp head/(mg/g)				
		克氏原螯虾 <i>P. clarkia</i>	日本对虾 <i>P. japonicus</i>	中国对虾 <i>P. orientalis</i>	凡纳滨对虾 <i>L. vanmamei</i>	
必需氨基酸 Essential amino acid (EAA)	赖氨酸 Lys	5.13±0.02 ^d	10.05±0.04 ^a	9.02±0.04 ^b	8.83±0.04 ^c	
	苯丙氨酸 Phe	4.30±0.04 ^c	6.51±0.02 ^a	5.43±0.03 ^b	5.41±0.04 ^b	
	甲硫氨酸 Met [▲]	1.34±0.01 ^d	2.65±0.03 ^a	2.13±0.02 ^b	1.93±0.01 ^c	
	苏氨酸 Thr [▲]	2.46±0.02 ^c	1.93±0.02 ^d	3.43±0.02 ^a	3.09±0.02 ^b	
	异亮氨酸 Ile	3.73±0.03 ^d	5.61±0.03 ^a	4.80±0.04 ^b	4.42±0.04 ^c	
	亮氨酸 Leu	6.24±0.03 ^d	8.29±0.05 ^a	7.46±0.03 ^b	7.13±0.03 ^c	
	缬氨酸 Val	3.97±0.04 ^c	5.62±0.05 ^a	4.65±0.03 ^b	4.60±0.05 ^b	
	酪氨酸 Tyr	1.95±0.02 ^b	1.64±0.02 ^c	3.35±0.02 ^a	3.32±0.02 ^a	
	非必需氨基酸 Nonessential amino acid (NEAA)	丙氨酸 Ala [▲]	5.26±0.02 ^b	6.10±0.03 ^a	5.33±0.03 ^b	5.28±0.03 ^b
		脯氨酸 Pro	2.98±0.04 ^d	4.30±0.03 ^c	6.02±0.05 ^a	5.40±0.04 ^b
组氨酸 His		2.70±0.03 ^a	2.12±0.03 ^c	2.22±0.03 ^c	2.48±0.03 ^b	
精氨酸 Arg		2.18±0.03 ^d	7.95±0.06 ^b	9.89±0.04 ^a	7.27±0.06 ^c	
丝氨酸 Ser [▲]		2.09±0.02 ^b	1.36±0.03 ^c	2.20±0.02 ^b	2.77±0.03 ^a	
胱氨酸 Cys		0.72±0.02 ^c	0.60±0.03 ^d	1.17±0.02 ^a	1.02±0.02 ^b	
甘氨酸 Gly [▲]		3.73±0.04 ^c	5.81±0.04 ^a	5.48±0.03 ^b	5.78±0.04 ^a	
天冬氨酸 Asp [●]		5.45±0.02 ^c	3.25±0.03 ^d	7.42±0.03 ^b	7.93±0.05 ^a	
谷氨酸 Glu [●]	12.53±0.05 ^c	14.68±0.05 ^a	13.33±0.06 ^b	13.06±0.06 ^b		
氨基酸总量 Total amino acid (TAA)		67.68±0.10 ^d	89.85±0.19 ^c	94.77±0.35 ^a	91.00±0.21 ^b	
EAA		28.10±0.03 ^d	42.03±0.16 ^a	38.18±0.16 ^b	36.64±0.14 ^c	
NEAA		39.58±0.07 ^d	47.82±0.06 ^c	56.29±0.13 ^a	54.35±0.09 ^b	
鲜味氨基酸 Umami amino acid (UAA)		17.98±0.06 ^c	17.94±0.07 ^c	20.63±0.04 ^b	20.99±0.02 ^a	
甜味氨基酸 Sweet amino acid (SAA)		14.86±0.05 ^d	17.33±0.05 ^b	18.53±0.14 ^a	16.37±0.06 ^c	
UAA+SAA		32.84±0.09 ^d	35.27±0.07 ^c	39.20±0.15 ^a	37.36±0.07 ^b	
EAA/TAA/%		41.52±0.02 ^b	46.78±0.08 ^a	40.29±0.13 ^c	40.27±0.08 ^c	
(UAA+SAA)/TAA/%		48.52±0.14 ^a	39.25±0.01 ^b	41.36±0.14 ^b	41.06±0.03 ^b	

