

## 渔光一体养殖模式对中华绒螯蟹滋味品质的影响

洗才凝, 范立成, 郭学骞, 尹明雨, 王锡昌

### Effects of photovoltaic fishery breeding mode on taste quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)

XIAN Caining, FAN Licheng, GUO Xueqian, YIN Mingyu, WANG Xichang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20220103688>

#### 您可能感兴趣的其他文章

##### Articles you may be interested in

##### [饲料中植物油替代鱼油对中华绒螯蟹滋味品质的影响](#)

Effects of dietary replacement of fish oil by vegetable oil on the taste quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)

上海海洋大学学报. 2020, 29(6): 938 <https://doi.org/10.12024/jsou.20191002815>

##### [越冬暂养对雌性中华绒螯蟹的营养品质及风味的影响](#)

Effects of overwintering cultivation on nutritional quality and flavor of female *Eriocheir sinensis*

上海海洋大学学报. 2021, 30(5): 800 <https://doi.org/10.12024/jsou.20191102867>

##### [东营池塘养殖中华绒螯蟹生长性能、性腺发育及营养品质](#)

Growth performance, gonadal development and nutritional composition of adult *Eriocheir sinensis* from Dongying

上海海洋大学学报. 2020, 29(1): 17 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190502640>

##### [饲料中植物油替代鱼油对中华绒螯蟹脂肪酸组成的影响](#)

Effects of dietary replacement of fish oil by vegetable oil on fatty acid composition of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)

上海海洋大学学报. 2020, 29(4): 559 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190902790>

##### [辽河、长江水系及其杂交种中华绒螯蟹成蟹阶段养殖性能比较](#)

Comparison of culture performance of juvenile Chinese mitten crab inbred families and hybrid families derived from Liaohe River and Yangtze River

上海海洋大学学报. 2020, 29(6): 820 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190502658>

文章编号: 1674-5566(2022)05-1272-11

DOI:10.12024/jsou.20220103688

## 渔光一体养殖模式对中华绒螯蟹滋味品质的影响

洗才凝<sup>1,2,3</sup>, 范立成<sup>1,2,3</sup>, 郭学骞<sup>1,2,3</sup>, 尹明雨<sup>1,2,3</sup>, 王锡昌<sup>1,2,3</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. 农业农村部水产品贮藏保鲜质量安全风险评估实验室, 上海 201306)

**摘要:** 比较渔光一体养殖模式 (PM) 与普通池塘养殖模式 (CM) 中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 在基本营养成分、感官评价和滋味品质等方面的差异。测定了体肉中的游离氨基酸和呈味核苷酸, 计算滋味活度值 TAV 及味精当量 EUC, 并与人工感官、智能感官的评测结果关联, 对滋味品质进行综合评价。结果表明, PM 组雌蟹体肉中粗蛋白、粗脂肪显著高于 CM 组 ( $P < 0.05$ ), 雄蟹则无差异; PM 组雌蟹体肉具有较强的鲜味、甜味强度, CM 组雄蟹体肉具有较强的咸味、鲜味强度; PM 组的总游离氨基酸、甜味游离氨基酸含量显著高于 CM 组 ( $P < 0.05$ ); PM 组中华绒螯蟹体肉中味精当量均大于 CM 组。渔光一体养殖模式能使中华绒螯蟹体肉具有更好的营养及鲜甜滋味。

**关键词:** 中华绒螯蟹; 养殖模式; 滋味物质; 感官评价

**中图分类号:** TS 254.1      **文献标志码:** A

中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*), 又名清水蟹、大闸蟹、河蟹, 在我国水产养殖中占有重要的地位。2020 年我国养殖的中华绒螯蟹产量达 77.6 万 t<sup>[1]</sup>。中华绒螯蟹因其鲜美的口感、独特的香气和营养品质而广受消费者的喜爱<sup>[2]</sup>。渔光一体养殖模式是一种有别于传统池塘养殖的新兴水产养殖模式。渔光一体养殖模式将传统光伏发电和池塘养殖相结合, 利用池塘养殖水面上的空间, 架设光伏电缆, 有效利用立体空间的概念, 大幅提高了土地资源利用率, 得到光伏发电而产生的经济效益<sup>[3-4]</sup>。

