



食品科学

Food Science

ISSN 1002-6630, CN 11-2206/TS

## 《食品科学》网络首发论文

题目： 味觉分析系统对不同产地中华绒螯蟹滋味特征值的区分  
作者： 刘洪波, 姜涛, 骆仁军, 薛竣仁, 陈修报, 杨健  
网络首发日期： 2019-06-21  
引用格式： 刘洪波, 姜涛, 骆仁军, 薛竣仁, 陈修报, 杨健. 味觉分析系统对不同产地中华绒螯蟹滋味特征值的区分[J/OL]. 食品科学. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20190620.1419.048.html>



**网络首发：**在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认：**纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

# 味觉分析系统对不同产地中华绒螯蟹滋味特征值的区分

刘洪波<sup>1</sup>, 姜涛<sup>1</sup>, 骆仁军<sup>2</sup>, 薛峻仁<sup>2</sup>, 陈修报<sup>1</sup>, 杨健<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国水产科学研究院长江中下游渔业生态环境评价与资源养护重点实验室, 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏无锡 214081; 2. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏无锡 214081)

**摘要** 为科学评价不同产地中华绒螯蟹在滋味方面的差异, 采用电子舌技术分析了分别以湖泊围网养殖、野生自然水域或蟹稻共作为环境特征的 5 个产地蟹肉的滋味组成。结果发现, 新鲜蒸制的中华绒螯蟹肉样本都有非常突出的鲜味 (15.78~17.78), 其次是苦味 (7.33~13.53)、咸味 (3.83~12.39), 差异明显的涩味 (0.11~7.68), 因所测值均在零附近而对滋味贡献小的味的丰富性 (0~1.89)、苦味回味 (0~1.03) 和涩味回味 (0~0.38) 及因所测值均在 -30 以下而没有酸味。线性判别分析的结果显示, 初始验证的判别准确率为 100%, 各产地样本没有重叠现象。本研究表明电子舌系统可以较准确地描绘中华绒螯蟹的滋味轮廓, 滋味强度值具有区分产地滋味特征差异性的潜力。

**关键词** 中华绒螯蟹; 味觉分析系统; 滋味特征值; 线性判别分析; 产地判别

## Evaluation of the taste characteristics of Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) from different geographic origins using a taste sensing system

LIU Hongbo<sup>1</sup>, JIANG Tao<sup>1</sup>, LUO Renjun<sup>2</sup>, XUE Junren<sup>2</sup>, CHEN Xiubao<sup>1</sup>, YANG Jian<sup>1,2,\*</sup>

(1 Key Laboratory of Fishery Ecological Environment Assessment and Resource Conservation in Middle and Lower Reaches of the Yangtze River, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China; 2 Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081, China)

**Abstract:** A taste sensing system (SA402B) was applied to evaluate the taste characteristics by the meat of *Eriocheir sinensis* sampled from five geographic origins characterized by cultured purse seines in lakes, wild natural waters, or rice-crab coculture systems, respectively. The electronic tongue data showed that the scores of umami taste (15.78~17.78) were evaluated as the highest grade in the steamed meat. The bitterness (7.33~13.53) or saltiness (3.83~12.39) intensity was less than the umami value. The astringency values (0.11~7.68) varies widely among the crabs from different geographic origins. There might be no sourness and very slight of richness (0~1.89), aftertaste-B (0~1.03) and aftertaste-A (0~0.38) in the samples, as the detecting intensities were below -30 or around zero, respectively. Linear discriminant analysis revealed accuracy of initial verification was as high as 100%. The scatter plot showed that all five geographical origins could be identified. The results of the present study suggest that the taste sensing system SA402B can accurately profile the taste characteristics of *E. sinensis* from different origins and the electronic tongue data have the potentials for identification of corresponding geographic origin-dependent difference in the taste.

**Key words:** *Eriocheir sinensis*; Taste sensing system; Taste characteristic; Linear discriminant analysis; Origin discrimination

**DOI:** 10.7506/spkx1002-6630-20190408-090

中图分类号: S912 文献标志码: A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*), 又称河蟹、大闸蟹, 是我国名贵高价值的水产品种, 不仅口感极其细腻鲜美, 而且富含蛋白质、必需氨基酸、维生素 A 和钾、磷、钙等矿质元素<sup>[1]</sup>。河蟹群体自然分布十分广泛, 其记载最东至鸭绿江口, 最西至湖北沙市, 最南至 24°N, 最北至 42~43°N; 但分布中心在长江中下游的江淮一带<sup>[2]</sup>。随着人工育苗技术的成功, 河蟹的养殖业得到迅猛发展, 池塘和湖泊

