

# 加热方式对凡纳滨对虾滋味成分的影响

池岸英<sup>1</sup>, 吉宏武<sup>1,2</sup>, 高加龙<sup>1,2</sup>, 卢虹玉<sup>1,2</sup>, 蓝尉冰<sup>1</sup>, 孟凌玉<sup>1</sup>

(1. 广东海洋大学食品科技学院, 广东湛江 524025)

(2. 水产品深加工广东普通高校重点实验室, 广东湛江 524088)

**摘要:** 以凡纳滨对虾为原料, 通过仪器分析法对微波加热与水煮处理的对虾的游离氨基酸、呈味核苷酸、有机酸、甜菜碱和无机离子这些主要滋味成分进行了分析。结果表明: 凡纳滨对虾经微波加热与水煮处理后, 游离氨基酸总量均有减少, 分别下降了15.81%, 20.19%; 呈味核苷酸总量也均有减少, 分别降低了25.07%, 25.89%, 其中含量最高的腺苷酸(AMP)有所提高, 分别增加了4.01%, 5.95%; 乳酸含量大幅降低, 分别减少了53.64%, 77.24%; 甜菜碱的含量也有明显的差异, 分别减少了7.26%, 8.83%; 呈味无机离子含量差异明显, 且微波虾的要高于水煮虾。通过研究分析发现, 微波虾中除AMP含量略低于水煮虾外, 游离氨基酸、有机酸、甜菜碱和无机离子的含量均高于水煮虾, 表明微波虾的滋味优于水煮虾。

**关键词:** 凡纳滨对虾; 微波虾; 水煮虾; 滋味成分

文章编号: 1673-9078(2012)7-776-779

## Effects of Different Heating Treatments on Taste-active Components of *Litopenaeus vannamei*

CHI An-ying<sup>1</sup>, JI Hong-wu<sup>1,2</sup>, GAO Jia-long<sup>1,2</sup>, LU Hong-yu<sup>1,2</sup>, LAN Wei-bing<sup>1</sup>, MENG Ling-yu<sup>1</sup>

(1. College of Food Science & Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China) (2. Key Laboratory of Aquatic Product Advanced Processing of Guangdong Higher Education Institutions, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** The main taste-active components in the microwave-treated/boiled *Litopenaeus vannamei*, including the free amino acid, nucleotide, organic acid, betaine and inorganic ions, were quantified with instrumental analysis methods. The free amino acids contents in the microwave-cooked shrimp and boiled shrimp were decreased by 15.81% and 20.19%, respectively. After microwave and water-boiled treatments, the contents of nucleotides were decreased by 25.07% and 25.89%, respectively, while adenosine monophosphate (AMP) were increased by 4.01% and 5.95%. The contents of lactic acid and betaine were significant difference, lactic acid were decreased by 53.64% and 77.24%, respectively, while betaine were 7.26% and 8.83%, respectively. Moreover, the contents of inorganic ions in the microwave-cooked shrimp were higher than those of the boiled one. Except the AMP, higher free amino acid, organic acid, betaine and inorganic ions contents were found in the microwave-cooked shrimp than in the boiled shrimp, showing that the taste of the microwave cooking shrimp was better than the boiled shrimp.

**Key words:** *Litopenaeus vannamei*; microwave cooking shrimp; boiled shrimp; taste-active components

凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 也称南美白对虾, 和中国对虾 (*P. Chinese*)、斑节对虾 (*P. monodon*) 并列为世界养殖虾类产量最高的三大种类之一。它具有适应性强、抗病力强、适合多种方式养殖、对水盐度要求低等优点, 是“海虾淡养”的优质品种, 其蛋

收稿日期: 2012-03-28

基金项目: 国家虾产业技术体系建设 (GARS-48); 科技部农业成果转化项目 (2010GB2E000345); 广东省海洋渔业科技攻关重大项目 (A201008102); 广东省科技团队项目 (2011A020102005)

作者简介: 池岸英 (1986-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 水产品深加工及贮藏工程