在不同养殖模式下, 水体温度、pH、盐度以及溶解氧等因素都会随之发生改变, 以至于对中华绒螯蟹营养品质造成不同的差异<sup>[2,5-7]</sup>。研究<sup>[3,8]</sup>表明, 渔光一体养殖模式有效减弱了池塘的光照强度, 使养殖水体的理化性质发生改变。7—8 月, 水体温度高于 30 °C, 会导致中华绒螯蟹的摄食能力和活动能力明显下降, 从而对中华绒螯蟹的营养品质造成影响, 最适合中华绒螯蟹生长的水温一般为 22 ~ 28 °C<sup>[9]</sup>, 而渔光一体养殖模式

能有效降低水体温度, 有利于中华绒螯蟹的生长发育<sup>[10-11]</sup>。现有研究<sup>[3,8,12-13]</sup> 主要集中于探讨渔光一体养殖模式对水体环境及中华绒螯蟹生长状况的影响, 对其营养品质研究相对较少。

本研究探讨了渔光一体养殖模式与普通池塘养殖模式对中华绒螯蟹营养成分和滋味品质的影响。选取中华绒螯蟹体肉进行基本营养成分、人工感官、电子舌、游离氨基酸及呈味核苷酸的测定, 对两种养殖模式的中华绒螯蟹体肉食用品质进行综合评价, 以期优化中华绒螯蟹绿色养殖提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料与仪器

2020 年 11 月从江苏南京通威省级精品渔产业园渔光一体养殖模式 (photovoltaic fishery breeding mode, PM) 和普通池塘养殖模式 (common pond breeding mode, CM) 采集雄蟹 (以下简称 PMM、CMM) 和雌蟹 (以下简称 PFM、CFM) 各 30 只, 各抽取 3 个池塘, 混匀后取样, 中

收稿日期: 2022-01-17      修回日期: 2022-03-10

基金项目: 上海市现代农业产业技术体系 (沪农科产字 [2021] 第 4 号)

作者简介: 洗才凝 (1996—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品营养与品质评价。E-mail: 245111252@qq.com

通信作者: 王锡昌, E-mail: xcwang@shou.edu.cn

中华绒螯蟹均为同种蟹苗,养殖周期均为 4—11 月,饲喂同种饲料。中华绒螯蟹捕捞后立即用稻草捆绑降低耗能,放置于低温泡沫箱中立即运回实验室。

主要仪器设备:全自动凯氏定氮仪(丹麦 FOSS, Kjeltac 8400);索氏抽提仪(丹麦 FOSS, Soxtec);马弗炉(上海精宏, SXL-1002);电子舌(法国 Alpha MOS, ASTREE);氨基酸全自动分析仪(日本 Hitachi, L-8800);高效液相色谱仪(美国 Waters, W2690/5)。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 样品制备

将不同养殖模式的中华绒螯蟹从箱中取出,用清水洗净中华绒螯蟹表面,再用纸将水分吸干,用电子天平称取体质量(精确到 0.1 g),用游标卡尺测量壳长(精确到 0.1 mm),根据公式(1)计算中华绒螯蟹的肥满度。解剖时,去除蟹足、蟹钳、蟹壳和内脏,将体肉剥下装入塑封袋中放置于 -40 ℃ 冰箱待后续指标测定。

$$K = W/L^3 \quad (1)$$

式中: $K$  为肥满度,  $g/mm^3$ ;  $W$  为体质量,  $g$ ;  $L$  为壳长,  $mm$ 。

### 1.2.2 基本营养成分测定

水分采用 GB 5009. 3—2016《食品中水分的测定》直接干燥法;粗蛋白采用 GB 5009. 5—2016《食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法;粗脂肪采用 GB 5009. 6—2016《食品中脂肪的测定》索氏提取法;灰分采用 GB 5009. 4—2016《食品中灰分的测定》高温灼烧法。