基金项目: 国家自然科学基金项目(31772850)、2017 年度无锡市留学人员科技活动项目择优资助(CZ2018006700); 国家科技支撑计划项目(2015BAD17B05)

第一作者简介: 刘洪波(1968—), (ORCID: 0000-0002-7922-4407), 女, 助理研究员, 博士, 研究方向为渔业生态环境评价与保护。E-mail: liuhb@ffrc.cn

\*通信作者简介: 杨健(1964—), (ORCID: 0000-0002-4445-6953), 男, 研究员, 博士, 研究方向为渔业生态环境评价与保护。E-mail: jiany@ffrc.cn

网围的养殖遍及全国三十个省(市、自治区),产量达 81 万多吨<sup>[3]</sup>,产值达 778 亿元,已成为淡水渔业的支柱产业之一<sup>[4]</sup>。

对于水产品来说原产地的判别和保护具有极其重要的意义,因为产地环境对品质的形成起到决定性作用;而其特有品质的差异性可以通过组分、遗传、质构及风味要素的特征来反映<sup>[5]</sup>。河蟹是我国知名水产品产地及相应品牌建设和保护最具代表性的品种。由于不同产地蟹的品质不同、价格相差很大,销售时标明产地已经成为了惯例要求。我国市场上蟹的知名产地及其品牌众多,长江水系的阳澄湖、石臼湖、梁子湖等地区生态环境良好,依靠天然湖泊放流养殖模式产出的成蟹品质优良,风味各异,各自形成了受国家保护的“地理标志产品”或“原产地标志产品”等。其中,江苏省苏州市境内的阳澄湖大闸蟹因种苗良好、产地环境优美、饵料充足、蟹肥味美而知名度最高。2017 年全国河蟹市场占比 40%的产值是阳澄湖大闸蟹这一个产地创造的。阳澄湖大闸蟹虽身价不菲,但仍供不应求,导致了很多人非原产蟹的冒名顶替,还衍生出许多暂养一段时间销售的所谓“洗澡蟹”<sup>[6]</sup>。因此探索更多有效科学手段来鉴别不同生长环境下成蟹的品质差异,进而开发原产地判别技术已经成为了中华绒螯蟹的研究重点之一<sup>[7]</sup>。这不仅可为保护消费者的合法权益,同时也可为维护市场的公平做贡献。

河蟹属于单价高、价格差异大的水产品。单只 250 克左右的阳澄湖蟹售价甚至达 150 元,是非阳澄湖原产蟹的 2~3 倍。普遍认为,食用时不同的美味口感也是与这种价格差异有关的因素之一。但传统上对各产地河蟹的口感滋味很难用科学定量数据来评价,且各地理群中华绒螯蟹在外形上都极其相似;因而,究竟靠评判什么成分来判断不同产地河蟹的滋味特征就成了一个亟待解决的难题。

日本开发的味觉传感器(taste sensor)依据 Weber-Fechner 定律(即感觉强度和刺激的对数呈比例变化),通过调整脂类和塑化剂的种类和配比,或者说通过调整电荷和疏水性的平衡来实现传感器对各种味道的选择性应答,发明了被认为是到目前为止真正意义上与人味觉一致的测试味道的传感器<sup>[8-9]</sup>,已被广泛应用到食品味道的数值化以及品质评价中<sup>[10-11]</sup>(比如德州扒鸡在熟制过程中各种基本味(苦,咸,鲜等)的数值变化<sup>[12]</sup>,不同品种及喂养方式猪肉鲜味值的异同等<sup>[13]</sup>),证实了该仪器测试的各种味道数值的高低与人对味道感受结果的一致性<sup>[12,14]</sup>,这就为科学、客观、公正地评价食物的品质提供了新的手段。

本研究将利用日本研制的 INSENT 味觉分析系统,对 5 个不同产地的中华绒螯蟹蒸熟的蟹肉部分进行味觉值检测,以便从滋味特征角度开展预实验,通过运用味觉传感器技术来区分河蟹滋味的产地差异性(其中着重分析阳澄湖产大闸蟹的风味特征),以为不同产地中华绒螯蟹味觉的客观评价提供基础资料和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

