

文章编号: 1000-0615(2017)06-0907-12

DOI: 10.11964/jfc.20170410820

## 凡纳滨对虾虾肉和虾头中风味物质的比较

贡三月<sup>1,2</sup>, 邱伟强<sup>1,2</sup>, 蒋晨毓<sup>1,2</sup>, 陈舜胜<sup>1,2\*</sup>, 余小亮<sup>1,2</sup>, 代欢欢<sup>3</sup>

(1. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306;

2. 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306;

3. 合肥师范学院生命科学学院, 安徽合肥 230000)

**摘要:** 为充分利用和开发虾头资源从而提高对虾经济附加值, 同时探讨熟制对虾类风味产生的影响, 以凡纳滨对虾生、熟虾肉和生、熟虾头为研究对象, 利用氨基酸自动分析仪、高效液相色谱法(HPLC)和气相色谱—质谱联用法(GC/MS)分别对氨基酸、呈味核苷酸、挥发性物质和营养成分的含量进行检测。结果显示, 虾头中的蛋白质含量显著高于虾肉, 熟制会使粗蛋白的含量下降, 但变化差异不显著; 虾头中必需氨基酸(EAA)含量和游离氨基酸总量(TFAA)显著高于虾肉, 二者主要游离氨基酸种类相同(甘氨酸、精氨酸、脯氨酸、丙氨酸和苏氨酸), 对虾头呈味有贡献的游离氨基酸种类更丰富; 虾头和虾肉中肌苷酸(IMP)含量最高, 腺苷酸(AMP)次之, 二者的味道强度值(TAV)均大于1, 对鲜味贡献较大。GC/MS共检测出88种挥发性物质, 虾肉和虾头中分别特有29种和18种, 挥发性物质种类和含量的差异形成虾肉和虾头的特殊气味, 熟制产生大量的醛类、酮类和芳香类物质。研究表明, 凡纳滨对虾虾肉和虾头中营养物质、游离氨基酸、呈味核苷酸、挥发性物质的组成和含量对风味的贡献存在显著差异。

**关键词:** 凡纳滨对虾; 虾肉; 虾头; 风味物质; 高效液相色谱法; 气相色谱—质谱联用  
**中图分类号:** TS 207.3 **文献标志码:** A

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)属于甲壳纲(Crustacea)、十足目(Decapoda), 是世界三大养殖对虾中单产最高的虾类之一, 2016年我国凡纳滨对虾产量为150万t<sup>[1]</sup>。凡纳滨对虾风味独特、口感鲜美, 虾肉中富含不饱和脂肪酸、蛋白质和游离氨基酸, 同时也是人体维生素和矿物质的良好来源<sup>[2]</sup>。目前, 凡纳滨对虾产品多以虾仁及其制品为主, 生产过程中产生大量废弃的虾头。虾头中除基本营养物质外还含有少量的脑磷脂、卵磷脂和虾青素等功能性物质, 是一类有待开发与利用的优质资源, 但目前仅被应用于生产肥料、甲壳素等或被废弃<sup>[3]</sup>, 造成了资源的浪费。

目前对于凡纳滨对虾的风味已有大量研

究, 对虾的风味包含了滋味和气味, 气味指能够引起嗅觉反应的物质, 而滋味指能够引起味觉反应的物质(游离氨基酸、多肽、核苷酸、有机酸等)。王曜等<sup>[4]</sup>和伍彬等<sup>[5]</sup>发现凡纳滨对虾虾肉中滋味贡献最大为精氨酸(Arg), 其次为丙氨酸(Ala)和组氨酸(His), 且虾头和虾肉中游离氨基酸含量差异显著, 形成各自不同的滋味模式。杨阳等<sup>[6]</sup>通过高效液相色谱法(HPLC)测定凡纳滨对虾中呈味核苷酸的含量, 发现腺苷酸(AMP)含量大于肌苷酸(IMP), 不同温度加热后IMP含量减少程度差异显著。Zhou等<sup>[7]</sup>和麦雅彦等<sup>[8]</sup>测定虾类中的挥发性气味物质, 确定1-戊烯-3-醇、3,3-辛二烯-2-酮是重要的特征性气味物质。以往针对凡纳滨对虾风味的研究主要都是采用整虾

收稿日期: 2017-04-28 修回日期: 2017-05-11

资助项目: 国家自然科学基金(31471685); 上海海洋大学博士启动基金(A2-0203-00-100340); 合肥师范学院校级资助项目(2012cxy09)

通信作者: 陈舜胜, E-mail: sschen@shou.edu.cn

熟制后取样,并没有考虑熟制过程中各部位间存在的相互影响;有些研究主要以虾肉为对象而忽略虾头;或者仅考察不同加热温度和加热方式对虾肉风味的影响,缺乏与生鲜样品的对比。

本研究分别以凡纳滨对虾生、熟虾肉和虾头为对象,对四者的基本营养成分、游离氨基酸含量、核苷酸及其关联产物含量和挥发性物质的含量进行检测和系统地分析,为科学地开发利用虾头提供理论参考。考虑到熟制过程对凡纳滨对虾特殊风味的形成具有重要影响,因此同时分析熟制对虾类风味产生的影响,为进一步探讨不同加工方式对凡纳滨对虾风味物质产生的影响提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

凡纳滨对虾购自上海浦东新区古棕路水产市场,原产于广东汕尾,淡水驯化养殖。对虾平均体长(8.62±0.45) cm,平均体质量(18.20±0.25) g,将鲜活的对虾充氧密封,在12~15 °C下立即运回实验室。剥离虾头与虾肉并分别盛装,保存于-80 °C条件下,待用。

### 1.2 仪器与设备

LC-2010CHT高效液相色谱仪;FJ200-SH数显高速分散均质机,上海标本模型厂;PHS-3C pH计,上海仪电科学仪器股份有限公司;7890-5977A GC/MS联用仪,美国Agilent公司;65 μm PDMS/DVB萃取头,Supelco公司;H2050R高速冷冻离心机,长沙湘仪有限公司;L-8800氨基酸自动分析仪,日本日立公司。

### 1.3 测定方法

**营养成分的测定** 水分测定参考GB/T5009.3-2010<sup>[9]</sup>,采用直接干燥法;粗蛋白测定参考GB/T5009.5-2010<sup>[10]</sup>,采用凯氏定氮法;粗脂肪测定参考GB/T5009.6-2003<sup>[11]</sup>,采用索氏抽提法;灰分测定参考GB/T5009.4-2010<sup>[12]</sup>,采用灼烧称重法。

**游离氨基酸的测定** 游离氨基酸(FAA)的测定参考王曜等<sup>[4]</sup>方法,略有改动。熟样采用100 °C水浴30 min进行制备,生样直接进行实验。称取2.0 g样品,加入20 mL盐酸溶液(0.02 mol/L),4 °C下均质,离心(5000 r/min, 5 min)取上清液,重复操作1次后合并上清液,定容至50 mL,取2 mL

上清液和2 mL 5%的磺基水杨酸溶液充分反应,过滤后离心滤液(10 000 r/min, 15 min),使用0.22 μm水相微孔滤膜过滤后进样。

**呈味核苷酸的测定** 参考邱伟强等<sup>[13]</sup>方法,略有改动。分别取虾肉和虾头的生、熟样5 g,加入10%高氯酸10 mL,均质后离心(10 000 r/min, 15 min)取上清液,沉淀用5 mL 5%的高氯酸再次均质,离心后合并上清液,用KOH调pH至6.5,将溶液定容至50 mL,用0.22 μm水相微孔滤膜过滤后进样。