### 1.2.3 人工感官评价

参照从娇娇等<sup>[14-15]</sup>的方法,选取 10 名(5 男 5 女)经验丰富的感官评定人员,对中华绒螯蟹鲜味、甜味、苦味及咸味 4 个呈味特征进行感官评定。评分为 5 分制,0 = 不存在;1 = 很弱;2 = 弱;3 = 中等;4 = 强;5 = 很强。

### 1.2.4 电子舌感官评价

结合张晶晶等<sup>[16]</sup>和张家奇等<sup>[17]</sup>的方法稍加改动。称取体肉熟样 2.00 g(精确到 0.000 1 g)于离心管中,加入 30 mL 超纯水,匀浆 30 s × 3 次,冰浴条件超声 5 min,放置于 4 ℃ 冰箱中静置 30 min 后离心(12 000 r/min, 15 min, 4 ℃),取上清液过滤,沉淀重复以上步骤,两次滤液合并后定容至 100 mL,取 5 mL 至电子舌专用进样杯中,

加入超纯水定容至 80 mL,室温条件下进行上机测定。每个样品的数据以 1 s 一个数据采集时间为 120 s,选取 7 根传感器上第 120 秒的响应值作为电子舌的原始数据进行后续分析。

### 1.2.5 游离氨基酸测定

称取体肉熟样 1.000 0 g 于离心管中,加入 15 mL 5% 的三氯乙酸溶液,匀浆 30 s × 3 次,冰浴条件下超声 15 min,在 4 ℃ 冰箱中静置 2 h 离心(10 000 r/min, 10 min, 4 ℃),取 5 mL 上清液,将 pH 调至 2.00 ± 0.02 后定容至 25 mL,充分摇匀,0.22 μm 水相滤膜打入进样瓶后用氨基酸全自动分析进行测定分析。

### 1.2.6 呈味核苷酸测定

称取体肉熟样 4.00 g(精确到 0.000 1 g)于离心管中,加 10 mL 10% 的高氯酸溶液(PCA),匀浆 30 s × 3 次,冰浴条件下进行超声 5 min,离心(10 000 r/min, 15 min, 4 ℃)后收集上清液,将沉淀用 5 mL 5% 的 PCA 混匀后重复以上步骤,合并 2 次上清液后将 pH 调至 5.80 ± 0.02,放于 4 ℃ 冰箱中静置 30 min,取上清液定容至 50 mL,摇匀,用 0.22 μm 水相滤膜打入进样瓶后上机测定。

HPLC 条件:250 mm × 4.6 mm, 5 μm 的 GL-Inertsil ODS-3 色谱柱;柱温 30 ℃;流速 1 mL/min;进样量 10 μL;紫外检测器检测波长:245 nm。流动相 A 为甲醇,B 为 pH 5.8 的 0.02 mol/L 磷酸氢二钾与磷酸二氢钾的混合溶液。

### 1.2.7 滋味活度值(TAV)及味精当量(EUC)

滋味物质的滋味活度值(Taste Activity Value, TAV)<sup>[18]</sup>的计算公式:

$$T_{AV} = C/T \quad (2)$$

式中: $T_{AV}$  为滋味活度值; $C$  为滋味物质的绝对浓度值,  $mg/100 g$ ;  $T$  为滋味物质的阈值,  $mg/100 g$ 。

味精当量(equivalent umami concentration, EUC)<sup>[19]</sup>的计算公式:

$$E_{UC} = \sum a_i b_i + 1218 (\sum a_i b_i) (\sum a_j b_j) \quad (3)$$

式中: $E_{UC}$  为味精当量,  $g \text{ MSG} / 100 g$ ;  $a_i$  为鲜味氨基酸[谷氨酸(Glutamic acid, Glu)、天冬氨酸(Aspartate, Asp)]的含量,  $g / 100 g$ ;  $b_i$  为鲜味氨基酸相对于 MSG 的相对鲜度系数(其中 Glu 为 1, Asp 为 0.077);  $a_j$  为呈味核苷酸[5'-腺苷酸(5'-Adenylic Acid, AMP)、5'-鸟苷酸(5'-Guanylic Acid, GMP)、5'-肌苷酸(5'-Inosinic Acid, IMP)]

