

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20191224001

http://www.yykxjz.cn/

邵洋, 余达威, 杨方, 高沛, 许艳顺, 姜启兴, 夏文水. 不同等级中华绒螯蟹滋味物质的比较分析. 渔业科学进展, 2021, 42(4): 192-198

SHAO Y, YU D W, YANG F, GAO P, XU Y S, JIANG Q X, XIA W S. Comparison of the taste compounds in different grades of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). Progress in Fishery Sciences, 2021, 42(4): 192-198

不同等级中华绒螯蟹滋味物质的比较分析*

邵洋^{1,2} 余达威^{1,2} 杨方^{1,2} 高沛^{1,2}
许艳顺^{1,2} 姜启兴^{1,2} 夏文水^{1,2①}

(1. 江南大学食品学院 江苏 无锡 214122; 2. 江苏省食品安全与质量控制协同创新中心 江苏 无锡 214122)

摘要 为了比较分析不同等级中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*) (A级: 200 g; B级: 150 g; C级: 125 g) 滋味物质的差异, 利用电子舌比较分析其滋味轮廓, 并采用氨基酸自动分析仪、高效液相色谱仪、离子色谱仪检测其游离氨基酸、呈味核苷酸、有机酸、无机离子的含量, 计算味道强度值(TAV)和味精当量值(EUC)。研究表明, 在游离氨基酸(FAA)方面, A级蟹的呈甜味 FAA 含量最高, C级蟹的呈鲜味 FAA 含量最高; 在呈味核苷酸方面, C级蟹的含量最高; 在有机酸方面, 只检测到乳酸和柠檬酸, 且 A级蟹>B级蟹>C级蟹; 在无机离子方面, C级蟹的含量最高, 其 PO_4^{3-} 的含量显著 ($P<0.05$) 高于 A级和 B级蟹; 在 TAV 方面, 谷氨酸、丙氨酸、甘氨酸、组氨酸、精氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸、 K^+ 、 Cl^- 、 PO_4^{3-} 的 TAV 值均大于 1, 对蟹肉滋味有贡献作用; 在 EUC 方面, C级蟹的 EUC 值最高。综合鲜味 FAA、鲜味核苷酸和无机离子的含量及 EUC 值可知, C级蟹鲜味更佳。

关键词 中华绒螯蟹; 游离氨基酸; 呈味核苷酸; 有机酸; 无机离子

中图分类号 TS254.1 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2021)04-0192-07

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)是我国重要的水产养殖品种之一, 具有较高的经济价值、营养价值和食用价值, 在我国已有 30 多年人工养殖的历史, 目前, 养殖河蟹的省份达 20 多个, 主要有江苏、湖北、安徽、上海、辽宁、浙江、江西和山东等。江苏省是我国河蟹的养殖大省, 其河蟹产量从 1998 年起跃居全国首位, 2018 年产量达 75.09 万 t, 经济效益巨大(农业农村部渔业渔政管理局, 2018)。

中华绒螯蟹之所以味道鲜美, 取决于它的含氮化合物(游离氨基酸 FAA、核苷酸、有机碱等)和非含氮化合物(无机离子、有机酸和糖类), 其中, 最重要是

FAA 和呈味核苷酸(杨玲芝等, 2007)。目前, 国内外对河蟹的繁殖育种以及在生长过程中营养物质的变化研究较多, 而对滋味的研究相对较少。本研究参考 GB/T 19957-2005《地理标志产品 中华绒螯蟹》以及《中华绒螯蟹商品蟹标准》来选取 3 个不同等级中华绒螯蟹进行滋味的比较分析, 以期找到不同等级中华绒螯蟹的差异滋味物质及对滋味贡献大的滋味物质, 为蟹酱及蟹味调味品等产品的开发提供理论依据。

本研究首先通过电子舌对不同等级中华绒螯蟹肉整体滋味轮廓的差异进行分析, 并测定其 FAA、呈味核苷酸、有机酸和无机离子的含量, 对其组成和含

* 江苏省重点研发计划(BE2019336)、江苏省三新工程项目(Y2017-30)和国家食品科学与工程一流学科建设项目(JUFSTR20180201)共同资助 [This work was supported by Key R & D Plan of Jiangsu Province (BE2019336), Three New Projects of Jiangsu Province (Y2017-30), and National First-Class Discipline Program of Food Science and Technology (JUFSTR20180201)]. 邵洋, E-mail: 616194810@qq.com