**挥发性物质的测定** 参考张晶晶等<sup>[14]</sup>方法,略有改动。分别取虾肉和虾头2.5 g,加入2.5 mL 0.20 g/mL的氯化钠溶液,均质后加入搅拌子,使用65 μm的PDMS/DVB萃取头,萃取时间为30 min。生样萃取:置于30 °C水浴中;熟样萃取:置于100 °C水浴中,解吸时间5 min。

### 1.4 仪器参数设置

**氨基酸自动分析仪参数设定** 色谱柱(4.6 mm×150 mm, 7 μm);柱温:50 °C;1通道流速:0.4 mL/min;2通道流速:0.35 mL/min。流动相:pH 3.2、3.3、4.0、4.9的柠檬酸钠和柠檬酸的混合缓冲液以及质量分数4%的茚三酮缓冲液。

**高效液相色谱仪参数设定** ODS-SP C<sub>18</sub>色谱柱:(4.6 mm×250 mm, 5 μm);流动相:A为0.05 mol/L磷酸二氢钾和磷酸氢二钾溶液,用磷酸调至pH为6.5;B为甲醇溶液,等梯度洗脱;流速:1 mL/min;柱温:28 °C;进样量:20 μL;检测波长:254 nm。

**气相色谱-质谱联用仪参数设定** HP-5MS石英毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.5 μm);升温程序:初始温度30 °C保持1 min,以10 °C/min升至120 °C,立即以15 °C/min升至250 °C,保持3 min。载气为99.999%高纯氮气,流速1.2 mL/min,压力60.0 kPa,不分流。MS参数设定:电子能量70 eV,灯丝发射电流200 μA,离子源温度230 °C,四极杆温度150 °C,检测器温度250 °C,GC/MS接口温度280 °C,检测器电压1.2 kV,质量扫描范围m/z 50~450。

### 1.5 数据处理

挥发性物质通过NIST 2008和Wiley 9谱库中标标准物质的图谱进行比对,选择正反匹配度大于800的物质进行报道。由各挥发性物质的绝对峰面积表示该物质的相对含量。

实验结果应用Microsoft Excel 2010和SPSS 21.0进行统计分析, 在单因素方差分析的基础上采用Duncan氏多重比较法进行分析, 重复3次, 统计值为mean±SD, 显著性水平为P=0.05。

## 2 结果

### 2.1 凡纳滨对虾虾肉和虾头营养成分的比较

凡纳滨对虾虾头、虾肉中水分含量均大于75%, 其中生样的虾肉和虾头水分含量无显著性差异(P>0.05), 分别为79.06%和78.20%。熟制使水分含量下降, 虾肉和虾头中水分含量分别下降了4.83%和0.98%。虾头中的粗蛋白含量显著高于虾肉(P<0.05), 生样和熟样虾头的粗蛋白含量分别为虾肉的1.09倍和1.07倍; 熟制使虾肉和虾头中粗蛋白的含量下降, 但变化差异不显著(P>0.05)。灰分和粗脂肪所占比例较低, 均低于2.5%, 熟制后灰分含量显著上升, 涨幅约为2.33%~28.13%, 粗脂肪含量略有上升, 但变化不显著。

表 1 凡纳滨对虾虾肉和虾头的基本营养成分(鲜重)

Tab. 1 Primary nutritions in *L. vannamei*'s meat and head (fresh weigh) %

样品组 sample group	水分 moisture	灰分 ash	粗蛋白 crude protein	粗脂肪 crude fat
虾肉生样 raw meat	79.06±0.65 <sup>a</sup>	1.72±0.09 <sup>b</sup>	16.51±0.39 <sup>ab</sup>	1.78±0.13 <sup>ab</sup>
虾肉熟样 cooked meat	75.24±1.00 <sup>b</sup>	1.76±0.11 <sup>b</sup>	15.95±0.71 <sup>b</sup>	1.93±0.07 <sup>a</sup>
虾头生样 raw head	78.20±0.35 <sup>a</sup>	1.92±0.09 <sup>b</sup>	17.92±0.85 <sup>a</sup>	1.54±0.17 <sup>b</sup>
虾头熟样 cooked head	77.42±1.61 <sup>ab</sup>	2.46±1.23 <sup>a</sup>	17.02±0.99 <sup>a</sup>	1.66±0.24 <sup>bc</sup>

注: 同行肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05), 下同  
Notes: in the same row, values with different small letter superscripts mean significant differences (P<0.05), the same below

### 2.2 凡纳滨对虾虾肉和虾头中游离氨基酸含量的比较

经氨基酸自动分析仪检测, 对虾生、熟虾头和虾肉中共测得16种FAA, 7种必需氨基酸(EAA)(色氨酸受到酸水解影响未测出, 表2)。对虾各样品中EAA含量约占游离氨基酸总量(TFAA)的7.74%~25.99%。在生样和熟样中, 虾头的EAA含量分别为虾肉的2.10和4.15倍, 其中虾头熟样中EAA含量最高, 为235.17 mg/100 g, 而虾肉熟样中含量最低(56.69 mg/100 g)。对虾的虾肉和虾头中主要FAA组成基本一致; 含量较高的5种FAA (Gly、Arg、Pro、Ala和Thr)约占TFAA的68.03%~84.51%, 其中呈味氨基酸4种, EAA 1种。

### 2.3 凡纳滨对虾虾肉和虾头中氨基酸呈味效果和味道强度值分析

氨基酸通常呈现鲜味、甜味、苦味和硫味等不同滋味<sup>[6]</sup>, 其在水产品滋味的贡献大小可以通过味道强度值(taste activity value, TAV)判断。凡纳滨对虾中TAV值大于1的氨基酸共4种, 分别为谷氨酸(Glu, 鲜味)、甘氨酸(Gly, 甜味)、丙氨酸(Ala, 甜味)和精氨酸(Arg, 苦味/甜味), 它们对凡纳滨对虾的滋味贡献最大, 但在虾肉和虾头中各氨基酸的贡献度差异显著(P<0.05)(表3)。凡纳滨对虾虾肉中Gly和Arg的TAV值均高于虾头, 约为虾头的1.11~1.90倍; 虾头中Glu和Ala的TAV值均高于虾肉, 约为虾肉的1.37~4.61倍。

### 2.4 凡纳滨对虾虾肉和虾头中的呈味核苷酸含量

对虾的各组样品间IMP含量最高, 其次为AMP(表4), 除虾头生样外, 二者的TAV值均大于1。对虾虾肉中AMP含量显著高于虾头, 在生样和熟样中分别比虾头增加了38.50和37.62 mg/100 g, 其中熟虾肉中AMP含量最高(187.26 mg/100 g), 生虾头中AMP含量最低(33.01 mg/100 g)。熟制后虾头和虾肉中IMP含量的变化存在显著性差异(P<0.05), 虾肉中IMP含量呈现下降趋势, 降幅为39.83%; 虾头中IMP含量呈现上升趋势, 涨幅为55.68%。