注：●为鲜味氨基酸，▲为甜味氨基酸；同行数据肩标字母不同表示差异显著($P<0.05$)

Note: The symbols (● and ▲) means the umami amino acid and the sweet amino acid respectively; In the same row, values with different small letter superscripts are significantly different ($P<0.05$)

本研究表明,日本对虾、中国对虾和凡纳滨对虾3种对虾虾头的磷脂含量为12.38~15.00 mg/g,而克氏原螯虾虾头的磷脂含量仅为3.39 mg/g左右。由于虾的磷脂成分主要存在于虾头废弃物中(崔益玮等,2018;李晓彬等,2018),因此,非常有必要利用这一廉价的虾头资源进行磷脂相关功能性保健食品的开发,尤其是来源于海洋的3种对虾虾头废弃物资源。

虾青素是水生动物中最主要的类胡萝卜素色素,因其具有较高的抗氧化活性,虾青素在食品、医药和

化妆品等行业具有广阔的应用前景,它还是水产养殖饲料中的色素来源(Prameela *et al*, 2017; 赵永强等; 2019)。据报道,虾青素的抗氧化活性是其他类胡萝卜素,如玉米黄质、叶黄素、角黄素和β-胡萝卜素的10倍,是α-生育酚的100倍(Naguib, 2000; Silva *et al*, 2015)。由于人体不能合成虾青素,只能从饮食如从虾头、内脏及虾壳等虾加工废弃物中获得(Nirmal *et al*, 2020)。本研究表明,日本对虾和凡纳滨对虾虾头中虾青素含量分别达到68.46和61.62 μg/g左右,中

国对虾约为 41.42 $\mu\text{g/g}$, 而克氏原螯虾仅为 30.71 $\mu\text{g/g}$ 左右, 因此, 利用廉价的虾头废弃物资源开发虾青素产品具有较好的前景。对 4 种虾头而言, 可以优先考虑日本对虾和凡纳滨对虾虾头副产物作为开发虾青素产品的原料来源, 其次考虑中国对虾虾头作为原料来源。

3.4 克氏原螯虾虾头废弃物作为开发甲壳素类相关产品原料来源的可行性

甲壳素是自然界中唯一带正电的阳性膳食纤维, 甲壳素及其脱乙酰基产物壳聚糖在农业、食品、化妆品、化工、生物医药等行业的潜在用途已得到广泛认可(Liu *et al.*, 2020)。甲壳素在虾、蟹壳中含量普遍较高, 且由虾、蟹壳制备甲壳素及其衍生物的技术相对比较成熟, 因此, 在利用虾头废弃物提取蛋白/肽及脂溶性的磷脂、虾青素成分后, 下脚料进一步制备高附加值甲壳素类产品具有广阔前景。为探明 4 种虾头中甲壳素含量情况, 本研究对 4 种虾头甲壳素含量进行了分析比较。研究表明, 克氏原螯虾虾头甲壳素含量最高, 约占虾头鲜重的 4.67%, 而 3 种对虾虾头甲壳素含量仅为 1.63%~1.77%。因此, 对 4 种虾头废弃物而言, 克氏原螯虾虾头废弃物可能最值得进行甲壳素类相关产品的开发。