① 通讯作者: 夏文水, 教授, E-mail: xiaws@jiangnan.edu.cn

收稿日期: 2019-12-24, 收修改稿日期: 2020-04-20

量进行分析,考察不同等级中华绒螯蟹肉的滋味物质间的差异,计算其味道强度值(TAV)和味精当量值(EUC),以找出对滋味贡献大的呈味物质,并对鲜味FAA与呈鲜味核苷酸的协同作用进行评定。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

2019年10月下旬,中华绒螯蟹购于江苏省无锡市华润万家超市,为江苏省兴化市湖泊养殖雄蟹,体重分别为200 g(A级)、150 g(B级)和125 g(C级)。活蟹捞出水后立即用麻绳捆扎(防止其剧烈挣扎而造成体内指标的变化),放置于铺冰的泡沫箱中迅速带回实验室,用自来水冲洗活蟹污垢并用干净毛巾擦干,手工剥离中华绒螯蟹体肉、爪肉和螯肉,称重混匀并以组分装,冻藏于-60℃冰箱,待测。

5'-单磷酸腺苷二钠(AMP)、5'-单磷酸肌苷二钠(IMP)、雌黄嘌呤(Hx)、肌苷(HxR)等均购自美国Sigma公司;三氯乙酸、HClO₄、H₃PO₄、KH₂PO₄、K₂HPO₄·12H₂O、NaOH(均为分析纯)等均购于上海国药集团化学试剂有限公司;实验用水均为超纯水;0.22 μm针头式过滤器购于无锡华标科学仪器有限公司。

1.2 仪器与设备

MDF-U53V型超低温冰箱(日本三洋公司);T10高速分散器(德国IKA公司);DELTA-320型pH计(梅特勒-托利多仪器上海有限公司);4K-15型高速冷冻离心机(德国Sigma公司);Agilent 1100氨基酸分析仪(美国Agilent公司);Waters e2695高效液相色谱仪(美国Waters公司);Agilent 1200高效液相色谱仪(美国Agilent公司);ICS 5000离子色谱仪(美国戴安公司);SA402B电子舌(日本INSENT公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 电子舌测定 参照刘洪波等(2020)的方法。称取10 g蟹肉于离心管,加入20 mL去离子水均质2 min,离心(4℃,10000 g,10 min),取上清液。上述步骤重复操作一次,合并上清液,并用去离子水定容至100 mL。提取液装入电子舌专用杯中,置于自动进样分析装置上,每个样品重复4次,并去除第1次数据。Insent SA402B电子舌:AAE、CT0、CA0、C00和AE1传感器的响应特性分别为鲜味、咸味、酸味、苦味和涩味。传感器探针和参比探针在样品溶液中浸泡30 s,检测膜电位变化。

1.3.2 游离氨基酸的测定 参照Yu等(2018)的方法。流动相A为含有0.8%(m/v)乙酸钠、0.5%(v/v)三

乙胺水溶液;流动相B为2%乙酸钠缓冲液(pH 7.2)、乙腈和甲醇以体积比为1:2:2进行混合后的溶液。

1.3.3 呈味核苷酸的测定 参照景电涛等(2019)的方法。呈味核苷酸HPLC测定条件:采用SVEA C18色谱柱(5 μm,4.6 mm id×250.0 mm)和Waters 2489紫外可见检测器;检测波长为254 nm;柱温为30℃;进样量为10 μL;流动相:A液为pH 6.8的0.05 mol/L磷酸盐缓冲液,B液为甲醇,等度洗脱(A:B=98:2),流速为1 mL/min。

1.3.4 有机酸的测定 参照GB/T 5009-2016《食品中有机酸的测定》。取2 g蟹肉置于离心管中,加入10 mL 0.1%(v/v)磷酸溶液均质2 min,离心(4℃,10000 g,10 min),取上清液。上述步骤重复操作1次,合并上清液并用提取液定容至25 mL。提取液用0.22 μm水系膜过滤后进行高效液相色谱仪分析。有机酸测定条件:采用Diamonsil C18色谱柱(5 μm,4.6 mm id×250 mm)和Agilent 1200紫外可见检测器;检测波长为210 nm;柱温为30℃;进样量为5 μL;流动相为0.1%磷酸水溶液-甲醇(97:3,v/v),等度洗脱,流速为1 mL/min。