### 2.5 凡纳滨对虾虾肉和虾头中的挥发性物质的比较

本研究采用气相色谱—质谱联用(GC/MS)对凡纳滨对虾生、熟虾肉和虾头中挥发性物质进行提取分离, 共鉴定出88种物质, 其中虾肉和虾头中分别鉴定出70种和59种, 生样和熟样中分别鉴定出78种和74种。检测出的9类化合物中, 醛类(13.27%~23.42%)、酮类(13.02%~28.51%)和芳香类(12.32%~17.07%)所占比例最大(表5)。

## 3 结论

氨基酸含量与组成同时决定虾类的营养价值和呈味特性<sup>[8]</sup>, 生、熟样品中虾头的TFAA均高于虾肉, 分别为虾肉的1.14和2.14倍, 这与王曜等<sup>[4]</sup>对克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)的研究结果一致。虾肉中Gly、Arg和Pro含量最高(Gly>Arg>Pro), 在生、熟虾肉中, 3种氨基酸总量分别为464.91和554.64 mg/100 g, 其中熟虾肉

表2 凡纳滨对虾虾肉和虾头中游离氨基酸的含量与组成

Tab. 2 Free amino acid composition in *L. vannamei*'s meat and head

氨基酸名称 amino acids	虾肉生样 raw meat		虾肉熟样 cooked meat		虾头生样 raw head		虾头熟样 cooked head	
	含量/(mg/100 g) content	比例/% percentage	含量/(mg/100 g) content	比例/% percentage	含量/(mg/100 g) content	比例/% percentage	含量/(mg/100 g) content	比例/% percentage
天冬氨酸 Asp	5.96±0.37 <sup>e</sup>	0.83	1.94±0.05 <sup>d</sup>	0.26	22.76±0.84 <sup>a</sup>	2.79	13.32±0.07 <sup>b</sup>	1.47
苏氨酸 Thr*	35.40±0.14 <sup>c</sup>	4.93	16.62±0.02 <sup>d</sup>	2.27	118.58±4.21 <sup>a</sup>	14.52	53.68±0.07 <sup>b</sup>	5.93
丝氨酸 Ser	5.92±0.22 <sup>d</sup>	0.83	47.23±0.29 <sup>a</sup>	6.45	22.56±1.03 <sup>b</sup>	2.76	12.43±0.02 <sup>c</sup>	1.37
谷氨酸 Glu	25.67±0.52 <sup>c</sup>	3.58	10.00±0.10 <sup>d</sup>	1.36	51.66±0.89 <sup>a</sup>	6.33	45.63±0.69 <sup>b</sup>	5.04
甘氨酸 Gly	291.12±0.09 <sup>b</sup>	40.58	304.91±8.8 <sup>a</sup>	41.61	241.21±3.19 <sup>c</sup>	29.53	160.71±0.16 <sup>d</sup>	17.76
丙氨酸 Ala	83.91±0.05 <sup>c</sup>	11.70	46.99±0.16 <sup>d</sup>	6.41	115.00±0.06 <sup>a</sup>	14.08	86.26±0.05 <sup>b</sup>	9.53
缬氨酸 Val*	11.05±0.27 <sup>c</sup>	1.54	6.07±0.03 <sup>d</sup>	0.83	14.59±0.49 <sup>b</sup>	1.79	28.84±0.09 <sup>a</sup>	3.19
蛋氨酸 Met*	4.13±0.28 <sup>e</sup>	0.58	3.69±0.06 <sup>d</sup>	0.50	8.35±0.35 <sup>b</sup>	1.02	11.67±0.01 <sup>a</sup>	1.29
异亮氨酸 Ile*	5.09±0.41 <sup>c</sup>	0.71	3.45±0.04 <sup>d</sup>	0.47	12.01±0.27 <sup>b</sup>	1.47	20.46±0.35 <sup>a</sup>	2.26
亮氨酸 Leu*	9.36±0.16 <sup>c</sup>	1.30	6.64±0.03 <sup>d</sup>	0.91	17.15±0.28 <sup>b</sup>	2.10	40.25±0.25 <sup>a</sup>	4.45
酪氨酸 Tyr	13.66±0.11 <sup>b</sup>	1.90	5.82±0.23 <sup>c</sup>	0.79	5.31±0.13 <sup>d</sup>	0.65	21.69±0.45 <sup>a</sup>	2.40
苯丙氨酸 Phe*	15.37±0.13 <sup>c</sup>	2.14	9.67±0.08 <sup>d</sup>	1.32	20.16±0.21 <sup>b</sup>	2.47	39.82±0.13 <sup>a</sup>	4.40
赖氨酸 Lys*	25.62±0.71 <sup>c</sup>	3.57	10.57±0.06 <sup>d</sup>	1.44	30.66±0.18 <sup>b</sup>	3.75	40.46±0.12 <sup>a</sup>	4.47
组氨酸 His	11.40±0.11 <sup>b</sup>	1.59	8.42±0.13 <sup>c</sup>	1.15	3.02±0.23 <sup>d</sup>	0.37	14.76±0.13 <sup>a</sup>	1.63
精氨酸 Arg	117.8±0.73 <sup>c</sup>	16.42	181.99±0.68 <sup>a</sup>	24.84	106.45±0.10 <sup>d</sup>	13.03	127.96±0.12 <sup>b</sup>	14.14
脯氨酸 Pro	55.99±0.04 <sup>c</sup>	7.80	68.74±0.01 <sup>b</sup>	9.38	27.25±0.81 <sup>d</sup>	3.34	187.09±0.16 <sup>a</sup>	20.67
游离氨基酸总量 TFAA	717.41±2.47 <sup>d</sup>	100.00	732.72±9.38 <sup>c</sup>	100.00	816.69±9.50 <sup>b</sup>	100.00	905.00±0.32 <sup>a</sup>	100.00
必需氨基酸 EAA	106.02±1.25 <sup>c</sup>	14.78	56.69±0.08 <sup>d</sup>	7.74	221.49±4.73 <sup>b</sup>	27.12	235.17±0.11 <sup>a</sup>	25.99
非必需氨基酸 NEAA	611.4±1.22 <sup>b</sup>	85.22	676.03±9.29 <sup>a</sup>	92.26	595.21±4.77 <sup>c</sup>	72.88	669.83±0.75 <sup>a</sup>	74.01

注: \*必需氨基酸

Notes: \*:essential amino acid

中的Gly含量最高,为304.91 mg/100 g, Arg和Pro在熟虾肉中的含量也显著高于生样( $P<0.05$ )。虾头中Gly、Arg和Thr含量最高(Gly>Thr>Arg),3种氨基酸总量在生、熟虾头中分别为474.79和300.65 mg/100 g,其中含量最高的为生样中的Gly(241.21 mg/100 g),为熟样的1.50倍;Ala和Thr在虾头生样中的含量也显著高于熟样( $P<0.05$ ),说明对虾的熟制虾肉和生鲜虾头味道更加鲜美。除虾头生样外,各样品FAA中含量最高的均为Gly,其占TFAA的比例均高于25%;在虾肉熟样中含量最高,为304.91 mg/100 g, Gly不仅能提供鲜甜味,还可以减少苦味,从食物中除去不愉快的滋味<sup>[5]</sup>,对虾肉滋味的产生具有重要的贡献。但仅通过对FAA组成和含量的分析还不足以对对虾的风味进行比较,且本研究仅采集一个