4 小结

本研究以山东 4 种常见虾——克氏原螯虾、日本对虾、中国对虾及凡纳滨对虾的鲜虾头为原料, 测定了不同来源虾头的蛋白质、氨基酸、磷脂、虾青素、甲壳素含量。研究表明, 4 种虾头占全虾的质量比普遍较高, 日本对虾、中国对虾及凡纳滨对虾 3 种对虾的虾头占全虾质量的 36.77%~42.35%, 克氏原螯虾头占比甚至达到 85.52%, 因此, 有必要对虾头资源进行开发利用, 以免造成环境污染和资源浪费。4 种虾头蛋白质含量都比较丰富, 约占鲜虾头质量的 12.47%~14.91%, 且 4 种虾头蛋白中氨基酸种类齐全, 人体必需氨基酸含量达到 40%以上, 鲜、甜味氨基酸含量较高, 因此, 4 种虾头均适合作为蛋白水解物/肽、氨基酸开发利用的资源; 4 种虾头中克氏原螯虾虾头甲壳素含量远远高于 3 种对虾虾头, 达到 4.67% 左右, 适合作为制备甲壳素类相关产品的原料来源; 而 3 种对虾虾头中磷脂含量则远远高于克氏原螯虾, 可以作为提取磷脂的原料来源; 虾青素含量以凡纳滨对虾和日本对虾虾头中含量相对较高, 其次是中国对虾, 3 种对虾虾头均可作为提取虾青素的原料来源。

本研究为不同品种的虾头中各类高值成分进行

有针对性的开发利用提供了依据, 具有重要的经济和社会意义。

参 考 文 献

- CAO W H, TAN C Y, ZHAN X J, *et al.* Ultraviolet irradiation and gradient temperature assisted autolysis for protein recovery from shrimp head waste. *Food Chemistry*, 2014, 164: 136–141
- CHENG Y F, WEI H M, SUN R, *et al.* Rapid method for protein quantitation by Bradford assay after elimination of the interference of polysorbate 80. *Analytical Biochemistry*, 2016, 494: 37–39
- CUI Y W, YU X N, LI S Y, *et al.* Extraction and lipidomic profiling of phospholipids from shrimp heads. *Food Sciences*, 2018, 39(20): 218–225 [崔益玮, 俞喜娜, 李诗言, 等. 虾头中磷脂提取与组学分析. *食品科学*, 2018, 39(20): 218–225]
- DJELLOULI M, LÓPEZ-CABALLERO M E, ARANCIBIA M Y, *et al.* Antioxidant and antimicrobial enhancement by reaction of protein hydrolysates derived from shrimp by-products with glucosamine. *Waste and Biomass Valorization*, 2020, 11(2): 2491–2505
- Fishery Administration Bureau of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Aquatic Products Technology Extension Station, Chinese Society of Fisheries. *Chinese Fishery Statistical Yearbook 2020*. Beijing: China Agricultural Press, 2020, 22–89 [农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. *中国渔业统计年鉴 2020*. 北京: 中国农业出版社, 2020, 22–89]
- GAO X J, YAN P S, ZHU Y P, *et al.* Bioconversion and deodorization of shrimp processing waste by *Xerocomus badius* and inhibitory activity of converted product on angiotensin I converting enzyme. *Biotechnology*, 2014, 13(6): 263–272
- GAO Y, XING L H, SUN W H, *et al.* Research progress on extraction, purification and quantitative detection methods of astaxanthin from different sources. *Journal of Food Safety and Quality*, 2020, 11(5): 1414–1423 [高岩, 邢丽红, 孙伟红, 等. 不同来源虾青素提取、纯化及定量检测方法的研究进展. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(5): 1414–1423]
- GÓMEZ-GUILLÉN M C, MONTERO P, LÓPEZ-CABALLERO M E, *et al.* Bioactive and technological functionality of a lipid extract from shrimp (*L. vannamei*) cephalothorax. *LWT—Food Science and Technology*, 2018, 89: 704–711
- GUO N, SUN J N, ZHANG Z H, *et al.* Recovery of chitin and protein from shrimp head waste by endogenous enzyme autolysis and fermentation. *Journal of Ocean University of China*, 2019, 18(3): 719–726
- HOSSAIN M I, SHIKHA F H, SHARMA A D. Waste management status of shrimp processing plants of south and south-west region of Bangladesh. *Journal of Environmental*