湖泊围网养殖的中华绒螯蟹阳澄湖样本(YCES1,-2,-12)和石臼湖样本(SJES1,-2,-3)分别于 2017 年 11 月和 12 月采自西阳澄湖区水域及南京溧水县石臼湖水域。野生个体的崇明样本(CMES1,-2,-3)和无为(WWES1,-2,-3)样本于 2017 年 12 月分别采自长江口崇明团结沙水域及长江下游的无为江段。辽宁营口(YKES1,-2,-3)的样本 2017 年 12 月采自当地的稻田养蟹基地。中华绒螯蟹样本个体信息见表 1。

### 1.2 仪器与设备

各产地中华绒螯蟹蒸熟的蟹肉部分的味觉值检测用 SA402B 型味觉分析系统(日本 INSENT 公司)。

### 1.3 样品前处理

实验根据采样地的不同和蟹样到达实验室的不同而分批进行。每次实验前先将到达实验室的中华绒螯蟹活体样本当天从泡沫塑料箱中取出,接着放于装有自来水的塑料桶中使其吐泥 1 h,再用自来水冲洗去除表面的泥沙等杂质,编好样本号后放入不锈钢蒸锅内蒸制 30 min。打开头胸甲,剔除性腺部分,只取步足、蟹螯、头胸甲底部内骨骼等易准确定位且肌肉组织明显处的全部肌肉作为该蟹体的一个总体样品备用。

#### 1.4 电子舌检测

准确称取待测蟹肌肉样品,按照 1:10 的比例加入去离子水进行匀浆,然后转移到离心瓶中,3600 r/min 离心 15 min 后用 Whatman 滤纸双层过滤,取 80 mL 上清液用于电子舌检测。

表 1 中华绒螯蟹样本基本信息

Table.1 Sampling details of Chinese mitten crab *E. sinensis*

编号	产地	体重(g)
YC01	阳澄湖	147.58
YC02	阳澄湖	147.95
YC06	阳澄湖	102.51
SJ01	石臼湖	181.86
SJ11	石臼湖	118.20
SJ12	石臼湖	146.20
WW01	长江无为江段	122.21
WW02	长江无为江段	129.58
WW03	长江无为江段	140.32
CM01	长江口崇明团结沙水域	134.78
CM02	长江口崇明团结沙水域	135.52
CM06	长江口崇明团结沙水域	120.99
YK01	营口蟹稻共作基地	128.47
YK02	营口蟹稻共作基地	119.99
YK11	营口蟹稻共作基地	99.12

SA402B 型味觉分析系统加载多种传感器电极,用 AAE、CT0、CA0、C00、AEI 等传感器分别检测鲜、咸(盐)、酸、苦、涩 5 种基本味道及其回味、丰富度等。在首次开机时完成传感器的状态检测,传感器响应稳定,重复性较好,认为数据有效。样品检测按照系统预定程序进行,测试温度用循环水保持在 20℃。每个样品测量前电子舌系统均需完成正负极清洗 90 s;参比溶液清洗两次,每次 120 s,共计 240 s 等环节。正极清洗液是水、KCL、乙醇和 KOH 的混合溶液;负极清洗液由水、乙醇和盐酸等混合而成;参比溶液为 KCL 和酒石酸的混合溶液,用来模拟人工唾液。清洗完成后的样品测试时间为 30 s,每 1 s 采集一次数据,选用第 30 s 数据作为测量值。每个样品做 4 次循环,去掉第 1 次循环,取后 3 次测量结果。以参比溶液作为对照值,运用系统自带程序将测试样品的电势值转化为味觉值后进行味觉特征分析。

#### 1.5 数据处理

因待检样品中的味觉指标数据是以参比溶液的输出值为对照值,即无味点,而参比溶液由 KCl 和酒石酸组成,故酸味的无味点定义为-13,咸(盐)味的无味点为-6,即样品的酸、咸味味觉值分别低于-13、-6 时,样品无该味道,反之则有。其余视 0 值及以下为无味点。本研究取用在无味点以上的味觉指标作为样品的有效评价指标绘制成图;运用 SPSS20.0 软件对 5 产地中华绒螯蟹每个个体蟹肉样品的味觉特征值进行线性判别分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 5 产地中华绒螯蟹的味觉值特征

阳澄湖、石臼湖、崇明团结沙水域、安徽无为县江段以及辽宁营口等 5 地所产中华绒螯蟹体肉部分的味觉值见表 2。因各地蟹肉的酸味值远低于无味点(-13),故取有味值的苦、涩、盐、鲜以及苦、涩回味、丰富度等味觉指标作为评价蟹肉的有效味觉指标绘制了图 1。根据韦伯-费希纳定律