地区一种养殖方式生产的对虾,要得到更准确的结果还需通过对不同地区以及不同养殖方式的对虾进行大量实验后比较分析。

虾肉和虾头中TAV值大于1,对滋味有重要贡献的氨基酸为Arg、Gly、Glu和Ala,其中Arg和Gly对虾肉的贡献大于虾头,Arg能够提升鲜度并增加呈味复杂性,在人体营养代谢与调控过程中发挥重要作用<sup>[4]</sup>。而Glu和Ala对虾头的贡献大于虾肉,Glu在鲜味氨基酸中呈味效果最强,且仅在虾头中数值大于1。由此可见,虾肉中对滋味有贡献的FAA组成比较单一,而虾头中对滋味有贡献的FAA种类更加丰富。

核苷酸及其关联产物对虾类特殊滋味的产生具有重要贡献,IMP和AMP是对虾类鲜味贡献最大的核苷酸,IMP可以较大程度地提升虾类的

表3 凡纳滨对虾虾肉和虾头中氨基酸的味道特征和味道强度值

Tab. 3 Flavor characteristics and taste activity value of free amino acids in meat and head of *L. vannamei*

氨基酸 amino acids	味道特征 <sup>[23]</sup> flavor characteristics	味道阈值 <sup>[23]</sup> (mg/g) taste threshold	味道强度值 taste activity value			
			虾肉生样 raw meat	虾肉熟样 cooked meat	虾头生样 raw head	虾头熟样 cooked head
天冬氨酸 Asp	鲜(+)	1.00	0.06	0.02	0.23	0.13
苏氨酸 Thr	甜(+)	2.60	0.14	0.06	0.46	0.21
丝氨酸 Ser	甜(+)	1.50	0.04	0.31	0.15	0.08
谷氨酸 Glu	鲜(+)	0.30	0.86	0.33	1.72	1.52
甘氨酸 Gly	甜(+)	1.30	2.24	2.35	1.86	1.24
丙氨酸 Ala	甜(+)	0.60	1.4	0.78	1.92	1.44
缬氨酸 Val	甜/苦(-)	0.40	0.28	0.15	0.36	0.72
蛋氨酸 Met	苦/甜/硫(-)	0.30	0.14	0.12	0.28	0.39
异亮氨酸 Ile	苦(-)	0.90	0.06	0.04	0.13	0.23
亮氨酸 Leu	苦(-)	1.90	0.05	0.03	0.09	0.21
酪氨酸 Tyr	苦(-)	n.d.				
苯丙氨酸 Phe	苦(-)	0.90	0.17	0.11	0.22	0.44
赖氨酸 Lys	甜/苦(-)	0.50	0.51	0.21	0.61	0.81
组氨酸 His	苦(-)	0.20	0.57	0.42	0.15	0.74
精氨酸 Arg	苦/甜(+)	0.50	2.36	3.64	2.13	2.56
脯氨酸 Pro	苦/甜(+)	3.00	0.19	0.23	0.09	0.62

注: +, 令人愉快的滋味; -, 令人不愉快的滋味; n.d. 未检出, 下同

Notes: +, pleasant taste; -, unpleasant taste; n.d. undetected, the same below

表4 凡纳滨对虾虾肉和虾头中呈味核苷酸的含量和味道强度值

Tab. 4 Flavor nucleotides and and taste activity value in *L. vannamei*'s meat and head

样品组 sample group	呈味核苷酸的含量/(mg/100 g) flavor nucleotides							
	IMP	TAV	AMP	TAV	Hx	ATP	ADP	HxR
虾肉生样 raw meat	128.83±0.69 <sup>a</sup>	5.15	71.51±0.86 <sup>b</sup>	1.43	23.98±0.54 <sup>c</sup>	11.55±0.64 <sup>a</sup>	16.92±1.20 <sup>a</sup>	13.31±0.03 <sup>b</sup>
虾肉熟样 cooked meat	77.52±2.02 <sup>c</sup>	3.10	89.01±0.16 <sup>a</sup>	1.78	21.21±0.76 <sup>c</sup>	6.48±0.62 <sup>c</sup>	15.77±0.64 <sup>ab</sup>	9.94±0.42 <sup>c</sup>
虾头生样 raw head	105.09±1.12 <sup>b</sup>	4.20	33.01±0.24 <sup>d</sup>	0.66	48.44±0.16 <sup>a</sup>	10.31±0.83 <sup>b</sup>	12.68±0.77 <sup>b</sup>	19.34±0.81 <sup>a</sup>
虾头熟样 cooked head	126.50±1.48 <sup>a</sup>	5.06	51.39±0.58 <sup>c</sup>	1.03	38.24±0.99 <sup>b</sup>	7.72±0.25 <sup>d</sup>	12.77±0.17 <sup>b</sup>	10.72±0.38 <sup>c</sup>

鲜味, 效果优于谷氨酸钠(MSG), 且在增强食品的鲜味方面二者间存在协同效应<sup>[15]</sup>, 同时在蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)、梭子蟹(*Portuns trituberculatus*)和猪肉中发现IMP、AMP和鲜味氨基酸间存在协同效应<sup>[11-13]</sup>。

虾肉和虾头中IMP的TAV值均大于3, 虾肉生样的TAV值最高(5.15), 说明IMP在呈味核苷酸中对凡纳滨对虾鲜味的产生贡献最大。虾肉中AMP含量显著高于虾头, 这也是凡纳滨对虾

肉滋味更加鲜美的原因。由于AMP的阈值较大, 造成其TAV值略小, 其中虾肉生样的TAV值最高(1.43), 虾头生样的TAV值最低(0.66)。熟制后虾肉和虾头中AMP含量均呈现上升的趋势, 这可能是由于加热降低了AMP脱氨酶的活性, 使得AMP大量积累<sup>[16-17]</sup>; 次黄嘌呤(Hx)是三磷酸腺苷(ATP)降解得到的最终产物, 具有一定的苦味, 本研究中生样Hx的含量约为熟样的1.13~1.27倍, 这说明熟制具有减少苦味和提升虾类鲜味

的作用。熟制后虾肉中IMP含量呈现下降趋势,而熟虾头中IMP含量呈现上升的趋势,这与池岸英等<sup>[18]</sup>对凡纳滨对虾虾肉中呈味核苷酸含量变化的影响结果相一致。Mohan等<sup>[15]</sup>和Meinert等<sup>[19]</sup>在熟制鱼肉和猪肉的过程中也发现相同的变化趋势,虾头中IMP含量的上升可能是由于虾头中含有性腺和肝胰腺等特殊器官所造成的<sup>[20]</sup>。

醛类物质一般为脂质受热降解的产物,且呈现出阈值较低的特点<sup>[21]</sup>。2-甲基丁醛和3-甲基丁醛仅存在于虾头中(表5),在虾体内以痕量存在时也可以与其他物质产生重叠的气味效应,对构成虾头特殊的气味具有重要贡献;(E,E)-2,4-庚二烯醛等3种醛类物质为虾肉中所独有。熟制后,虾肉和虾头中的醛类物质比例均呈现上升的趋势,这与杨阳等<sup>[6]</sup>研究不同加热温度对虾肉中醛类物质含量的影响结果相一致;高先楚等<sup>[22]</sup>在对比中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)蟹肉生、熟