通讯作者: 吉宏武 (1962-), 男, 博士, 教授, 主要从事对虾综合加工与高值化利用研究

白质含量高而脂肪含量低且富含多种矿物质元素, 使其深受国内外消费者喜爱。目前, 熟虾的制作多以水煮工艺为主, 加热时间长, 风味成分在水煮过程中有不同程度的流失。而本课题中采用的微波加热的方法, 加热升温快、风味成分损失少、蛋白质特性保持的更为良好, 即能较好地保持虾原有的色、香、味和营养成分<sup>[1]</sup>。Gundavarapu<sup>[2]</sup>对微波熟制虾的工艺及相关指标测定进行了较为全面的分析。Lorenz 等<sup>[3]</sup>对经过微波热处理的虾其营养、化学组成的变化也进行了细致的分析研究。本研究旨在通过对微波加热处理的虾与传统水煮加工虾的滋味成分进行分析比较, 为更优的新的加工技术的应用提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与试剂

#### 1.1.1 实验原料

鲜活凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*), 购于湛江市水产批发市场, 加氧保活条件下运送至实验室。加冰使其猝死后进行简单清洗, 按其重量选取  $16.0 \pm 1.0$  g 的虾作为实验原料。然后对虾分别进行微波加热与水煮处理, 水煮条件: 温度  $100$  °C,  $2$  min; 微波条件: 微波加热功率  $240$  W, 加热时间  $120$  s, 保温  $2$  min, 处理量为  $50 \pm 5$  g/ $16$  L (虾体质量/微波炉有效腔体体积)。

#### 1.1.2 实验试剂

ATP、GMP、IMP、ADP、Hx、AMP、HxR、乳酸、琥珀酸、苹果酸、柠檬酸(标准品), Sigma公司; 乙酸, 国药集团上海化学试剂有限公司; 甲醇(色谱纯), 美国Merck公司; 甜菜碱, Sigma公司; 雷氏盐, 国药集团上海化学试剂有限公司; 钾、钠、钙、镁的单因素标准溶液, 国家标准物质研究中心。

### 1.2 仪器与设备

G80D23CN2L-G1(RO)型格兰仕微波炉(广东格兰仕集团有限公司); C21-ST2125型美的电磁炉(广东美的生活电器制造有限公司); PHS-3C型PH计(上海精密科学仪器有限公司雷磁仪器厂); CR22G II型高速冷冻离心机(日本日立公司); 835-50型高速氨基酸分析仪(日本日立公司); LC-20AD型高效液相色谱分析仪(日本岛津仪器有限公司); UV-2550型紫外可见分光光度计(岛津仪器(苏州)有限公司); Thermo M6型原子吸收光谱仪(美国热电 Thermo Fisher 科技有限公司); AU220型分析天平(日本岛津仪器有限公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 游离氨基酸组成测定

采用日立 835-50 型高速氨基酸分析仪进行测定。

测定条件: 离子交换柱规格:  $2.6 \times 150$  mm; 交换树脂型号: NO2619 (52051); 柱温:  $53$  °C; 泵流速:  $0.225$  mL/min; 泵压力:  $8.8$  MPa; 洗脱液: IPH-1、2、3、4; 分析时间:  $72$  min; 进样体积:  $50$   $\mu$ L。

#### 1.3.2 呈味核苷酸测定<sup>[4-6]</sup>

样品处理: 称取虾肉样品(湿样  $5$  g, 干样  $1$  g), 用  $30$  mL  $8\%$  的冷高氯酸溶液均质匀浆, 干样在冷水环境下超声提取  $5$  min, 然后在  $10000$  r/min,  $4$  °C 的条件下离心  $20$  min, 取上清液, 沉淀重复提取一次, 合并上清液, 用  $10$  mol/L 的氢氧化钾溶液调节,  $0$  °C 下静置  $30$  min 以沉淀高氯酸钾。上清液用  $0.45$   $\mu$ m 微孔

滤膜过滤, 用中性(pH 6.5)高氯酸溶液定容至  $100$  mL,  $4$  °C 冷藏备用。上机前用  $0.22$   $\mu$ m 的微孔滤膜过滤。