的含量,  $g/100\text{ g}$ ;  $b_j$  为呈味核苷酸相对于 IMP 的相对鲜度系数(其中 IMP 为 1, GMP 为 2.3, AMP 为 0.18); 1 218 为协同作用系数。

### 1.3 数据处理

本实验所有数据使用 SPSS 20.0 软件进行统计分析, 结果均以平均值  $\pm$  标准偏差 (Mean  $\pm$  SD,  $n=3$ ) 表示, 采用 ANOVA 分析, 数据进行正态分布检验, 符合正态分布的多重比较采用 Duncan's 法, 不符合正态分布的用 Kruskal-Wallis 检验, 差异显著性为  $P < 0.05$ 。主成分分析使用电子舌仪器自带 Alpha M. O. S. 软件进行相关统计学分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 基本营养成分分析

#### 2.1.1 生长性状

由表 1 可知: PM 组的平均质量为雄蟹 ( $157.17 \pm 8.75$ ) g、雌蟹 ( $134.31 \pm 11.96$ ) g, CM 组的平均质量为雄蟹 ( $155.87 \pm 10.65$ ) g、雌蟹 ( $133.71 \pm 10.02$ ) g, PM 组的中华绒螯蟹平均质量都比 CM 组的高, 但无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。不同性别的中华绒螯蟹肥满度具有显著性差异

( $P < 0.05$ ), 但在两种养殖模式中同种性别的河蟹之间并无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

#### 2.1.2 基本营养成分

PMM 的水分含量 ( $80.47\% \pm 0.72\%$ ) 显著高于 CMM ( $78.89\% \pm 0.25\%$ ) ( $P < 0.05$ ), 粗蛋白、粗脂肪及灰分在雄蟹中无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。PFM 的粗蛋白及粗脂肪含量显著高于 CFM ( $P < 0.05$ ), 水分和灰分在雌蟹中无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。见表 1。

### 2.2 感官评价分析

由图 1 可知: 两组体肉的感官滋味体现为强的甜味 (3.7~4.6) 及较强鲜味 (2.9~3.3)、咸味 (2.6~3.3), 苦味最弱 (0.4~0.9)。在雌蟹中, PMM 的苦味强度为 0.4, 低于 CFM (0.7), 鲜味、甜味和咸味则无差异。在雄蟹中, 两种养殖模式的差异主要体现在咸味, PMM 的咸味强度为 3.3, CMM 的咸味强度为 2.6, 但在鲜味和甜味强度上, PMM 比 CMM 要更高。感官评价结果分析表明, 渔光一体的雌蟹滋味比普通池塘养殖模式的强度更高, 而雄蟹则是普通池塘养殖模式的强度更高。

表 1 两种养殖模式下中华绒螯蟹的生长性状及基本营养成分

Tab. 1 Tissue indices and proximate composition in meat of *Eriocheir sinensis* in two breeding modes

项目 Item	PFM	CFM	PMM	CMM
生长性状 Tissue indices				
平均质量 Average mass/g	$157.17 \pm 8.75$	$155.87 \pm 10.65$	$134.31 \pm 11.96$	$133.71 \pm 10.02$
肥满度 K	$0.64 \pm 0.01^a$	$0.66 \pm 0.03^a$	$0.54 \pm 0.02^b$	$0.53 \pm 0.01^b$
成分 Composition/%				
水分 Moisture	$80.47 \pm 0.72^a$	$78.89 \pm 0.25^b$	$79.27 \pm 0.30^b$	$78.60 \pm 0.07^b$
粗蛋白 Crude protein	$16.72 \pm 0.13^d$	$16.52 \pm 0.12^c$	$17.86 \pm 0.28^a$	$17.05 \pm 0.54^b$
粗脂肪 Crude fat	$0.32 \pm 0.02^b$	$0.56 \pm 0.04^b$	$1.63 \pm 0.06^a$	$1.35 \pm 0.09^b$
灰分 Ash	$1.53 \pm 0.09^a$	$1.48 \pm 0.03^{ab}$	$1.32 \pm 0.04^c$	$1.38 \pm 0.06^{bc}$