样品时也发现相同的变化规律。

虾肉和虾头中检测出酮类物质和芳香类物质各10种,其中虾肉中特有的4-甲基-1-己酮作为甲基酮的一种,呈现独特的清香和果香;虾头中特有的2-己酮呈现芳香味<sup>[23]</sup>。6,10,14-三甲基-2-十五酮仅存在于生样中,为生鲜样品提供甜的玫瑰花气味;虾肉和虾头之间芳香类物质的种类差异较大,但芳香类物质总量较少且无显著性差异,说明芳香类物质对各样品独特气味的形成贡献不大。

含氮类物质的阈值较低,是水产品气味的重要组成部分。三甲胺作为一种非常强的挥发性物质广泛存在鱼、虾、蟹体内,产生鱼腥味或类氨味<sup>[24]</sup>,相比于生样,熟样中三甲胺所占比例有所下降,虾肉和虾头中三甲胺所占比例分别减少了59.54%和13.81%,说明熟制可以一定程度地改善虾类产品的气味,使其更加可口。虾

表5 凡纳滨对虾虾肉和虾头中挥发性物质的含量  
Tab. 5 Volatile substances identified in *L. vannamei*'s meat and head

编号 no.	物质 substances	相对含量 relative content			
		虾肉生样 raw meat	虾肉熟样 cooked meat	虾头生样 raw head	虾头熟样 cooked head
<b>醛类 aldehydes</b>					
Q1	(E,E)-2, 4-庚二烯醛 (E,E)-2,4-hexadienal	n.d.	0.52±0.03	n.d.	n.d.
Q2	2-丁烯醛 2-butenal	n.d.	0.48±0.04 <sup>a</sup>	n.d.	0.44±0.02 <sup>b</sup>
Q3	2-甲基丁醛 2-methylbutyraldehyde	n.d.	n.d.	0.33±0.03 <sup>b</sup>	0.98±0.02 <sup>a</sup>
Q4	3-甲基丁醛 3-methylbutyraldehyde	n.d.	n.d.	0.12±0.01 <sup>b</sup>	0.98±0.03 <sup>a</sup>
Q5	苯甲醛 benzaldehyde	6.98±0.52 <sup>c</sup>	7.12±0.64 <sup>b</sup>	7.21±0.70 <sup>b</sup>	8.21±0.41 <sup>a</sup>
Q6	苯乙醛 phenylacetaldehyde	0.21±0.40	n.d.	n.d.	n.d.
Q7	戊醛 pentanal	n.d.	0.45±0.01 <sup>b</sup>	n.d.	1.10±0.30 <sup>a</sup>
Q8	己醛 hexanal	1.23±0.02 <sup>b</sup>	1.14±0.05 <sup>b</sup>	0.98±0.04 <sup>c</sup>	2.24±0.04 <sup>a</sup>
Q9	庚醛 heptanal	2.12±0.02 <sup>b</sup>	2.21±0.04 <sup>b</sup>	0.43±0.01 <sup>c</sup>	2.14±0.05 <sup>a</sup>
Q10	辛醛 octanal	0.98±0.08 <sup>c</sup>	1.21±0.21 <sup>b</sup>	2.18±0.12 <sup>a</sup>	2.22±0.23 <sup>a</sup>
Q11	壬醛 nonanal	2.12±0.1 <sup>a</sup>	2.12±0.3 <sup>a</sup>	0.68±0.03 <sup>c</sup>	0.88±0.02 <sup>b</sup>
Q12	癸醛 decanal	0.32±0.02 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>c</sup>	0.33±0.01 <sup>a</sup>	0.21±0.04 <sup>bc</sup>
Q13	十一醛 undecanal	n.d.	1.09±0.03 <sup>b</sup>	n.d.	1.18±0.30 <sup>a</sup>
Q14	十三醛 tridecanal	n.d.	0.34±0.01 <sup>b</sup>	n.d.	0.54±0.02 <sup>a</sup>
Q15	十四醛 tetradecanal	n.d.	0.19±0.02	n.d.	n.d.
Q16	棕榈醛 n-hexadecanal	0.21±0.01 <sup>c</sup>	0.40±0.03 <sup>bc</sup>	0.54±0.02 <sup>b</sup>	1.21±0.02 <sup>a</sup>
Q17	十八醛 octadecanal	0.98±0.02 <sup>b</sup>	1.12±0.3 <sup>a</sup>	0.47±0.02 <sup>c</sup>	1.09±0.04 <sup>b</sup>
合计 total		15.15	18.51	13.27	23.42

· 续表5 ·

编号 number	物质 substances	相对含量 relative content			
		虾肉生样 raw meat	虾肉熟样 cooked meat	虾头生样 raw head	虾头熟样 cooked head
<b>酮类 ketones</b>					
K1	2-己酮 2-hexanone	n.d.	n.d.	0.02±0.01 <sup>b</sup>	1.04±0.32 <sup>a</sup>
K2	2-辛酮 2-octanone	1.88±0.04 <sup>d</sup>	2.89±0.34 <sup>e</sup>	5.21±0.62 <sup>b</sup>	6.78±0.84 <sup>a</sup>
K3	2-癸酮 2-ketone	3.83±0.4 <sup>a</sup>	2.33±0.44 <sup>b</sup>	n.d.	n.d.
K4	2-壬酮 2-nonanone	2.12±0.32 <sup>d</sup>	4.23±0.40 <sup>b</sup>	3.12±0.43 <sup>e</sup>	5.12±0.53 <sup>a</sup>
K5	3-壬酮 3-nonanone	3.22±0.32 <sup>a</sup>	0.09±0.01 <sup>d</sup>	0.23±0.01 <sup>e</sup>	1.22±0.33 <sup>b</sup>
K6	2-十一酮 2-undecanone	2.16±0.27 <sup>b</sup>	3.25±0.40 <sup>a</sup>	n.d.	n.d.
K7	2-十二酮 2-dodecanone	n.d.	n.d.	n.d.	0.48±0.03
K8	2-十三酮 2-tridecanone	2.12±0.42 <sup>b</sup>	4.12±0.45 <sup>a</sup>	n.d.	n.d.
K9	2-十五酮 2-pentadecanone	1.29±0.22 <sup>b</sup>	4.23±0.67 <sup>a</sup>	n.d.	n.d.
K10	4-甲基-1-己酮 4-methyl-1-hexanone	nd	3.12±0.31	n.d.	n.d.
K11	6,10,14-三甲基-2-十五酮 6,10,14-trimethylpentadecan-2-one	2.12±0.34 <sup>a</sup>	n.d.	0.48±0.02 <sup>b</sup>	n.d.
K12	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-methyl-5-hepten-2-one	2.12±0.56 <sup>e</sup>	4.25±0.67 <sup>ab</sup>	3.96±0.88 <sup>b</sup>	5.13±0.66 <sup>a</sup>
合计	total	20.86	28.51	13.02	19.77
<b>醇类 alcohols</b>					
A1	1-辛烯-3-醇 1-octen-3-ol	2.12±0.45 <sup>b</sup>	1.16±0.01 <sup>e</sup>	2.78±0.33 <sup>a</sup>	1.99±0.03 <sup>bc</sup>
A2	1-壬烯-3-醇 1-nonen-3-ol	1.89±0.56 <sup>b</sup>	1.19±0.03 <sup>e</sup>	2.12±0.34 <sup>a</sup>	1.21±0.33 <sup>e</sup>
A3	1-戊烯-3-醇 1-penten-3-ol	n.d.	n.d.	n.d.	1.42±0.06
A4	2-甲基-4-戊烯-1-醇 2-methyl-4-penten-1-ol	n.d.	1.45±0.02	n.d.	n.d.
A5	2-十六醇 2-hexadecanol	2.34±0.23 <sup>b</sup>	n.d.	4.32±0.34 <sup>a</sup>	n.d.
A6	2-十一醇 undecan-2-ol	n.d.	1.10±0.01	n.d.	n.d.
A7	1-辛醇 1-octanol	n.d.	0.33±0.02	n.d.	n.d.
A8	5-癸烯-1-醇 5-Decen-1-ol	n.d.	n.d.	3.88±0.03	n.d.
A9	苯甲醇 benzyl alcohol	5.23±0.34 <sup>a</sup>	1.78±0.08 <sup>b</sup>	n.d.	n.d.
A10	苯乙醇 phenethyl alcohol	n.d.	0.29±0.01	n.d.	n.d.
A11	雪松醇 cedrol	2.29±0.87	n.d.	n.d.	n.d.
合计	total	16.08	7.31	13.10	7.62
<b>呋喃类 furans</b>					
U1	2-甲基呋喃 2-methylfuran	0.36±0.03 <sup>e</sup>	0.82±0.03 <sup>a</sup>	0.12±0.02 <sup>d</sup>	0.56±0.03 <sup>b</sup>
U2	2-乙基呋喃 2-ethylfuran	n.d.	n.d.	0.18±0.01 <sup>b</sup>	0.39±0.03 <sup>a</sup>
U3	5-甲基-2-乙酰基呋喃 5-methyl-2-Acetyl Furan	n.d.	n.d.	n.d.	1.21±0.16
U4	2-庚基呋喃 2-heptyl-Furan	0.45±0.02 <sup>a</sup>	0.36±0.04 <sup>b</sup>	0.04±0.01 <sup>e</sup>	0.08±0.01 <sup>e</sup>
U5	2-戊基呋喃 2-pentylfuran	0.22±0.02 <sup>b</sup>	0.38±0.01 <sup>a</sup>	n.d.	n.d.
合计	total	1.03	1.56	0.34	2.24