HPLC 条件: 色谱柱: Cosmosil 5 C 18 ( $4.6 \times 250$  mm  $\times 5$   $\mu$ m); 检测波长:  $254$  nm; 柱温:  $25$  °C; 进样量  $10$   $\mu$ L; 流速  $0.7$  mL/min。

流动相: A 为  $0.05$  mol/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ - $\text{K}_2\text{HPO}_4$  缓冲液(pH 6.5); B 由流动相 A 与甲醇以体积比  $9:1$  的比例混合组成, 流速  $0.7$  mL/min。梯度洗脱程序:  $0 \sim 14$  min, 流动相 A 为  $100\%$ ;  $14 \sim 18$  min, 流动相 B 由  $0$  增至  $25\%$ ;  $18 \sim 22$  min, 流动相 B 由  $25\%$  增至  $90\%$ ;  $25$  min, 流动相 B 增至  $100\%$ , 保持 B 洗脱  $25$  min。

#### 1.3.3 有机酸测定<sup>[6]</sup>

样品处理: 取虾肉样品  $5$  g, 加入  $30$  mL  $2\%$  磷酸二氢铵溶液(pH=2.5), 超声振荡  $20$  min,  $20$  °C、 $14000$  r/min 的条件下离心  $20$  min, 取上清液, 沉淀重新提取一次, 合并上清液, 用  $2\%$  磷酸二氢铵溶液(pH=2.5) 定容至  $50$  mL,  $4$  °C 保存备用。上机前用  $0.22$   $\mu$ m 的微孔滤膜过滤。

HPLC 条件: 色谱柱: Cosmosil 5 C 18,  $4.6 \times 250$  mm  $\times 5$   $\mu$ m; 检测波长:  $205$  nm; 柱温:  $25$  °C; 进样量  $20$   $\mu$ L; 流速  $1.0$  mL/min; 流动相:  $2.0\%$   $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (pH 2.5) 缓冲液。

#### 1.3.4 甜菜碱测定

采用雷氏盐结晶比色法<sup>[7]</sup>。

#### 1.3.5 无机离子测定<sup>[8-10]</sup>

阳离子: 采用原子吸收光谱仪; 阴离子:  $\text{PO}_4^{3-}$  用钼蓝比色法;  $\text{Cl}^-$  用硝酸银滴定法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 游离氨基酸的含量

凡纳滨对虾肉中的游离氨基酸组成如表1所示, 微波虾与水煮虾中的游离氨基酸的总量分别达  $82.82$  mg/g、 $78.50$  mg/g, 与鲜虾相比, 总量均有所减少, 分别下降了  $15.81\%$ 、 $20.19\%$ 。其中, 谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸这几种主要呈鲜味、甜味的氨基酸总量也有所下降, 分别降低了  $8.39\%$ 、 $14.89\%$ 。

氨基酸是影响水产动物肌肉风味的主要成分之一, 一般认为, 虾肉的肌肉中含有较多的甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸等呈甜味的物质。在所测氨基酸中普遍认为谷氨酸具有鲜味, 甘氨酸具有爽快的甜味, 丙氨酸、脯氨酸是甜味中略带苦味的氨基酸, 精氨酸是一种苦味氨基酸, 有增加风味的复杂性程度以及提高鲜度的作用, 组氨酸可以增强风味效果, 蛋氨酸、缬氨酸也是与苦味有关的氨基酸。从结果中可以看出, 在虾肉中对风味影响很大的氨基酸主要是谷氨酸、脯

氨酸、甘氨酸、丙氨酸、精氨酸，而在雪蟹肌肉中对风味起决定作用的氨基酸也主要是这几种<sup>[1]</sup>。而且谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸这几种主要呈鲜味、甜味的氨基酸总量在微波虾中的都较水煮虾的高，这可能是微波虾滋味比水煮虾更鲜美的一个重要原因。微波虾较水煮虾在加热过程中，加热升温快、温度均匀、风味成分损失少<sup>[1]</sup>。虾肌肉中游离的鲜味氨基酸的组成及含量决定了虾肉滋味鲜美的程度。但是，氨基酸对滋味的影响是十分复杂的，不仅跟原料自身所含的氨基酸的种类、含量有关，还跟每种氨基酸自身的阈值有关。