1.3.5 无机离子的测定 取2 g蟹肉置于离心管中,加入10 mL去离子水均质2 min,离心(4℃,10000 g,10 min),取上清液。上述步骤重复操作1次,合并上清液,并用去离子水定容至25 mL。提取液用0.22 μm水系膜过滤后进行离子色谱仪分析。阴离子检测条件:采用AS11-HC色谱柱和电导检测器;流动相为30 mmol/L NaOH,流速为1 mL/min。阳离子检测条件:采用CS12A色谱柱和电导检测器;流动相为20 mmol/L甲基磺酸,流速为0.25 mL/min。

1.3.6 味道强度值的计算 滋味物质的TAV值计算公式如下: $TAV=C/T$,式中,C代表样品中滋味物质的浓度,T代表该滋味物质的阈值。

1.3.7 味精当量值的计算 EUC的计算方法采用Yamaguchi等(1971)的方法,计算公式如下:

$$Y = \sum a_i b_i + 1218(\sum a_i b_i)(\sum a_j b_j)$$

式中,Y为味精当量(mg MSG/g), a_i 和 a_j 分别代表鲜味FAA和鲜味核苷酸的浓度(均为mg/g), b_i 和 b_j 分别代表鲜味FAA和鲜味核苷酸的相对呈鲜系数(Glu,1; Asp,0.077; IMP,1; GMP,2.3; AMP,0.18),1218代表协同作用常数。

1.3.8 数据统计分析 电子舌的主成分分析(PCA)使用仪器自带的Alpha soft 14.0软件进行分析;其他实验结果均采用平均值±标准差(Mean±SD,n=3)表示,采用SPSS 21.0对所得数据进行统计分析,ANOVA进行方差分析,Duncan法进行多重比较,所

有显著性差异分析均在 $P=0.05$ 的水平下检验; 使用 Origin 8.5 作图。

2 结果与分析

2.1 不同等级中华绒螯蟹肉电子舌的比较分析

不同等级中华绒螯蟹肉的滋味轮廓 PCA 结果见图 1。图中 PC1 和 PC2 的贡献率达到 97%，表明不同等级中华绒螯蟹滋味轮廓差异信息可以比较完整地显示在 PCA 图中。从图 1 可以看出，在 PC1 方向，A 级蟹肉的滋味轮廓与 B 级、C 级有明显区分；在 PC2 方向，B 级蟹肉与 A 级和 C 级蟹也有明显区分。

2.2 不同等级中华绒螯蟹肉中游离氨基酸的比较分析

不同等级中华绒螯蟹肉中 FAA 含量如表 1 所示。3 组蟹肉的主要 FAA 组成相似，Ala、Gly、Arg 和 Pro 4 种 FAA 含量较高，约占总 FAA 含量的 80%，这与 Shao 等(2014)和 Wang 等(2018)的研究结果一致。不同等级蟹肉的 FAA 含量存在一定差异，其中，蟹肉滋味的鲜甜程度与蟹肉中呈味 FAA(Glu、Gly、Ala、Asp、Ser 和 Pro)组成和含量有关(张娜, 2008); 呈鲜味 FAA (Asp 和 Glu)存在显著性差异($P<0.05$), C 级蟹

肉中呈鲜味 FAA 含量最高(130.03 mg/100 g), A 级蟹次之, B 级蟹最低; 呈甜味 FAA (Ser、Ala、Gly、Thr 和 Pro)在 A 级蟹中含量最高, 但 3 组样品间无显著性差异($P>0.05$); 呈苦味 FAA (Ile、Leu、His 和 Tyr)存在显著性差异($P<0.05$), 在 C 级蟹中含量最高。

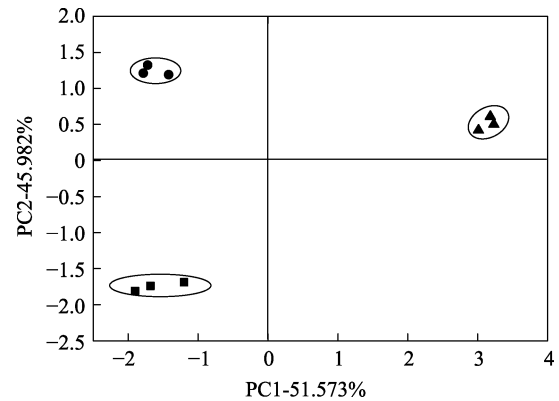


图 1 不同等级中华绒螯蟹滋味轮廓的主成分分析

Fig.1 PCA plot for the taste profile of Chinese mitten crabs at different grades

▲为 A 级蟹, ■为 B 级蟹, ●为 C 级蟹

▲: Grade A crabs, ■: Grade B crabs, ●: Grade C crabs

表 1 不同等级中华绒螯蟹游离氨基酸的组成/(mg/100 g)