(Weber-Fechner Law), 感觉量与物理量的对数值成正比, 1 个味道单位代表呈味物质的刺激强弱发生了 20% 变化, 即人舌可以识别其差异的最小单位。从表 2 和图 1 可知, 新鲜蒸制的中华绒螯蟹样本都有非常突出的鲜味 (15.78~17.78), 较低的苦、涩回味 (0~1.03) 及味觉差异较大的苦、咸、涩味; 无为江段捕获蟹肉的味道丰富度最低 (0); 总体而言鲜味对蟹肉的滋味贡献最大, 苦、涩味的回味值最小, 样本均无酸味。

表 2 中华绒螯蟹的滋味强度值

Table.2 Taste intensities of Chinese mitten crab *E. sinensis*

样本	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味	鲜味	盐味	丰富性	酸味
YC	9±1.48	0.11±0.19	0.51±0.44	0	16.21±0.69	7.96±3.5	1.46±0.61	<-40.97
SJ	13.53±2.31	7.68±2.97	0.94±0.85	0.38±0.5	15.78±0.87	3.83±1.91	1.38±0.82	<-35.4
WW	9.28±0.26	0.98±0.85	0	0	16.75±0.3	8.25±2.88	0	<-43.39
CM	11.54±2.07	3.39±2.69	1.03±0.66	0.35±0.3	17.78±0.65	6.13±0.45	0.84±0.5	<-43.58
YK	7.33±3.36	0.5±0.86	0.54±0.94	0.03±0.05	17.21±1.31	12.39±1.36	1.89±1.58	<-42

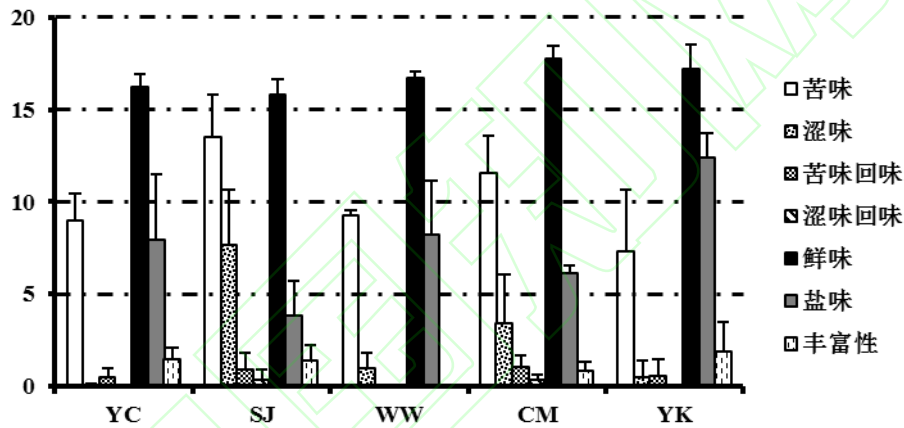


图 1 中华绒螯蟹的滋味特征

Fig.1 Taste characteristics of Chinese mitten crab *E. sinensis*

## 2.2 5 产地中华绒螯蟹的味觉雷达图

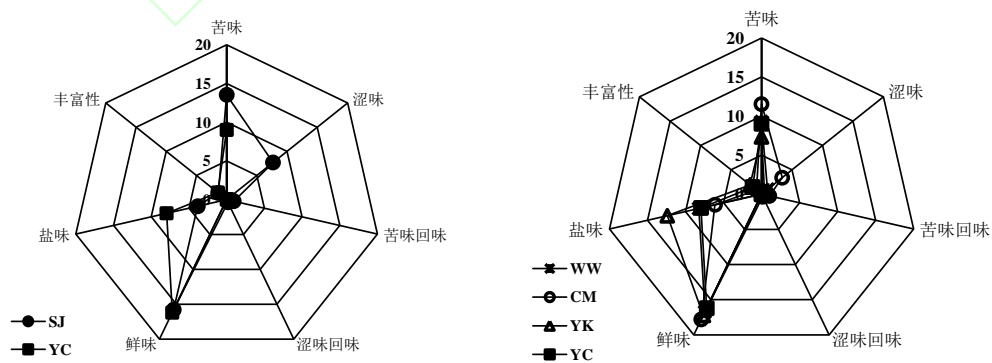


图 2 味道雷达图。(a)阳澄湖(YC), 石臼湖(SJ)产中华绒螯蟹; (b)阳澄湖(YC)、无为(WW)、崇明(CM)和营口(YK)产中华绒螯蟹

Fig.2 Taste radar chart. (a) Chinese mitten crab *E. sinensis* from Yangchenghu(YC) and Shijiu Lake(SJ); (b) Chinese



mitten crab *E. sinensis* from Yangchenghu Lake(YC), Wuwei(WW), Chongming(CM) and Yingkou(YK)