表 1 不同处理方式下凡纳滨对虾肌肉中游离氨基酸的含量 (以干重计) (10<sup>-2</sup> mg/g)

Table 1 Contents of free amino acid in different treatments of

*Litopenaeus vannamei* muscle

氨基酸的名称	游离氨基酸的含量		
	微波虾	水煮虾	鲜虾
天门冬氨酸(Asp)	52.77	84.53	36.38
苏氨酸(Thr)	263.85	271.96	400.15
丝氨酸(Ser)	39.58	62.48	101.86
谷氨酸(Glu)	217.68	297.68	436.52
脯氨酸(Pro)	1550.13	1396.55	1200.44
甘氨酸(Gly)	3001.32	2682.84	3528.56
丙氨酸(Ala)	626.65	661.52	727.54
胱氨酸(Cys)	19.79	14.70	21.83
缬氨酸(Val)	92.35	80.85	214.62
甲硫氨酸(Met)	95.65	44.10	185.52
异亮氨酸(Ile)	39.58	40.43	120.04
亮氨酸(Leu)	59.37	62.48	181.88
酪氨酸(Tyr)	56.07	51.45	130.96
苯丙氨酸(Phe)	56.07	44.1021	123.68
赖氨酸(Lys)	69.26	77.18	189.16
组氨酸(His)	46.17	47.78	76.39
精氨酸(Arg)	1879.95	1874.31	2037.10
色氨酸(Trp)	-	-	-
牛磺酸(Tau)	115.44	91.88	123.68
游离氨基酸总量	8281.66	7850.06	9836.30

2.2 呈味核苷酸的含量

核苷酸及其关联化合物是影响虾肉滋味的另一种重要成分，核苷酸在水产肌肉中主要呈鲜味，如：5'-肌苷酸二钠(IMP)、5'-鸟苷酸二钠(GMP)、5'-腺苷酸二钠(AMP)，其中，IMP 和 GMP 是典型的鲜味剂，实际使用时多为它们的二钠盐，鲜味比味精强；HxR 和 Hx 是略带苦味的核苷酸。本研究主要针对虾肉中的呈味核苷酸进行了分析。

表 2 不同处理方式下凡纳滨对虾肌肉中呈味核苷酸的含量 (以干重计) (10<sup>-2</sup> mg/g)

Table 2 Contents of nucleotides in *Litopenaeus vannamei* muscle samples with different treatments

处理组	呈味核苷酸含量(mg/100g)					总量
	AMP	IMP	HxR	Hx	GMP	
微波虾	538.99	19.73	17.13	-	10.58	586.43
水煮虾	549.03	12.59	7.15	-	11.22	579.99
鲜虾	518.21	148.12	73.59	21.92	20.81	782.65

表2显示了虾肉中呈味核苷酸的含量，从结果中看出，微波虾与水煮虾呈味核苷酸总量均有减少，分别降低了25.07%、25.89%。其中在微波虾与水煮虾中AMP含量最高，且较鲜虾均有提高，分别增加了4.01%、5.95%，而IMP在鲜虾中含量较高，在微波虾与水煮虾中含量较低；GMP含量也较低。

水产动物死后，ATP 的降解存在两条途径：(1) ATP→ADP→AMP→AdR→HxR→Hx；(2) ATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hx。途径(1)降解则容易积累AMP；途径(2)降解，则容易积累IMP，虾蟹类同时存在以上两种途径。样品测定结果显示，鲜虾中AMP与IMP含量均很高，这一发现跟王士稳等对凡纳滨对虾呈味核苷酸的研究结果较一致<sup>[2]</sup>。经过微波热处理和水煮处理的凡纳滨对虾中检测出较多的AMP，这说明降解主要发生的是途径(1)。虾在这两种加热处理过程中均有不同程度的汁液损失，而且虾在水煮过程中营养成分损失的更多。呈味核苷酸是水溶性的化合物，由此，在水煮虾中损失的更多。