- Science and Natural Resources, 2018, 11(1-2): 73-81
- JIANG S Q, ZHANG Z W, YU F M, *et al.* Ameliorative effect of low molecular weight peptides from the head of red shrimp (*Solenocera crassicornis*) against cyclophosphamide-induced hepatotoxicity in mice. *Journal of Functional Foods*, 2020, 72: 104085
- JIANG Y, CAO Z X, XU H Q, *et al.* Analysis and development suggestions of shrimp and crab industry in Shandong Province. *Fishery Guide to be Rich*, 2019, 22: 17-20 [姜燕, 曹振杰, 徐海强, 等. 山东省虾蟹类产业现状分析及发展建议. *渔业致富指南*, 2019, 22: 17-20]
- LI X B, HE Q X, HOU H R, *et al.* Targeted lipidomics profiling of marine phospholipids from different resources by UPLC-Q-Exactive Orbitrap/MS approach. *Journal of Chromatography B*, 2018, 1096: 107-112
- LI X B, SUN S K, HAN L W, *et al.* Extraction process of phospholipids from shrimp head. *China Oils and Fats*, 2018, 43(1): 112-115 [李晓彬, 孙世康, 韩利文, 等. 对虾虾头中磷脂提取工艺的研究. *中国油脂*, 2018, 43(1): 112-115]
- LI-CHAN E C Y, CHEUNG I W Y, BYUN H. Shrimp (*Pandalopsis dispar*) waste hydrolysate as a source of novel β -secretase inhibitors. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 2016, 19: 11
- LIU Y L, XING R, YANG H Y, *et al.* Chitin extraction from shrimp (*Litopenaeus vannamei*) shells by successive two-step fermentation with *Lactobacillus rhamnoides* and *Bacillus amyloliquefaciens*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 148: 424-433
- NAGUIB Y M A. Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2000, 48(4): 1150-1154
- NIRMAL N P, SANTIVARANGKNA C, RAJPUT M S, *et al.* Trends in shrimp processing waste utilization: An industrial prospective. *Trends in Food Science and Technology*, 2020, 103: 20-35
- NÚÑEZ-GASTÉLUM J A, SÁNCHEZ-MACHADO D I, LÓPEZ-CERVANTES J, *et al.* Astaxanthin and its esters in pigmented oil from fermented shrimp by products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2016, 25(3): 334-343
- PRAMEELA K, VENKATESH K, IMMANDI S B, *et al.* Next generation nutraceutical from shrimp waste: The convergence of applications with extraction methods. *Food Chemistry*, 2017, 237: 121-132
- SHEN Q, SONG G S, WANG H H, *et al.* Isolation and lipidomics characterization of fatty acids and phospholipids in shrimp waste through GC/FID and HILIC-QTrap/MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2021, 95: 103668
- SILVA F O, TRAMONTE V L C G, PARISENTI J, *et al.* *Litopenaeus vannamei* muscle carotenoids versus astaxanthin: A comparison of antioxidant activity and *in vitro* protective effects against lipid peroxidation. *Food Bioscience*, 2015, 9: 12-19
- SUPARMI E, SARI N I, *et al.* Study on the quality of natural flavor powder made from shrimp waste. *Earth and Environmental Science*, 2020, 430(1): 012007
- TAN Y N, LEE P P, CHEN W N. Microbial extraction of chitin from seafood waste using sugars derived from fruit waste-stream. *AMB Express*, 2020, 10(1): 1664-1669
- WANG F X. Isolation, Purification and its antimetastatic activities *in vitro* of a novel protein from *Eupolyphaga sinensis*. Doctoral Dissertation of Shandong University, 2013 [王凤霞. 中华真地鳖(*Eupolyphaga sinensis*)抗肿瘤蛋白分离纯化及其体外抗转移活性研究. 山东大学博士研究生学位论文, 2013]
- WANG Y L, LIU Y Z, MA L, *et al.* The oxidation mechanism of phospholipids in *Antarctic krill* oil promoted by metal ions. *Food Chemistry*, 2020, 333: 127448
- YUAN Y Q, HOU H R, WANG X M, *et al.* Determination of total phospholipids in *Ommastrephes bartramii* gonad extracts by spectrophotometry. *Drugs and Clinic*, 2011, 26(1): 63-65 [袁延强, 侯海荣, 王希敏, 等. 分光光度法测定鱿鱼生殖腺提取物中总磷脂. *现代药物与临床*, 2011, 26(1): 63-65]
- ZHANG Q, LI Y C. Preparation and structural characterization of chitin from shrimp shell of *Penaeus vannamei*. *Food Science and Technology*, 2020, 45(4): 187-192 [张巧, 李永成. 南美白对虾壳甲壳素的提取工艺及结构分析. *食品科技*, 2020, 45(4): 187-192]
- ZHAO T T, ZHANG Y, CHEN C, *et al.* Analysis of nutrient components and evaluation of nutritive quality in flesh of three species of cultured groupers. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(6): 89-96 [赵亭亭, 张岩, 陈超, 等. 3种养殖石斑鱼的肌肉营养成分分析与品质评价. *渔业科学进展*, 2018, 39(6): 89-96]
- ZHAO Y Q, TAN J X, LI L H, *et al.* Optimization of the preparation process and the physicochemical properties of Antarctic krill astaxanthin microcapsules. *Progress in Fishery Sciences*, 2019, 40(5): 185-194 [赵永强, 谈俊晓, 李来好, 等. 南极磷虾虾青素微胶囊制备工艺优化及其理化性质研究. *渔业科学进展*, 2019, 40(5): 185-194]