图 2(a)为阳澄湖、石白湖围网养殖的中华绒螯蟹蟹肉滋味值的雷达图,从表 2 和图 2(a)可知,虽然同为湖泊围网养殖,两地蟹肉的咸味、苦味和涩味的差异值分别达到 4.13、4.53、7.57,即人舌能非常明显地感觉得到其中的滋味差异。

图 2(b)为阳澄湖样本、野生的崇明、无为样本及蟹稻共作的营口样本滋味值的雷达图,从表 2 和图 2(b)可知,与阳澄湖样本相比,崇明样本的苦味、涩味值分别高出 2.54 和 3.28;无为样本的丰富性测值为 0;营口样本的盐味值高出其 4.43。说明不同产地,不同成长方式蟹肉的滋味值有较大差异。同为野生群体的崇明、无为样本的苦味、涩味、盐味值的差异分别达到 2.26、2.41 和 2.12,进一步说明苦味、涩味和咸味值在区别不同产地蟹中的重要性。

### 2.3 利用 5 产地中华绒螯蟹味觉特征值进行线性判别分析

中华绒螯蟹蟹肉味觉特征值测定结果(表 2)显示,野生的崇明、无为样本有相似的递减趋势:鲜味>苦味>咸味>涩味>苦味回味~丰富性~涩味回味;阳澄湖样本的丰富性要大于涩味、苦味回味和涩味回味,即鲜味>苦味>咸味>丰富性>苦味回味~涩味~涩味回味;同为湖泊围养的石白湖样本的涩味较为突出,甚至超过了盐味,其递减顺序为:鲜味>苦味>涩味>咸味>丰富性~苦味回味~涩味回味;营口样本有较突出的盐味,强度值仅次于鲜味,即鲜味>咸味>苦味>丰富性>涩味~苦味回味~涩味回味。

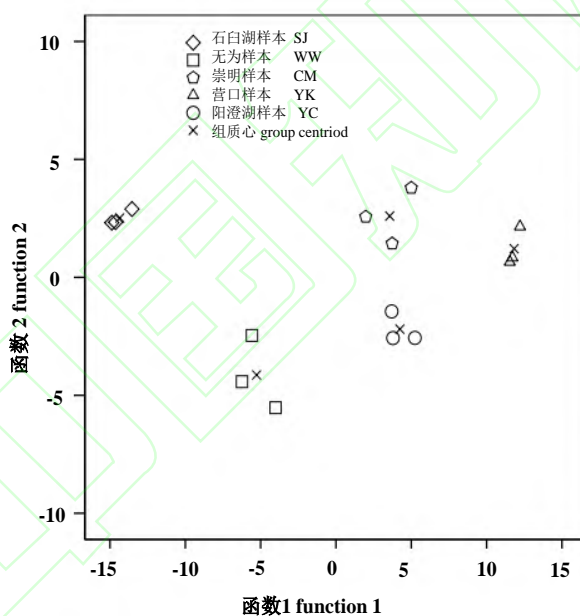


图 3 线性判别分析.

Fig. 3. Linear discriminant analysis.

采用线性判别分析法对 5 产地中华绒螯蟹味觉特征值建立 Fisher 式判别公式:

石白湖:  $F_1 = 401.67 \text{ 鲜味} + 188.33 \text{ 苦味} + 5.147 \text{ 咸味} - 28.5 \text{ 涩味} + 438.26 \text{ 丰富性} - 538.7 \text{ 苦味回味} + 147.93 \text{ 涩味回味} - 4422$

无为:  $F_2 = 408.21 \text{ 鲜味} + 156.43 \text{ 苦味} + 3.239 \text{ 咸味} - 48.15 \text{ 涩味} + 429.93 \text{ 丰富性} - 422.9 \text{ 苦味回味} + 245.31 \text{ 涩味回味} - 4135$

崇明:  $F_3 = 459.94 \text{ 鲜味} + 140.13 \text{ 苦味} - 1.227 \text{ 咸味} - 63.5 \text{ 涩味} + 478.79 \text{ 丰富性} - 345.3 \text{ 苦味回味} + 310.23 \text{ 涩味回味} - 4865$

营口:  $F_4 = 472.37 \text{ 鲜味} + 102.35 \text{ 苦味} - 1.64 \text{ 咸味} - 67.33 \text{ 涩味} + 478.37 \text{ 丰富性} - 218.5 \text{ 苦味回味} + 307.17 \text{ 涩味回味} - 4812$