另外，由于味感有相乘效应，即一种物质的味感会因另一种味感物的存在而显著加强。核苷酸IMP、GMP、AMP等与游离氨基酸、无机离子等协同作用使甲壳类产品产生特有的鲜味，并对其特征滋味有重要贡献。如：AMP和IMP除自身呈鲜味之外，与谷氨酸共存时会有明显的鲜味增效作用。

2.3 有机酸与甜菜碱的含量

在有机酸中仅检测出乳酸，其它酸均未检出，其含量如表3

表 3 不同处理方式下凡纳滨对虾肌肉中有机酸与甜菜碱的含量 (以干重计) (10<sup>-2</sup> mg/g)

Table 3 Contents of organic acid and betaine in *Litopenaeus vannamei* muscle samples with different treatments

含量	微波虾	水煮虾	鲜虾
乳酸	2929.99±26.62 <sup>a</sup>	1438.74±8.41 <sup>b</sup>	6320.05±13.78 <sup>c</sup>
甜菜碱	602.42±6.10 <sup>a</sup>	592.17±3.90 <sup>b</sup>	649.55±4.49 <sup>c</sup>

注：n=3。

从结果看，凡纳滨对虾虾肉有机酸中含量最高的

为乳酸,经过微波与水煮处理,含量均大幅降低,分别减少了53.64%、77.24%,其它有机酸均未检出。甜菜碱在微波虾与水煮虾中的含量都很高,较鲜虾分别降低了7.26%、8.83%,差异都很明显。微波虾中乳酸与甜菜碱的含量均高于水煮虾。

乳酸是甲壳水产动物肌肉的主要代谢产物,本身呈爽口的酸味。因此,乳酸可能是形成虾滋味的主要物质之一。在凡纳滨对虾肉中检测到乳酸的含量较高,而在贝类中琥珀酸及其钠盐的含量较多,是贝类特征滋味形成的主要物质之一。Fuke等<sup>[13]</sup>对菲律宾蛤(*Ruditapes philippinarum*)仔浸出物成分进行了分析,确认了琥珀酸是贝类特征滋味成分之一。

甜菜碱是一种带有爽快甜味的物质,是海产甲壳

类、软体类肌肉中的主要的呈味物质之一,广泛分布于海产无脊椎动物的肌肉、生殖腺、内分泌腺组织中,与无脊椎动物的呈味相关。在Konosu等<sup>[14]</sup>对鲍鱼、雪蟹、海胆等水产品的提取物研究中发现,鲍鱼中的甜菜碱比其他水产品含量高,是造成鲍鱼独特的鲜味和甜味的主要原因。从本实验的结果来看,凡纳滨对虾的甜菜碱的含量较高,因此可以认为甜菜碱是构成凡纳滨对虾爽快甜味的主要原因之一。

热处理过程在不同程度上均造成了乳酸与甜菜碱的损失,但由于微波加热引起的损失更少,综合考虑乳酸与甜菜碱对虾整体滋味的贡献,可以认为这两种滋味成分是构成微波虾滋味优于水煮虾的原因之一。

#### 2.4 无机离子含量

表4 不同处理方式下凡纳滨对虾肌肉中无机离子含量(以干重计)( $10^{-2}$  mg/g)

Table 4 Contents of inorganic ions in *Litopenaeus vannamei* muscle samples with different treatments

处理组	无机离子含量					
	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
微波虾	1970.46±8.12 <sup>a</sup>	536.45±4.25 <sup>a</sup>	570.91±4.63 <sup>a</sup>	347.11±1.24 <sup>a</sup>	163.39±2.07 <sup>a</sup>	109.43±0.08 <sup>a</sup>
水煮虾	1618.35±4.22 <sup>b</sup>	392.96±7.72 <sup>b</sup>	372.81±5.21 <sup>b</sup>	306.32±6.07 <sup>b</sup>	202.89±4.64 <sup>b</sup>	108.93±0.57 <sup>a</sup>
鲜虾	2065.65±7.90 <sup>c</sup>	559.74±5.78 <sup>c</sup>	637.67±4.36 <sup>c</sup>	470.09±1.78 <sup>c</sup>	227.09±2.72 <sup>c</sup>	111.08±0.10 <sup>b</sup>