注: 同行数据的不同字母表示具有显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 未标注表示没有显著差异。PFM. 渔光一体养殖模式雌蟹体肉; CFM. 普通池塘养殖模式雌蟹体肉; PMM. 渔光一体养殖模式雄蟹体肉; CMM. 普通池塘养殖模式雄蟹体肉。

Notes: Different letters in the same row indicate significant difference ( $P < 0.05$ ), while no label indicates no significant difference. PFM. the meat of female crab in photovoltaic fishery breeding mode; CFM. the meat of female crab in common pond breeding mode; PMM. the meat of male crab in photovoltaic fishery breeding mode; CMM. the meat of male crab in common pond breeding mode.

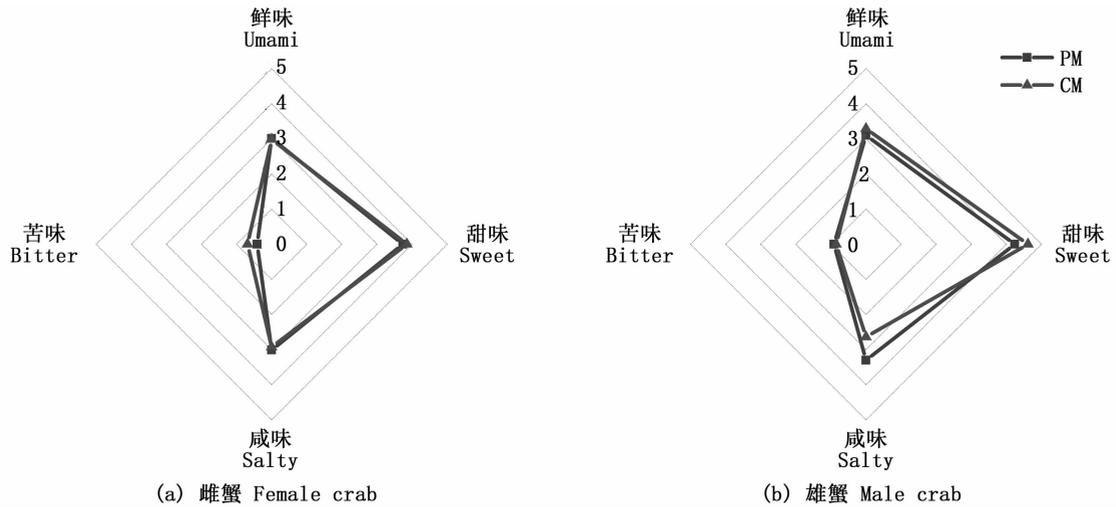
### 2.3 滋味轮廓分析

电子舌通过记录各传感器的电压值表达响应信号<sup>[18]</sup>, 从而对样品整体滋味轮廓进行描述。本研究选取 7 根传感器第 120 秒的响应值作为电子舌的原始数据。图 2 为两种养殖模式中华绒螯蟹体肉的滋味轮廓 PCA 图, 第一主成分 (PC1)

与第二主成分 (PC2) 之和越大, 表示样本整体差异性信息遗失得越少<sup>[16, 20]</sup>, 其中雌蟹和雄蟹的第一主成分 (PC1) 与第二主成分 (PC2) 的贡献率之和分别为 97.204% 和 99.777%, 均高于 97.000%。判别指数 (Discrimination index, DI) 体现了不同类别的样品滋味轮廓区分度, DI 值为

50 ~ 100 时,表示区分有效,并且数值越大表明不同类别样品的区分越明显<sup>[16]</sup>,两种养殖模式的中华绒螯蟹的 DI 值均大于 90,表明两种养殖模式对体肉整体滋味轮廓的影响很大,雌蟹体肉区分度高达 99。由图 2 可以看出,两种养殖模式的数