阳澄湖:  $F_5 = 439.09$  鲜味+127.62 苦味-1.614 咸味-68.38 涩味+456.27 丰富性-305.5 苦味回味+306.64 涩味回味-4381

将所有样本的滋味强度值分别代入上述判别函数中,以函数值最大的判别函数所对应的产地名作为判别结果。各地样本的判别准确率为 100%,综合判别率为 100%。采用交互验证法对建立的判别函数进行回判,石臼湖样本、无为样本、营口样本的判别准确率为 100%,崇明样本、阳澄湖样本的判别准确率为 66.7%,平均判别准确率为 86.7%。相应的散点图(图 3)显示,石臼湖样本、无为样本主要集中在函数 1、2 的负值区域,崇明样本、营口样本主要集中在函数 1、2 的正值区域,阳澄湖样本主要集中在函数 1 的负值、函数 2 的正值区域,样本没有重叠现象。

### 3 讨论

#### 3.1 5 产地中华绒螯蟹蟹肉滋味值的特征

为有效剔除雌蟹蟹黄、雄蟹蟹膏对滋味的不同影响,本研究只选取蟹肉部分作为研究的对象。结果显示,5 产地中华绒螯蟹蟹肉的滋味独特,尤其是鲜味突出。鲜味来源于日语的“Umami”一词<sup>[15]</sup>,定义为谷氨酸单钠(味精,MSG)的味道特征,被认为是甜、酸、苦、盐味之后被人类感觉的第五种基本味道。T1R1/T1R3 两种 G-蛋白结合受体的共同作用可以使人感受到 20 种 L-氨基酸、特别是谷氨酸的味道<sup>[16-17]</sup>。相关的研究表明,中华绒螯蟹的蟹肉中含有量最高的鲜味氨基酸是谷氨酸(Glu)<sup>[1,18]</sup>,蟹肉谷氨酸的味道强度值 TAV (taste-active values)远高于 1<sup>[18]</sup>,每克蟹肉(湿重计)的鲜味强度相当于 0.042 g 味精所产生的鲜味,而味精的阈值为 0.03 g/100 ml,故蟹肉的味精当量 EUC(equivalent umami concentration)高达 140<sup>[19]</sup>,是雪蟹(snow crab)的 8 倍以上<sup>[20]</sup>;同时,蟹肉的一些主要的呈味核苷酸如 5'-单磷酸肌苷二钠(IMP)和 5'-单磷酸腺苷二钠(AMP)的 TAV 值也大于 1<sup>[19]</sup>,它们可与鲜味 MSG 产生协同效应,大幅提高蟹肉的鲜味,所以蟹肉的鲜味测值最高,与人品尝时的感觉一致。

虽然吃新鲜熟制的大闸蟹时感受不到令人不愉快的苦味,但经 SA402B 型味觉分析系统中苦味人工传感器膜上的电势值与参比溶液电势值之差得出的结果可知,大部分产地蟹肉苦味是仅次于鲜味的味道值。在人可感知的 L 型氨基酸及其盐大多具有甜味或苦味,蟹肉中含量最高的苦味氨基酸是精氨酸(Arg)<sup>[1,18,21]</sup>。虽然 Arg 具有苦味,但是大量的 Arg 在风味体系中有将不舒适的苦味覆盖、提升鲜味和口感的持续性复杂性及浓厚感的作用<sup>[22]</sup>,故所得的测值可被称为舒适的苦味。

咸(盐)味也是大闸蟹蟹肉滋味轮廓中重要的味觉指标,检测结果中营口稻田蟹的盐味最高。咸味几乎全部是由无机物产生,特别是 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 等无机阳离子<sup>[23]</sup>。营口稻田蟹较高的咸味,可能与稻子生长期间施过钾、磷肥有关,而 $\text{K}^+$ 、 $\text{PO}_4$ 的存在亦起到提升蟹的鲜味和特征风味的作用<sup>[24]</sup>。

值得一提的是新鲜熟制的阳澄湖产大闸蟹蟹肉中有适度的咸味、没有酸味,涩味回味和苦味回味,且涩味测值最低(0.11),与同样是湖泊围网养殖的石臼湖样本形成鲜明的对照(涩味测值 7.68)。导致大闸蟹涩味产生的物质至今并不十分清楚,牛肉的苦涩味可能源于其脂肪成分<sup>[8]</sup>,而鱼类如蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)的涩味与其肌球蛋白重链的含量相关<sup>[25]</sup>,在非还原电泳时肉糜的凝胶条带更纤细的涩味较少。