Tab.1 Free amino acid composition of Chinese mitten crabs at different grades/(mg/100 g)

氨基酸 Amino acid	特征滋味 Taste attribute	A 级蟹 Grade A crabs	B 级蟹 Grade B crabs	C 级蟹 Grade C crabs
天冬氨酸 Asp*	鲜/酸 Umami/sourness (+)	11.40±2.89 ^b	9.47±3.53 ^b	21.02±3.23 ^a
谷氨酸 Glu*	鲜/酸 Umami/sourness (+)	81.81±2.65 ^b	63.96±2.04 ^c	109.01±1.84 ^a
丝氨酸 Ser*	甜 Sweet (+)	8.88±1.56 ^a	6.04±0.60 ^b	6.17±0.43 ^b
丙氨酸 Ala*	甜 Sweet (+)	500.56±10.96 ^a	303.56±6.74 ^c	454.74±27.68 ^b
甘氨酸 Gly*	甜 Sweet (+)	420.33±20.14 ^c	495.75±30.20 ^a	440.58±18.44 ^{ab}
苏氨酸 Thr	甜 Sweet (+)	23.16±2.08 ^a	20.52±1.53 ^a	21.00±1.49 ^a
苯丙氨酸 Phe	苦 Bitter (-)	9.57±0.46 ^b	7.28±0.50 ^c	10.72±0.53 ^a
异亮氨酸 Ile	苦 Bitter (-)	5.92±0.71 ^a	5.35±0.44 ^a	2.29±0.10 ^c
亮氨酸 Leu	苦 Bitter (-)	13.73±0.94 ^a	11.10±0.62 ^c	13.43±0.91 ^a
组氨酸 His	苦 Bitter (-)	21.67±1.29 ^b	23.35±2.68 ^b	36.82±3.92 ^a
酪氨酸 Tyr	苦 Bitter (-)	16.98±0.66 ^a	14.86±2.82 ^a	11.16±0.72 ^c
精氨酸 Arg	苦/甜 Bitter/sweet (+)	585.74±27.14 ^a	572.01±23.39 ^a	452.26±28.07 ^b
缬氨酸 Val	甜/苦 Sweet/bitter (+)	16.54±2.02 ^{ab}	14.63±0.30 ^b	18.12±0.93 ^a
半胱氨酸 Cys	苦/甜/硫 Bitter/sweet/sulfurous (-)	142.95±10.51 ^b	160.94±8.87 ^a	130.43±3.14 ^b
甲硫氨酸 Met	苦/甜/硫 Bitter/sweet/sulfurous (-)	17.59±2.90 ^b	30.89±7.69 ^a	24.20±1.79 ^{ab}
赖氨酸 Lys	甜/苦 Sweet/bitter (-)	36.77±2.45 ^a	25.88±2.97 ^b	28.83±4.55 ^b
脯氨酸 Pro*	甜/苦 Sweet/bitter (+)	275.61±20.01 ^b	350.87±12.04 ^a	269.77±9.37 ^b
总计 Total		2189.22±69.08 ^a	2116.44±76.12 ^a	2050.54±73.72 ^a

注: *: 呈味 FAA; +: 对滋味有好的贡献; -: 对滋味有不好的贡献。不同字母表示差异显著, 下同

Note: * Flavor FAA; +: Had a good contribution to taste; -: Had a bad contribution to taste. Different letters indicated significant different. The same as below

2.3 不同等级中华绒螯蟹肉中呈味核苷酸的比较分析

不同等级中华绒螯蟹肉中呈味核苷酸的含量见表2。IMP和AMP是蟹肉中含量最高的2种呈味核苷酸,均是C级蟹显著高于其他2组($P<0.05$); Hx和HxR的含量较低且均无显著性差异($P>0.05$)。AMP和IMP对蟹肉甜味和鲜味有贡献作用,它们之间存在协同增效作用:当低浓度的IMP存在时,即使低浓度的AMP也能呈现鲜味,并使甜味增加(Kawai *et al.*, 2002); 而由IMP降解产生的HxR和Hx是蟹肉中的异味物质,呈苦味(Hong *et al.*, 2017; 宁正祥等, 1995)。