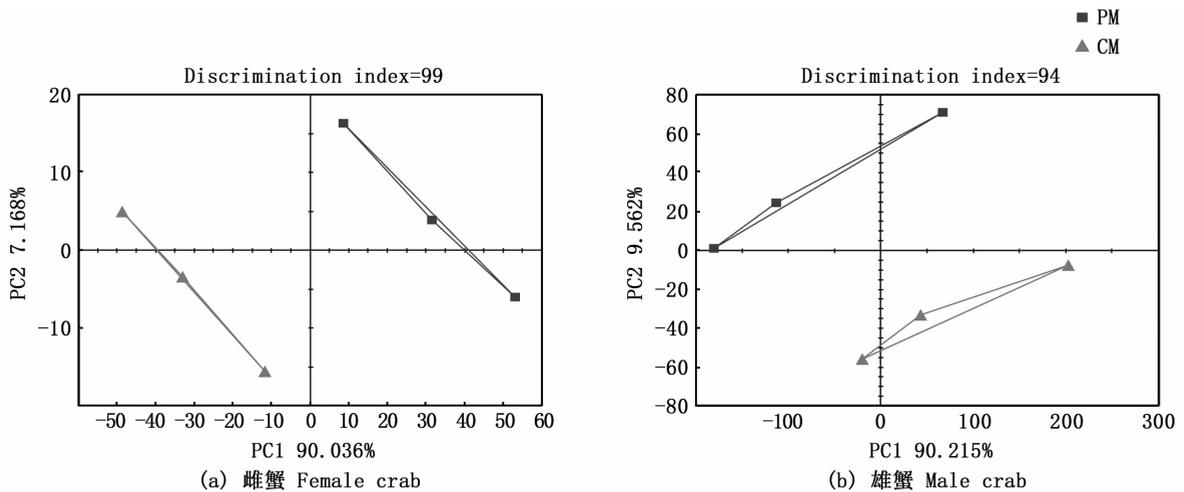
据采集点均能被电子舌较好区分。雄蟹体肉的差异主要在 PC2 上,雌蟹体肉的差异主要在 PC1 上,PC1 的贡献率大于 PC2,说明两种养殖模式的雌蟹体肉在滋味轮廓上的区别更大。



PM. 渔光一体养殖模式; CM. 普通池塘养殖模式。  
PM. photovoltaic fishery breeding mode; CM. common pond breeding mode.

图 1 两种养殖模式下中华绒螯蟹体肉的滋味感官雷达图

Fig. 1 Radar chart for meat of sensory taste evaluation in body meat of *Eriocheir sinensis* in two breeding modes



PM. 渔光一体养殖模式; CM. 普通池塘养殖模式。  
PM. photovoltaic fishery breeding mode; CM. common pond breeding mode.

图 2 两种养殖模式下中华绒螯蟹体肉滋味轮廓 PCA 图

Fig. 2 Principal component analysis (PCA) plot by electronic tongue in body meat of *Eriocheir sinensis* in two breeding modes

### 2.4 游离氨基酸含量及 TAV 分析

游离氨基酸 (free amino acid, FAA) 是蟹类等甲壳类水产品的主要呈味物质,其组成和含量的不同会导致食物鲜美程度有很大的区别<sup>[6, 21-22]</sup>。由表 2 可知:无论是雌蟹或雄蟹,PM 组的总游离氨基酸含量均比 CM 组的高 ( $P <$

0.05)。体肉中主要的 FAAs 为甘氨酸 Gly、丙氨酸 Ala、精氨酸 Arg、脯氨酸 Pro, 占总 FAAs 的 90% 左右,说明这 4 种 FAAs 对蟹肉风味形成起着至关重要的作用,且这 4 种 FAAs 在 PM 组的含量显著比 CM 组高 ( $P < 0.05$ )。Gly 是一种重要的甜味氨基酸,对虾、蟹等水产品的鲜甜味有重

要的影响,它能提供香甜味、减少苦味、拮抗腥味<sup>[23]</sup>,PM组中含有较多的Gly,在一定程度上减弱了体肉的苦味,这与人工感官结果一致。呈鲜味FAAs为天冬氨酸Asp和谷氨酸Glu,这两种