#### 3.2 基于不同产地中华绒螯蟹样本蟹肉部分滋味值的产地判别

随着时代的发展和科技进步,以及对原产地水产品保护意识的进一步增强,各种判别技术层出不穷,其中已有很多技术可以达到很好的判别效果。Luo 等<sup>[26]</sup>综合了稳定同位素比和矿物质元素两种分析技术,建立了包含阳澄湖样本在内的中华绒螯蟹产地判别模型,判别准确率高达 99.4%。从研究结果来看,阳澄湖样本呈现出最高的 N 稳定同位素比值;石臼湖产大闸蟹的钙(Ca)、铜(Cu)、铝(Al)含量分别是阳澄湖产大闸蟹的 1.74、1.73、1.58 倍<sup>[26-27]</sup>;运用形态学地标法对阳澄湖、长江口崇明等水域中华绒螯蟹进行产地区分,发现不同产地环境亦可导致背甲的形态出现差异,以背甲为对象的形态地标点法分析亦是判别不同产地中华绒螯蟹的有效方法<sup>[28]</sup>。

本研究对 5 个不同产地中华绒螯蟹蟹肉样本的味觉特征值进行判别分析,结果表明,阳澄湖样本主要集中在函数 1 的负值、函数 2 的正值区域,各地样本没有重叠现象,初始验证的判别正确率为

100%，经交互验证后的平均判别准确率为 86.7%。相比于养殖方式的差异，产地因素对中华绒螯蟹的滋味品质影响更大<sup>[29-30]</sup>。同为湖泊围网养殖的阳澄湖和石臼湖大闸蟹，其涩、苦、咸等滋味在电子舌检测时的响应值明显不同，特别是涩味的差异值达到 7.57；同样，野生的长江崇明水域和无为样本，其咸、苦、涩等滋味的差异值亦达 2 以上。因此，虽然各地理群中华绒螯蟹在外形上都极其相似，由于产地环境、营养状况、食物来源等方面的不同，使得其成熟后的滋味物质差异明显，具有有效区别不同产地中华绒螯蟹滋味特征差异性的潜力。

#### 4 结论

总之，中华绒螯蟹的滋味构成复杂，除核心呈味成分谷氨酸、精氨酸、呈味核苷酸(AMP、IMP)、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 外，还包括辅助呈味成分如  $\text{K}^+$ 、 $\text{PO}_4^{2-}$ ，且不同类别的化合物之间存在协同效应<sup>[31]</sup>。本研究中所使用的 SA402B 型味觉分析系统，通过模拟人的味觉识别系统，实现了对酸、苦、咸、鲜 4 种基本味和涩味等的量化评价，可以较准确地描绘中华绒螯蟹的滋味轮廓，滋味强度值具有区分产地滋味特征差异性的潜力，适合作为快速评定中华绒螯蟹滋味特征的技术手段。

#### 参考文献

- [1] 李思发, 蔡完其, 邹曙明, 等. 阳澄湖中华绒螯蟹品质分析[J]. 中国水产科学, 2000, 7(3):71-74. DOI: 10.3321/j.issn:1005-8737.2000.03.016.
- [2] 堵南山. 中华绒螯蟹的同属种类及其英文名称[J]. 水产科技情报, 1998, 25(3):108-109.
- [3] 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[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018, 24-34.
- [4] 周刚, 周军. 我国河蟹产业现状及可持续发展对策[J]. 中国水产, 2011(2): 11-12. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6681.2011.02.005.
- [5] 杨健, 2014. 渔业产地环境安全问题需要高度关注[J]. 中国渔业质量与标准 4 (2) : 1-4.
- [6] 赵鉴, 苏彦平, 刘洪波, 等. 不同/相同水系中华绒螯蟹元素“指纹”的产地差异性[J]. 核农学报, 2014, 28(7) : 1253-1260. DOI: 10.11869/j.issn.100-8551.2014.07.1253.
- [7] 贺诗水, 王远江, 薛雨, 等. 微山湖和阳澄湖养殖中华绒螯蟹品质比较[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(3): 152-156. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6521.2019.03.027.
- [8] 都甲 洁. 舌尖上的味道分析[M]. 北京: 中国质检出版社, 中国标准出版社, 2013, 1-6, 38-44.
- [9] HA D, SUN Q Y, SU K Q, et al. Recent achievements in electronic tongue and bioelectronic tongue as taste sensors[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2015, 207: 1136-1146. DOI:10.1016/j.snb.2014.09.077
- [10] 邓亚军, 刘登勇, 郭晨, 等. 红烧肉咀嚼过程中咸味和鲜味的释放规律[J]. 食品科学, 2017, 38(18): 87-93. DOI: CNKI:SUN:SPKX.0.2017-18-013.
- [11] PATTARAPON P, ZHANG M, BHANDARI B, et al. Effect of vacuum storage on the freshness of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillet based on normal and electronic sensory measurement[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2018, 42(2):e13418. DOI: 10.1111/jfpp.13418.
- [12] LIU D Y, LI S J, WANG N, et al. Evolution of taste compounds of Dezhou-braised chicken during cooking evaluated by chemical analysis and an electronic tongue system[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(5):1-7. DOI: 10.1111/1750-3841.13693
- [13] SASAKI K, TANI F, SATO K, et al. Analysis of pork extracts by taste sensing system and the relationship between umami substances and sensor output[J]. Sensors and Materials, 2005, 17(7): 397-404.
- [14] PHAT C, MOON B, LEE C. Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system[J]. Food Chemistry, 2016, 192: 1068-1077. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.07.113.
- [15] YAMAGUCHI S. Basic properties of umami and effects on humans[J]. Physiology and Behavior, 1991, 49(5):833-841. DOI: 10.1016/0031-9384(91)90192-Q.
- [16] NELSON G, CHANDRASHEKAR J, HOON M A, et al. An amino-acid taste receptor[J]. Nature, 2002, 416(6877):199-202. DOI:



10.1038/nature726.

- [17] 庞广昌, 陈庆森, 胡志和, 等. 味觉受体及其传感器研究与应用[J]. 食品科学, 2017, 38(5): 298-308. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201705047.
- [18] KOMATA Y. Umami taste of seafoods[J]. Food Reviews International. 1990, 6(4): 457-487. DOI: 10.1080/87559129009540887.
- [19] 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. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.01.042.
- [20] FUKU S, KONOSU S. Taste-active components in some foods: a review of Japanese research[J]. Physiology and behavior.1991, 49:863-868. DOI: 10.1016/0031-9384(91)90195-T.
- [21] CHEN D W, ZHANG M, SHRESTHA S. Compositional characteristics and nutritional quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Food Chemistry, 2007, 103(4):1343-1349. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.10.047.
- [22] KANI Y, YOSHIKAWA N, OKADA S, 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. DOI: 10.1016/j.foodres.2008.01.001.
- [23] 曹荣, 赵玲, 王联珠, 等. 基于电子舌技术分析不同采收期紫菜的滋味特征[J]. 渔业科学进展, 2019, 40(1): 147-154. DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20180810001
- [24] 翁世兵, 孙恢礼. 海产鲜味物质及海产品特征滋味的研究[J]. 中国调味品, 2007, (11):21-27. DOI: 10.3969/j.issn.1000-9973.2007.11.003
- [25] PAN J F, JIA H, SHANG M J, et al. Physicochemical properties and tastes of gels from Japanese Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) surimi by different washing processes[J]. Journal of Texture Studies, 2018, 49:578-585. DOI: doi: 10.1111/jtxs.12357
- [26] 杨文斌, 苏彦平, 刘洪波, 等. 长江水系3个湖泊中华绒螯蟹形态及元素“指纹”特征[J]. 中国水产科学, 2012, 19(1):84-93. DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.00084
- [27] LUO R J, JIANG T, CHEN X B, et al. Determination of geographic origin of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) using integrated stable isotope and multi-element analyses [J]. Food Chemistry, 2019:274:1-7. DOI:10.1016/j.foodchem.2018.08.104.
- [28] 郑朝臣, 姜涛, 骆仁军, 等. 不同产地中华绒螯蟹形态差异的地标点法分析[J]. 水产学报, 2017, 41 (11):1896-1907. DOI: 10.11964/jfc.20170210715.
- [29] 张晶晶, 顾赛麒, 丁玉庭, 等. 电子舌在中华绒螯蟹产地鉴别及等级评定的应用[J]. 食品科学, 2015, 36(4) :141-146. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201504027.
- [30] SHAO L C, WANG C, HE J, et al. Meat quality of Chinese mitten crabs fattened with natural and formulated diets [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2014, 23(1): 59-72. DOI: 10.1080/10498850.2012.694583.
- [31] 付娜, 王锡昌, 陶宁萍, 等. 蒸制和煮制中华绒螯蟹 4 个部位中游离氨基酸含量差异性分析[J]. 食品科学, 2013, 34(24):178-181. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201324037.