表2 不同等级中华绒螯蟹呈味核苷酸含量/(mg/100 g)
Tab.2 Content of flavor nucleotides in Chinese mitten crabs at different grades/(mg/100 g)

核苷酸 Nucleotide	A级蟹 Grade A crabs	B级蟹 Grade B crabs	C级蟹 Grade C crabs
IMP	20.90±2.14 ^b	19.80±4.05 ^b	39.29±2.57 ^a
AMP	37.31±3.76 ^b	38.07±4.37 ^b	49.23±6.11 ^a
Hx	0.48±0.05 ^a	0.40±0.03 ^a	0.88±0.50 ^a
HxR	9.09±0.33 ^a	10.95±0.73 ^a	12.10±1.16 ^a

2.4 不同等级中华绒螯蟹肉中有机酸的比较分析

有机酸是水产品呈味的主要组成成分,其中乳酸、琥珀酸、乙酸、丙酸和草酸已经被鉴定存在于甲壳纲动物体中(张娜, 2008)。乳酸可以提高缓冲能力,也对呈味起增强作用;而琥珀酸及其钠盐具有鲜味,同时具有和谷氨酸类似的增强鲜味的特性(卜俊芝, 2012)。

不同等级中华绒螯蟹肉有机酸含量如表3所示。结果只检测到乳酸和柠檬酸,因此,只针对二者进行比较分析。3组蟹肉的有机酸含量存在显著性差异($P<0.05$),A级和B级蟹肉中乳酸含量显著高于C级

表3 不同等级中华绒螯蟹有机酸含量/(mg/100 g)
Tab.3 Content of organic acids in Chinese mitten crabs at different grades/(mg/100 g)

有机酸 Organic acid	A级蟹 Grade A crabs	B级蟹 Grade B crabs	C级蟹 Grade C crabs
乳酸 Lactic acid	71.22±4.29 ^a	69.85±4.53 ^a	54.94±1.10 ^b
琥珀酸 Succinic acid	ND	ND	ND
柠檬酸 Citric acid	51.94±3.06 ^a	31.32±1.50 ^b	26.10±7.68 ^b
苹果酸 Malic acid	ND	ND	ND
乙酸 Acetic acid	ND	ND	ND

注: ND: 未检测到该物质

Note: ND: This substance was not detected

蟹($P<0.05$); A级蟹的柠檬酸含量显著高于B级和C级蟹($P<0.05$),是C级蟹的2倍。本研究测得的河蟹乳酸含量(54~74 mg/100 g)低于张娜(2008)(100~400 mg/100 g)和杨玲芝(2006)(300~600 mg/100 g)的研究结果,可能与河蟹的养殖条件及捕捞时期有关。

2.5 不同等级中华绒螯蟹肉中无机离子的比较分析

无机离子的存在使有机成分的呈味效果得以充分发挥(夏延斌, 2008)。风味减缺实验表明,将雪蟹(*Chinopectes opilio*)和河豚鱼等浸出物中的 K^+ 和 Na^+ 除去,甜味和鲜味急剧降低,不仅失去本身特有的风味,而且苦味增强,出现异味(朱清顺等, 2008);除去 PO_4^{3-} 后,甜味、鲜味和咸味都略有降低;除去 Cl^- ,则几乎所有的口味都减弱(Zhang *et al.*, 2019)。

不同等级中华绒螯蟹肉中无机离子含量见表4。在检测到的6种无机离子中, Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 和 PO_4^{3-} 的含量较高,可能对蟹肉滋味的贡献较大,这与张娜(2008)和石婧等(2015)的研究结果一致;3组蟹的无机离子含量具有一定差异,C级蟹的无机离子含量均高于A级和B级蟹,其中,C级蟹的 PO_4^{3-} 含量显著高于A级和B级蟹($P<0.05$)。

表4 不同等级中华绒螯蟹无机离子含量/(mg/100 g)
Tab.4 Content of inorganic ions in Chinese mitten crabs at different grades/(mg/100 g)