FAAs能与呈味核苷酸产生协同作用,提升水产品的鲜味<sup>[24]</sup>,PFM的Asp、Glu含量均显著高于CFM ( $P < 0.05$ )。

表2 两种养殖模式下中华绒螯蟹体肉的游离氨基酸含量

Tab.2 Composition and content of free amino acids in body meat of *Eriocheir sinensis* in two breeding modes

游离氨基酸 Free amino acids	滋味贡献 Taste contribution	含量 Contents/(mg/100g)			
		PFM	CFM	PMM	CMM
天冬氨酸 Asp	鲜/酸 (+)	10.74 ± 0.89 <sup>A</sup>	7.78 ± 0.18 <sup>B</sup>	6.32 ± 0.48 <sup>a</sup>	12.39 ± 0.90 <sup>b</sup>
丝氨酸 Ser	甜 (+)	26.56 ± 0.98	26.22 ± 0.68	29.18 ± 1.95 <sup>a</sup>	18.55 ± 0.76 <sup>b</sup>
谷氨酸 Glu	鲜/酸 (+)	75.86 ± 3.56 <sup>A</sup>	66.95 ± 3.64 <sup>B</sup>	83.63 ± 1.30 <sup>a</sup>	87.76 ± 1.32 <sup>b</sup>
甘氨酸 Gly	甜 (+)	606.85 ± 11.49 <sup>A</sup>	532.22 ± 14.76 <sup>B</sup>	773.53 ± 12.84 <sup>a</sup>	714.74 ± 12.05 <sup>b</sup>
丙氨酸 Ala	甜 (+)	660.51 ± 17.96 <sup>A</sup>	600.52 ± 11.89 <sup>B</sup>	687.29 ± 15.54	692.76 ± 11.84
半胱氨酸 Cys	苦/甜/硫 (-)	10.48 ± 0.12 <sup>A</sup>	11.36 ± 0.17 <sup>B</sup>	10.52 ± 0.96	11.33 ± 0.97
缬氨酸 Val	甜/苦 (-)	25.89 ± 0.90	26.16 ± 0.74	18.48 ± 0.76	17.51 ± 0.66
甲硫氨酸 Met	苦/甜/硫 (-)	31.37 ± 0.94 <sup>A</sup>	26.11 ± 0.59 <sup>B</sup>	12.87 ± 0.82 <sup>a</sup>	10.42 ± 0.53 <sup>b</sup>
异亮氨酸 Ile	苦 (-)	12.00 ± 0.03 <sup>A</sup>	11.83 ± 0.01 <sup>B</sup>	5.61 ± 0.55	4.91 ± 0.70
亮氨酸 Leu	苦 (-)	22.30 ± 0.18 <sup>A</sup>	28.01 ± 0.27 <sup>B</sup>	15.34 ± 0.95 <sup>a</sup>	14.00 ± 0.05 <sup>b</sup>
酪氨酸 Tyr	苦 (-)	15.83 ± 0.51	15.23 ± 0.64	11.82 ± 0.05 <sup>a</sup>	8.47 ± 0.97 <sup>b</sup>
苯丙氨酸 Phe	苦 (-)	11.17 ± 0.13 <sup>A</sup>	12.40 ± 0.21 <sup>B</sup>	5.63 ± 0.33 <sup>a</sup>	4.05 ± 0.71 <sup>b</sup>
赖氨酸 Lys	甜/苦 (-)	58.74 ± 1.49 <sup>A</sup>	76.92 ± 4.54 <sup>B</sup>	39.16 ± 1.62 <sup>a</sup>	46.05 ± 0.54 <sup>b</sup>
组氨酸 His	苦 (-)	39.12 ± 1.99	37.25 ± 1.71	23.13 ± 1.37 <sup>a</sup>	17.82 ± 0.18 <sup>b</sup>
精氨酸 Arg	苦/甜 (+)	677.41 ± 17.46 <sup>A</sup>	610.79 ± 21.12 <sup>B</sup>	710.09 ± 17.60 <sup>a</sup>	620.16 ± 12.70 <sup>b</sup>
脯氨酸 Pro	甜/苦 (+)	470.60 ± 13.34	480.50 ± 19.72	392.00 ± 3.11 <sup>a</sup>	331.72 ± 7.83 <sup>b</sup>
合计 Total		2755.43 ± 71.97 <sup>A</sup>	2570.25 ± 80.87 <sup>B</sup>	2824.93 ± 60.23 <sup>a</sup>	2612.64 ± 52.71 <sup>b</sup>