· 续表5 ·

编号 number	物质 substances	相对含量 relative content			
		虾肉生样 raw meat	虾肉熟样 cooked meat	虾头生样 raw head	虾头熟样 cooked head
<b>酯类 esters</b>					
Z1	乙酸异戊酯 isoamyl acetate	n.d.	0.44±0.04	n.d.	n.d.
Z2	丁酸乙酯 ethyl butyrate	n.d.	n.d.	n.d.	0.58±0.04
Z3	丁二酸二乙酯 diethyl succinate	3.15±0.23 <sup>a</sup>	n.d.	1.48±0.04 <sup>b</sup>	n.d.
Z4	壬酸乙酯 ethyl nonanoate	n.d.	n.d.	2.25±0.23	n.d.
Z5	棕榈酸异丙酯 isopropyl palmitate	n.d.	0.44±0.02	n.d.	n.d.
合计 total		3.15	0.88	3.73	0.58
<b>芳香类 aromatics</b>					
F1	1,2-二甲基苯 1,2-dimethylbenzene	n.d.	4.12±0.65 <sup>a</sup>	n.d.	2.17±0.02 <sup>b</sup>
F2	1,3-二甲基苯 1,3-dimethylbenzene	n.d.	n.d.	1.90±0.55 <sup>a</sup>	0.20±0.02 <sup>b</sup>
F3	1-甲基萘 1-methylnaphthalene	1.89±0.32 <sup>b</sup>	n.d.	4.32±0.78 <sup>a</sup>	n.d.
F4	2,3-二甲基萘 2,3-dimethylnaphthalene	n.d.	2.13±0.33	n.d.	n.d.
F5	对二甲苯 p-dimethylbenzene	3.98±0.78 <sup>c</sup>	4.21±0.91 <sup>b</sup>	0.63±0.05 <sup>d</sup>	10.21±0.78 <sup>a</sup>
F6	甲苯 toluene	n.d.	n.d.	1.26±0.02 <sup>b</sup>	1.68±0.03 <sup>a</sup>
F7	均三甲苯 mesitylene	n.d.	n.d.	0.04±0.03	n.d.
F8	邻二甲苯 1,2-xylene	1.21±0.08 <sup>a</sup>	n.d.	0.47±0.23 <sup>b</sup>	n.d.
F9	萘 naphthalene	2.12±0.12 <sup>c</sup>	2.34±0.23 <sup>b</sup>	1.23±0.07 <sup>d</sup>	2.81±0.08 <sup>a</sup>
F10	乙基苯 ethylbenzene	3.12±0.29 <sup>b</sup>	0.41±0.02 <sup>c</sup>	6.05±0.78 <sup>a</sup>	n.d.
合计 total		12.32	13.21	15.90	17.07
<b>含氮类 N-containing</b>					
N1	三甲胺 trimethyl amine	3.04±0.21 <sup>d</sup>	1.23±0.01 <sup>c</sup>	4.78±0.23 <sup>b</sup>	4.12±0.02 <sup>a</sup>
N2	2-乙基吡啶 2-ethylpyridine	1.98±0.03 <sup>a</sup>	1.32±0.01 <sup>b</sup>	n.d.	n.d.
N3	2-甲基吡嗪 2-methylpyrazine	n.d.	n.d.	n.d.	1.46±0.12 <sup>b</sup>
N4	吡啶 pyridine	1.09±0.02 <sup>d</sup>	1.05±0.23 <sup>b</sup>	3.55±0.41 <sup>a</sup>	2.09±0.03 <sup>c</sup>
N5	吡嗪 Pyrazine	1.30±0.23 <sup>b</sup>	1.08±0.01 <sup>c</sup>	3.98±0.46 <sup>a</sup>	1.12±0.23 <sup>c</sup>
合计 total		9.22	8.45	12.31	10.11
<b>烷烃类 alkanes</b>					
H1	1,4-辛二烯 1,4-octadien	1.31±0.12	n.d.	n.d.	n.d.
H2	2,6,10,14-四甲基十五烷 2,6,10,14-tetramethylpentadecane	n.d.	n.d.	n.d.	0.88±0.19
H3	十一烷 undecane	n.d.	n.d.	n.d.	1.1±0.08
H4	十二烷 dodecane	1.13±0.34 <sup>b</sup>	1.12±0.44 <sup>b</sup>	1.02±0.08 <sup>bc</sup>	2.23±0.76 <sup>a</sup>
H5	十三烷 tridecane	1.89±0.67 <sup>a</sup>	1.12±0.22 <sup>b</sup>	n.d.	1.23±0.45 <sup>b</sup>
H6	十四烷 tetradecane	0.98±0.28 <sup>c</sup>	1.08±0.33 <sup>b</sup>	n.d.	2.19±0.15 <sup>a</sup>
H7	十五烷 pentadecane	1.21±0.58 <sup>b</sup>	2.12±0.23 <sup>a</sup>	n.d.	n.d.