无机离子 Inorganic ions	A级蟹 Grade A crabs	B级蟹 Grade B crabs	C级蟹 Grade C crabs
Na^+	123.25±5.41 ^a	155.85±19.54 ^a	162.02±19.26 ^a
K^+	226.03±1.53 ^a	240.10±19.56 ^a	246.26±9.26 ^a
Mg^{2+}	58.77±5.80 ^a	59.35±4.66 ^a	63.20±3.69 ^a
Ca^{2+}	20.94±4.62 ^a	19.84±6.07 ^a	26.56±5.27 ^a
Cl^-	243.96±18.05 ^a	239.04±14.82 ^a	267.30±8.90 ^a
PO_4^{3-}	345.19±7.35 ^b	360.40±30.34 ^b	434.47±31.42 ^a

2.6 不同等级中华绒螯蟹肉滋味强度值的比较分析

在对食品进行滋味强度的判定及探寻某个单一组分对其整体风味的贡献时,TAV是最为经典和客观的方法。当滋味物质的TAV ≥ 1 时,表示其具有滋味活性,可能对中华绒螯蟹整体滋味轮廓具有显著性贡献,值越高,其贡献度越大(赵樑等, 2016)。

由表5可知,3组蟹肉的滋味活性物质的差异如下:A级蟹有8种(特有柠檬酸),B级蟹有9种(特有Met和Pro),C级蟹有9种(特有IMP和 Cl^-)。Ala和Arg的TAV是其他滋味活性物质的数倍,对滋味贡献很大,这与Kong等(2012)和Zhuang等(2016)的研究结果相近。

表5 不同等级中华绒螯蟹肉滋味活性物质及其 TAV 值
Tab.5 Taste-active compounds and their TAV values in meat of Chinese mitten crabs at different grades

呈味物质 Flavor substance	味道阈值 Taste threshold/ (mg/100 g)	A 级蟹 Grade A crabs	B 级蟹 Grade B crabs	C 级蟹 Grade C crabs
Glu	30	2.73	2.13	3.63
Ala	60	8.34	5.06	7.58
Gly	130	3.23	3.81	3.39
His	20	1.08	1.17	1.84
Arg	50	11.71	11.44	9.05
Met	30	0.59	1.03	0.81
Pro	300	0.92	1.17	0.90
IMP	25	0.84	0.79	1.57
柠檬酸 Citric acid	45	1.15	0.70	0.58
K ⁺	130	1.74	1.85	1.89
Cl ⁻	266	0.92	0.90	1.00
PO ₄ ³⁻	130	2.66	2.77	3.34

2.7 不同等级中华绒螯蟹肉味精当量的比较分析

味精当量(EUC)可以直观地反映鲜味 FAA 与鲜味核苷酸之间的协同增鲜作用,目前已经广泛地用于分析食品的鲜味(Chang *et al.*, 2001; Chiang *et al.*, 2007; Tsai *et al.*, 2008)。不同等级中华绒螯蟹肉味精当量见表6。本研究测得的 EUC 值为 2.40~7.47 g MSG/100 g, 与陈德慰(2007) (4.20 g MSG/100 g)和汤辰婧(2014) (2.37~2.87 g MSG/100 g)的研究结果相近。C 级蟹肉的味精当量显著高于其他 2 组($P<0.05$), 达到 7.47 g MSG/100 g, 即每 100 g 蟹肉(以湿重计)所具有的鲜味强度大约相当于 7.47 g 味精所产生的鲜味,这与 C 级蟹肉中 Glu 和 IMP、AMP 的含量较高相关。

表6 不同等级中华绒螯蟹肉味精当量分析/(g MSG/100 g)
Tab.6 Analysis of EUC in Chinese mitten crabs at different grades/(g MSG/100 g)

鲜味物质 Umami substance	A 级蟹 Grade A crabs	B 级蟹 Grade B crabs	C 级蟹 Grade C crabs
IMP	20.90±2.14 ^b	19.80±4.05 ^b	39.29±2.57 ^a
AMP	37.31±3.76 ^b	38.07±4.37 ^b	49.23±6.11 ^a
Asp	11.40±2.89 ^b	9.47±3.53 ^b	21.02±3.23 ^a
Glu	81.81±2.65 ^b	63.96±2.04 ^c	109.01±1.84 ^a
EUC	3.16	2.40	7.47