Analysis and Evaluation of Shrimp Head Quality from Four Common Shrimp Species in Shandong Province, China

WANG Fengxia¹, ZHANG Shanshan¹, ZHANG Xuanming¹, WANG Lizhen¹,
ZHANG Mengqi¹, LI Peihai¹, LI Xiaobin^{1,2①}, LIU Kechun^{1①}, XING Shu³

(1. Engineering Research Center of Zebrafish Models for Human Diseases and Drug Screening of Shandong Province, Biology Institute, Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences), Ji'nan, Shandong 250103, China;

2. Bioengineering Technology Innovation Center of Shandong Province, Heze, Shandong 274000, China;

3. School of Chemistry and Pharmaceutical Engineering, Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences), Ji'nan, Shandong 250353, China)

Abstract To make full use of shrimp head waste, the protein, amino acid, phospholipid, astaxanthin, and chitin contents were determined from the fresh heads of four shrimp species, and the quality of the different shrimp heads was compared and evaluated. These shrimp heads came from four common species in the Shandong Province: *Procambarus clarkia*, *Penaeus japonicas*, *Penaeus orientalis*, and *Penaeus vanmamei*. The results showed that the weight ratio of the head waste to the whole shrimp weight for the three penaeids reached approximately 40%. The highest weight ratio (85.52%) was observed for *P. clarkia*. All shrimp heads were rich in protein, ranging from 12.47%~14.91% of the fresh shrimp head weight. The essential amino acid contents in the shrimp head proteins of the four species reached more than 40%, and the umami and sweet amino acid contents were also high. Therefore, the shrimp heads of these four species are suitable for the development and utilization of protein hydrolysate/peptide amino acids. The phospholipid contents were 12.38~15.00 mg/g for the three penaeid species heads, and only 3.39 mg/g for the *P. clarkia* heads. The relatively higher astaxanthin content was 68.46 µg/g for *P. vanmamei* and 61.62 µg/g for *P. japonicas*, followed by 41.42 µg/g for *P. orientalis* and 30.71 µg/g for *P. clarkia*, respectively. Therefore, the penaeid heads can be used as a raw material for extracting phospholipids and astaxanthin. However, the chitin content in the head of *P. clarkia* was about 3-fold more than that of the three penaeid species, reaching about 4.67%, making it suitable for the preparation of chitin-related products. Findings of this study show that the by-products of the shrimp heads of these four species are rich in protein and amino acids, while the phospholipid, astaxanthin, and chitin contents varied significantly in the shrimp heads. Therefore, high value-added bioactive components can be developed from the shrimp heads of different species and may have a wide range of application.

Key words Shrimp head; Component analysis; Quality evaluation

① Corresponding author: LI Xiaobin, E-mail: lixb@sdas.org; LIU Kechun, E-mail: hliukch@sdas.org