注: n=3。

表4结果中显示Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、Cl<sup>-</sup>含量都比较高,可以认为在无机离子中这4种离子对虾肉的风味贡献主要作用。微波与水煮处理不会破坏食品中原有的无机离子含量,在此主要是在加热过程中随着汁液损失而流失,而且其在微波虾中的含量都较水煮虾的要高,这进一步说明微波虾的风味优于水煮虾。

无机离子是海产品中必不可少的辅助呈味成分,阳离子往往产生咸味,其中Na<sup>+</sup>呈强烈的咸味,而K<sup>+</sup>具有咸中带苦的呈味特性,阴离子一般具有改善风味的作用。Hayashi等<sup>[15]</sup>在蟹味成分的测定中得出,无机离子对蟹的呈味有着重要的影响,并且指出主要阳离子是Na<sup>+</sup>和K<sup>+</sup>,主要阴离子是PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>和Cl<sup>-</sup>,其中PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>对呈味主要起修饰作用。

### 3 结论

加热对凡纳滨对虾的滋味成分有显著的影响,经过微波加热与水煮处理的凡纳滨对虾主要滋味成分有着明显的差异,其中,微波虾中除呈味核苷酸中含量最高的腺苷酸AMP含量略低于水煮虾外,游离氨基酸、有机酸、甜菜碱和无机离子的含量均高于水煮虾,综合表明微波虾的滋味优于水煮虾。

### 参考文献

[1] Helmar Schybert, Marc Regier. The microwave processing of

foods [M].UK: 2007

- [2] S gundavarapu, YC hung, AE Reynolds. Consumer acceptance and Quality of microwave-cooked shrimp [J]. Journal of Food Quality Journal of Food Quality, 1998, 21(1): 71-84
- [3] Lorenz Klaus, Decareau Robert V. Microwave heating of foods - changes in nutrient and chemical composition [J], Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1976, 7: 4339-4370
- [4] 刘亚,章超桦,陆子锋.高效液相色谱法检测水产品中的ATP 关联化合物[J].食品与发酵工业,2010,36(6):137-141
- [5] 温泉,吴轶.采用高效液相色谱法测定猪肉中的呈味核苷酸[J].现代食品科技,2010,26(1):117-119
- [6] YoKo Kani, Naoko Yoshikawa, Shigeru Okada, et al. Taste-active components in the mantle muscle of the oval squid *Sepioteuthis lessoniana* and their effects on squid taste [J]. Food Research International, 2008, 41: 371-379
- [7] 陈德慰,苏键,颜栋美,等.广西北部湾常见水产品中甜菜碱含量测定及呈味效果评价[J].现代食品科技,2011,27(4): 468-472
- [8] 张水华.食品分析[M]北京:中国轻工业出版社,2007
- [9] GB/T 5009.87-2003 食品中磷的测定[S]
- [10] GB/T 12457-2008 食品中氯化钠的测定[S]
- [11] Hayashi T Yamaguchi, Konosu S. Sensory analysis of taste-active components in the extract of boiled snow crab meat [J]. Food Sci, 1981, 46: 479-483

- [12] 王士稳,梁萌青,林洪,等.海水和淡水养殖凡纳滨对虾呈味物质的比较分析[J].海洋水产研究,2006,27(5):79-84
- [13] FUKU S, UEDA Y. Interactions between umami and other flavor characteristics [J]. Trends Foods Sci, 1996, 7(12): 407-411
- [14] KONOSU S, YAMAGUCHI K. The flavor components in fish and shellfish [M]. Chemistry and biochemistry of marine food products. Westport: AVIPublishing Co. 1982
- [15] HAYASHI T, ASAKAWA A, YAMAGUCHI K, et al. Studies on flavor components in boiled crab-III. Sugars, organic acids and minerals in the extracts [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1979, 45: 1325-1329

现代食品科技