3 结论

本研究首先通过电子舌比较分析不同等级中华

绒螯蟹滋味轮廓,并分析其非挥发性滋味物质差异,采用 TAV 确定其主要的滋味物质及贡献,最后通过 EUC 分析鲜味 FAA 和鲜味核苷酸之间的协同作用,并对其鲜味进行评价。总的来说,C 级蟹鲜味更佳。在生活中,消费者通常会选择更大的 A 级蟹,一方面是其蟹肉及蟹黄、蟹膏更多,食用方便;另一方面可能与其肉质有关;具体原因有待进一步从感官与滋味、肉质整体上进一步进行研究。本研究结果可为中华绒螯蟹的蟹味类产品的开发提供一定的参考,进一步提高中华绒螯蟹的利用价值,促进中华绒螯蟹产业的发展。

参 考 文 献

- BU J Z. Study on nutrition and flavor components of three kinds of sea crabs. Master's Thesis of Zhejiang Gongshang University, 2012, 1-87 [卜俊芝. 三种海蟹营养和风味成分的研究. 浙江工商大学硕士研究生学位论文, 2012, 1-87]
- Bureau of Fishery and Fishery Administration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Aquatic Technology Promotion Station, China Fisheries Society. 2018 China fisheries statistics yearbook. Beijing: China Agriculture Press, 2018 [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. 2018 年中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2018]
- CHANG H L, CHAO G R, CHEN C C, *et al.* Non-volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Antrodia camphorata* and *Cordyceps militaris* mycelia. Food Chemistry, 2001, 74(2): 203-207
- CHEN D W. Flavor and freezing technology of cooked Chinese mitten crab. Doctoral Dissertation of Jiangnan University, 2007, 1-96 [陈德慰. 熟制大闸蟹风味及冷冻加工技术的研究. 江南大学博士研究生学位论文, 2007, 1-96]
- CHIANG P D, YEN C T, MAU J L. Non-volatile taste components of various broth cubes. Food Chemistry, 2007, 101(3): 932-937
- HONG H, REGENSTEIN J M, LUO Y J. The importance of ATP-related compounds for the freshness and flavor of post-mortem fish and shellfish muscle: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57(9): 1787-1798
- JING D T, YANG F, YU D W, *et al.* Reasons for quality deterioration of obscure pufferfish fillets during frozen storage. Progress in Fisheries Science, 2019, 40(5): 166-172 [景电涛, 杨方, 余达威, 等. 暗纹东方鲀冻藏品品质劣化的原因解析. 渔业科学进展, 2019, 40(5): 166-172]
- KAWAI M, OKIYAMA A, UEDA Y. Taste enhancements between various amino acids and IMP. Chemical Senses, 2002, 27(8): 739-745