· 续表5 ·

编号 number	物质 substances	相对含量 relative content			
		虾肉生样 raw meat	虾肉熟样 cooked meat	虾头生样 raw head	虾头熟样 cooked head
H8	十六烷 hexadecane	0.68±0.03 <sup>d</sup>	2.98±0.77 <sup>c</sup>	7.63±1.67 <sup>a</sup>	5.88±0.67 <sup>b</sup>
H9	十七烷 heptadecane	0.65±0.06 <sup>b</sup>	4.12±0.44 <sup>a</sup>	n.d.	n.d.
H10	十九烷 nonadecane	1.21±0.33 <sup>c</sup>	3.12±0.23 <sup>a</sup>	n.d.	n.d.
H11	辛烷 1-octane	2.12±0.17 <sup>b</sup>	2.65±0.32 <sup>a</sup>	n.d.	n.d.
H12	右旋柠檬烯 D-limonene	8.45±1.82 <sup>a</sup>	0.23±0.02 <sup>d</sup>	7.34±0.77 <sup>b</sup>	2.12±0.91 <sup>c</sup>
H13	月桂烯 myrcene	7.45±1.83 <sup>b</sup>	n.d.	10.12±1.21 <sup>a</sup>	1.12±0.41 <sup>c</sup>
H14	长叶烯 d-longifolene	7.45±1.84 <sup>a</sup>	1.45±0.39 <sup>b</sup>	n.d.	n.d.
合计	total	18.09	18.99	26.11	16.75
<b>酸类 acids</b>					
S1	丁酸 butyric acid	n.d.	n.d.	n.d.	1.00±0.01
S2	己酸 hexanoic acid	0.48±0.12	n.d.	n.d.	n.d.
S3	庚酸 heptanoic acid	0.14±0.22	n.d.	n.d.	n.d.
S4	辛酸 octanoic acid	n.d.	n.d.	1.36±0.06	n.d.
S5	乙酸 acetic acid	0.50	n.d.	n.d.	0.70±0.12
S6	油酸 oleic acid	0.3±0.12 <sup>a</sup>	0.28±0.08 <sup>b</sup>	n.d.	n.d.
S7	棕榈酸 palmitic acid	0.38±0.22 <sup>b</sup>	0.6±0.12 <sup>a</sup>	n.d.	n.d.
合计	total	1.80	0.88	1.36	1.70
<b>其他 others</b>					
E1	八甲氧基环四氧硅烷 octamethyl cyclotetrasiloxane	1.80±0.05 <sup>a</sup>	0.30±0.01 <sup>c</sup>	0.86±0.03 <sup>b</sup>	0.23±0.03 <sup>c</sup>
E2	六甲基环三硅醚 hexamethyl cyclotrisiloxane	n.d.	1.40±0.03 <sup>a</sup>	n.d.	0.50±0.04 <sup>b</sup>
合计	total	1.80	1.70	0.86	0.73

肉和虾头中共检测出11种醇类物质, 仅有1-辛烯-3-醇、1-壬烯-3-醇和2-十六醇是共同存在于虾肉和虾头中的, 且经分析发现熟制后醇类物质比例呈现下降的趋势。

呋喃类、酸类和酯类物质所占比例较小, 在熟制后其含量均呈现减少的趋势。2-戊基呋喃是亚油酸的氧化产物, 呈现出蘑菇味<sup>[25]</sup>, 仅在虾肉中被检测出。同时, 2-乙基呋喃和5-甲基-2-乙酰基呋喃也只存在于虾头中, 形成了虾头独特的气味。酸类物质会呈现一些不愉快的气味, 如庚酸呈现脂肪腐败气味、辛酸呈现脂肪和油中的异味、己酸呈现汗臭味<sup>[25]</sup>, 经过熟制, 酸类物质的含量呈现下降趋势, 说明熟制对虾肉的气味有一定程度的改善。酯类物质中的丙酸癸酯、乙酸二乙酯和戊酸异丁酯等均呈现清淡的

果香气味, 熟制使得果香气味减弱而油脂气味有所增强。

研究表明, 凡纳滨对虾的虾头和虾肉中营养成分、游离氨基酸组成、呈味核苷酸含量及挥发性物质的种类和含量存在显著性差异( $P<0.05$ )。虾头中粗蛋白和EAA含量显著高于虾肉; 二者鲜味成分基本一致, IMP含量最高, AMP次之, 主要游离氨基酸种类一致(Gly、Arg、Pro、Ala、Thr); 虾头中鲜味氨基酸含量高于虾肉, 且对虾头风味具有贡献的氨基酸种类更为丰富, 说明虾头是一种有待开发和利用的优质资源。GC/MS共检测出88种挥发性物质, 虾肉和虾头中分别独有29种和18种, 挥发性物质的种类和含量间的差异形成了虾肉和虾头的独特风味, 熟制会产生大量的醛类、酮类和芳香类物质。

## 参考文献:

- [1] 王美雪, 郭冉, 夏辉, 等. 七种不同结构糖源对凡纳滨对虾三大营养物质代谢的影响[J]. 水产学报, 2016, 40(4): 626-633.  
Wang M X, Guo R, Xia H, *et al.* Effects of seven kinds of carbohydrate structure on the metabolism of *Litopenaeus vannamei*[J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(4): 626-633(in Chinese).
- [2] Zhao F, Zhuang P, Song C, *et al.* Amino acid and fatty acid compositions and nutritional quality of muscle in the pomfret, *Pampus punctatissimus*[J]. Food Chemistry, 2010, 118(2): 224-227.
- [3] Hayashi T, Yamaguchi K, Konosu S. Sensory analysis of taste-active components in the extract of boiled snow crab meat[J]. Food Science, 1981, 46(2): 479-483.
- [4] 王曜, 陈舜胜. 野生与养殖克氏原螯虾游离氨基酸的组成及比较研究[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 269-273.  
Wang Y, Chen S S. Comparative composition of free amino acids in wild and cultured *Procambarus clarkii*[J]. Food Science, 2014, 35(11): 269-273(in Chinese).
- [5] 伍彬, 章超桦, 吉宏武, 等. 南美白对虾虾头自溶产物主要呈味成分分析[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 184-187.  
Wu B, Zhang C H, Ji H W, *et al.* Analysis of taste-active components of autolysate of *Penaeus vannamei* shrimp head[J]. Food Science, 2010, 31(10): 184-187(in Chinese).
- [6] 杨阳, 施文正, 汪之和, 等. 超高压对南美白对虾熟制虾仁风味的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(18): 87-92.  
Yang Y, Shi W Z, Wang Z H, *et al.* Effect of ultra-high pressure on the flavor of cooked white shrimp meat[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(18): 87-92(in Chinese).
- [7] Zhuo M Z, Li G K, Luo L, *et al.* Study on seafood volatile profile characteristics during storage and its potential use for freshness evaluation by headspace solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry[J]. Analytica Chimica Acta, 2010, 659(1-2): 151-158.
- [8] 麦雅彦, 杨锡洪, 连鑫, 等. SDE/GC-MS测定南美白对虾的挥发性香气成分[J]. 现代食品科技, 2014, 30(1): 206-210.  
Mai Y Y, Yang X H, Lian X, *et al.* Measuring the volatile aroma compounds of *P. vannamei* by SDE/GC-MS[J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(1): 206-210(in Chinese).
- [9] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 3-2010 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.  
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB/T 5009. 3-2010 National food safety standard Determination of moisture in foods[S]. Beijing: Standard Press of China, 2010 (in Chinese).
- [10] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 5-2010 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.  
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB/T 5009. 5-2010 National food safety standard Determination of protein in foods[S]. Beijing: Standard Press of China, 2010 (in Chinese).
- [11] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 6-2003 食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.  
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB/T 5009. 6-2003 Determination of fat in foods[S]. Beijing: Standard Press of China, 2003 (in Chinese).
- [12] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 4-2010食品中灰分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.  
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB/T 5009. 4-2010 National food safety standard Determination of ash in foods[S]. Beijing, Standards Press of China, 2010 (in Chinese).
- [13] 邱伟强, 陈刚, 陈舜胜, 等. 离子对反相高效液相色谱法同时检测水产品中6种ATP关联化合物[J]. 水产学报, 2011, 35(11): 1745-1752.  
Qiu W Q, Chen G, Chen S S, *et al.* Simultaneous determination of six ATP-related compounds in aquatic product using IP-RPLC[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(11): 1745-1752(in Chinese).
- [14] 张晶晶, 梁萍, 施文正, 等. 不同冷藏期鲳鱼及草鱼气味变化分析[J]. 食品科学, 2016, 37(20): 31-36.  
Zhang J J, Liang P, Shi W Z, *et al.* Changes in volatile compounds of pomfret and grass carp during different storage periods[J]. Food Science, 2016, 37(20): 31-36(in Chinese).
- [15] Mohan C O, Ravishankar C N, Gopal T K S, *et al.* Nucleotide breakdown products of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks stored in O<sub>2</sub> scavenger packs during chilled storage[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2009, 10(2):

- 272-278.
- [16] Bermúdez R, Franco D, Carballo J, *et al.* Influence of muscle type on the evolution of free amino acids and sarcoplasmic and myofibrillar proteins through the manufacturing process of Celta dry-cured ham[J]. *Food Research International*, 2014, 56: 226-235.
- [17] 张祥刚, 周爱梅, 林晓霞, 等. 南美白对虾虾头、虾壳化学成分的对比较研究[J]. *现代食品科技*, 2009, 25(3): 224-227.
- Zhang X G, Zhou A M, Lin X X, *et al.* Comparative study of chemical compositions of white shrimp head and shell[J]. *Modern Food Science & Technology*, 2009, 25(3): 224-227(in Chinese).
- [18] 池岸英, 吉宏武, 高加龙, 等. 加热方式对凡纳滨对虾滋味成分的影响[J]. *现代食品科技*, 2012, 28(7): 776-779.
- Chi A Y, Ji H W, Gao J L, *et al.* The influence of heating method on taste compounds of *litopenaeus vannamei*[J]. *Modern Food Science & Technology*, 2012, 28(7): 776-779(in Chinese).
- [19] Meinert L, Tikk K, Tikk M, *et al.* Flavour formation in pork semimembranosus: combination of pan-temperature and raw meat quality[J]. *Meat Science*, 2008, 80(2): 249-258.
- [20] 孔杰, 栾生, 罗坤, 等. 不同盐度下凡纳滨对虾生长和存活性状遗传评估[J]. *水产学报*, 2017, 41(4): 573-679.
- Kong J, Luan S, Luo K, *et al.* Genetic evaluation for body weight and survival of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) at different salinity[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2017, 41(4): 573-679(in Chinese).
- [21] Lucena M N, Garçon D P, Mantelatto F L, *et al.* Hemolymph ion regulation and kinetic characteristics of the gill ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ )-ATPase in the hermit crab *Clibanarius vittatus* (Decapoda, Anomura) acclimated to high salinity[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 2012, 161(4): 380-391.
- [22] 高先楚, 顾赛麒, 陶宁萍, 等. 生、熟中华绒螯蟹肝胰腺和性腺中的挥发性成分比较[J]. *食品科学*, 2014, 35(18): 128-135.
- Gao X C, Gu S Q, Tao N P, *et al.* Comparison of volatile flavor components in hepatopancreas and gonads of raw and cooked Chinese mitten crab[J]. *Food Science*, 2014, 35(18): 128-135(in Chinese).
- [23] 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.
- [24] 薛玉平, 兰欣. HS-SPME联合GC-MS分析新鲜和腐败中国对虾(*Penacus orientalis*)的风味成分[J]. *食品工业*, 2014, 35(2): 245-249.
- Xue Y P, Lan X. Aromatic components analysis of fresh and rotten *Penacus orientalis* by HS-SPME and GC-MS[J]. *Food Industry*, 2014, 35(2): 245-249(in Chinese).
- [25] Ólafsdóttir G, Högnadóttir A, Martinsdóttir E, *et al.* Application of an electronic nose to predict total volatile bases in capelin (*Mallotus villosus*) for fishmeal production[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48(6): 2353-2359.

## Comparison of flavor compounds in meat and head of *Litopenaeus vannamei*

YUN Sanyue<sup>1,2</sup>, QIU Weiqiang<sup>1,2</sup>, JIANG Chenyu<sup>1,2</sup>, CHEN Shunsheng<sup>1,2\*</sup>,  
YU Xiaoliang<sup>1,2</sup>, DAI Huanhuan<sup>3</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic-product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China;

3. School of Life Sciences, Hefei Normal University, Hefei 230000, China)

**Abstract:** In order to make full use of *Litopenaeus vannamei*'s shrimp head, increase the economic value and discuss the influence of cooking on the flavor, the shrimp meat and heads were detected for amino acids, flavor nucleotides, volatile flavor compounds and the nutrients by the method of amino acid analyzer, high performance liquid chromatography (HPLC) and gas chromatography-mass spectrography (GC/MS). The results showed that the protein content of head was significantly higher than that of meat, while the crude protein content decreased in cooked shrimp, but the difference was not significant. The contents of essential amino acid (EAA) and total free amino acid (TFAA) in head were significantly higher than those in meat and the main free amino acids were same (glycine, arginine, proline, alanine, threonine), and amino acids that contribute to flavor were more abundant in head; IMP had the highest content in meat and head, AMP took second place, and the taste activity values (TAV) of them were more than 1, which made a great contribution to umami flavor. Totally 88 volatile compounds were identified by GC/MS and compared for significant differences, the numbers of unique compounds in meat and head were 29 and 18 respectively. The differences of kinds and quantity led to special smell, and cooking produced mass aldehyde, ketone and aromatic compounds. Preliminary results showed that significant differences in the composition and content of amino acids, flavor nucleotides, volatile flavor compounds and nutrients observed between meat and head lead to different flavors.

**Key words:** *Litopenaeus vannamei*; shrimp meat; shrimp head; flavor substance; high performance liquid chromatography; gas chromatography mass spectrometry

**Corresponding author:** CHEN Shunsheng. E-mail: sschen@shou.edu.cn

**Funding projects:** National Natural Science Foundation of China (31471685); Shanghai Ocean University Doctoral Research Foundation (A2-0203-00-100340); Foundation of Hefei Normal University (2012cxy09)