- KONG L, CAI C F, YE Y T, *et al.* Comparison of non-volatile compounds and sensory characteristics of Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) reared in lakes and ponds: Potential environmental factors. *Aquaculture*, 2012, 364/365: 96–102
- LIU H B, JIANG T, LUO R J, *et al.* Evaluation of the taste-active values of Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) from different geographic origins using a taste sensing system. *Food Science*, 2020, 41(16): 132–137 [刘洪波, 姜涛, 骆仁军, 等. 味觉分析系统对不同产地中华绒螯蟹滋味强度值的区分. *食品科学*, 2020, 41(16): 132–137]
- NING Z X, ZHAO M M. *Food biochemistry*. Guangzhou: South China University of Technology Press, 1995 [宁正祥, 赵谋明. *食品生物化学*. 广州: 华南理工大学出版社, 1995]
- SHAO L C, WANG C, HE J, *et al.* Meat quality of Chinese mitten crabs fattened with natural and formulated diets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2014, 23(1): 59–72
- SHI J, WANG S, GONG J, *et al.* Effect of different fattening models on non-volatile taste active compounds of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) meat. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(15): 347–351 [石婧, 王帅, 龚骏, 等. 不同育肥方式对中华绒螯蟹雄蟹肌肉呈味物质的影响. *食品工业科技*, 2015, 36(15): 347–351]
- TANG C J. Research on taste and quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). Master's Thesis of Shanghai Ocean University, 2014, 1–58 [汤辰婧. 中华绒螯蟹滋味品质的研究. 上海海洋大学硕士研究生学位论文, 2014, 1–58]
- TSAI S Y, TSAI H L, MAU J L. Non-volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Agrocybe cylindracea* and *Boletus edulis*. *Food Chemistry*, 2008, 107(3): 977–983
- WANG Q J, WU X G, LONG X W, *et al.* Nutritional quality of different grades of adult male Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. *Journal of Food Science and Technology*, 2018, 55(3): 944–955
- XIA Y B. *Food flavor chemistry*. Beijing: Chemical Industry Press, 2008 [夏延斌. *食品风味化学*. 北京: 化学工业出版社, 2008]
- YAMAGUCHI S, YOSHIKAWA T, IKEDA S, *et al.* Measurement of the relative taste intensity of some 1- α -amino acids and 5'-nucleotides. *Journal of Food Science*, 1971, 36(6): 846–849
- YANG L Z, CHEN S S, QU Y H, *et al.* Studies on taste components in *Eriocheir sinensis*. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2007, 16(1): 92–96 [杨玲芝, 陈舜胜, 曲映红, 等. 中华绒螯蟹主要呈味成分研究. *上海水产大学学报*, 2007, 16(1): 92–96]
- YANG L Z. Studies on taste components in *Eriocheir sinensis* and their changes during heating. Master's Thesis of Shanghai Ocean University, 2006, 1–53 [杨玲芝. 中华绒螯蟹主要呈味物质及其在加热过程中的变化. 上海海洋大学硕士研究生学位论文, 2006, 1–53]
- YU D W, XU Y S, REGENSTEIN J M, *et al.* The effects of edible chitosan-based coatings on flavor quality of raw grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 2018, 242: 412–420
- ZHANG N L, AYED C, WANG W L, *et al.* Sensory-guided analysis of key taste-active compounds in pufferfish (*Takifugu obscurus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2019, 67(50): 13809–13816
- ZHANG N. Study on flavor compounds of Chinese mitten crab. Master's Thesis of Jiangnan University, 2008, 1–37 [张娜. 中华绒螯蟹风味物质的研究. 江南大学硕士研究生学位论文, 2008, 1–37]
- ZHAO L, WU N, WANG X C, *et al.* Comparison of the flavor components of Chinese mitten crab at different growth stages. *Modern Food Science and Technology*, 2016, 32(7): 261–269 [赵樑, 吴娜, 王锡昌, 等. 不同生长阶段下中华绒螯蟹滋味成分差异研究. *现代食品科技*, 2016, 32(7): 261–269]
- ZHU Q S, BAI R F. Intrinsic quality comparison of cultured crab (*Eriocheir sinensis*). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(3): 463–468 [朱清顺, 柏如发. 养殖中华绒螯蟹风味品质比较研究. *中国农学通报*, 2008, 24(3): 463–468]
- ZHUANG K J, WU N, WANG X C, *et al.* Effects of 3 feeding modes on the volatile and nonvolatile compounds in the edible tissues of female Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). *Journal of Food Science*, 2016, 81(4): 968–981

(编辑 马瑾艳)

Comparison of the Taste Compounds in Different Grades of Chinese Mitten Crab (*Eriocheir sinensis*)

SHAO Yang^{1,2}, YU Dawei^{1,2}, YANG Fang^{1,2}, GAO Pei^{1,2}, XU Yanshun^{1,2},
JIANG Qixing^{1,2}, XIA Wenshui^{1,2}^①

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Collaborative Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract This study aimed to compare the taste compounds of different grades of Chinese mitten crab (Grade A: 200 g; Grade B: 150 g; Grade C: 125 g). The taste profiles of the different grades were distinguished by an electronic tongue. Free amino acids, 5'-nucleotides, organic acids, and inorganic ions were analyzed by an automatic amino acid analyzer, high-performance liquid chromatography (HPLC), and an ion chromatography, and the taste activity value (TAV) and equivalent umami concentration (EUC) were also calculated. Grade A crabs had the highest sweetness amino acid content, and grade C crabs had the highest umami amino acid content. The taste nucleotides were the highest in the grade C crabs. For the organic acids, only lactic acid and citric acid were detected, and Grade A crabs > Grade B crabs > Grade C crabs. Grade C crabs had the highest phosphate (PO_4^{3-}) content, which was significantly ($P < 0.05$) higher than Grade A and Grade B crabs. The TAV values of alanine, glycine, histidine, arginine, phenylalanine, proline, potassium (K^+), chlorine (Cl^-), and PO_4^{3-} in the different grades were greater than 1 and contributed to Chinese mitten crab taste. Grade C crabs had the highest EUC value. Based on the contents of umami FAA, umami nucleotide, inorganic ions, and EUC value, the umami of grade C crabs was superior.

Key words Chinese mitten crab; Free amino acids; Taste nucleotides; Organic acids; Inorganic ions

① Corresponding author: XIA Wenshui, E-mail: xiaws@jiangnan.edu.cn