注:同行数据的不同大小写字母表示具有显著性差异 ( $P < 0.05$ ),未标注表示没有显著差异。PFM. 渔光一体养殖模式雌蟹体肉; CFM. 普通池塘养殖模式雌蟹体肉; PMM. 渔光一体养殖模式雄蟹体肉; CMM. 普通池塘养殖模式雄蟹体肉。(+)、(-)分别表示该物质对滋味有好的贡献和不好的贡献。

Notes: Different letters in the same row indicate significant difference ( $P < 0.05$ ), while no label indicates no significant difference. PFM. the meat of female crab in photovoltaic fishery breeding mode; CFM. the meat of female crab in common pond breeding mode; PMM. the meat of male crab in photovoltaic fishery breeding mode; CMM. the meat of male crab in common pond breeding mode. (+) and (-) indicate the substance has a good and bad contribution to taste respectively.

图3为两种养殖模式下中华绒螯蟹体肉总游离氨基酸(包括测检出的16种游离氨基酸)以及鲜味游离氨基酸(以天冬氨酸和谷氨酸计)、甜味游离氨基酸(以丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、精氨酸和脯氨酸计)和苦味游离氨基酸(以缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸和组氨酸计)的含量<sup>[21]</sup>。结果表明,在中华绒螯蟹体肉中甜味FAAs含量最多,鲜味FAAs含量最少,甜味FAAs在体肉中含量占总游离氨基酸的88%~92%,且其阈值较低(0.50~3.00 mg/g),所以对滋味贡献最大<sup>[21]</sup>。PMM的鲜味FAAs含量显著低于CMM ( $P < 0.05$ )。甜味FAAs及总FAAs也是PM组显著高于CM组 ( $P < 0.05$ ),说明渔光一体养殖模式使中华绒螯蟹具有更好的鲜甜滋味,降低苦味,这与上述感官评价的结果一致。

表3为两种养殖模式下中华绒螯蟹体肉游离氨基酸的TAV值,当TAV > 1时,表明该物质

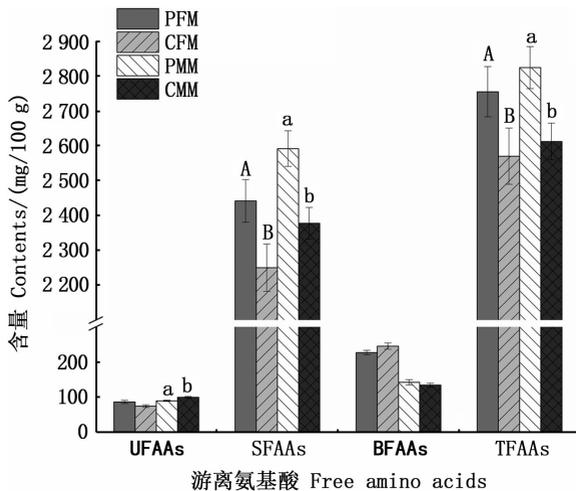
对整体滋味具有较大的贡献<sup>[25]</sup>。PFM中TAV > 1的FAAs有Glu、Gly、Ala、Met、Lys、Arg、His及Pro,其中PFM的Glu、Gly、Ala、His和Arg的TAV高于CFM。PMM中TAV > 1的FAAs有Glu、Gly、Ala、His、Arg、Pro,其中PMM组Gly、His、Arg和Pro的TAV高于CMM。因为Gly能够减少苦味且其甜味会被Glu和Ala抑制<sup>[26]</sup>,因此这几种游离氨基酸对PFM中鲜味和苦味特征的贡献更显著。在苦味氨基酸中,Arg的TAV最高,其中PM组Arg的TAV大于CM组,虽然Arg的呈味特征表现为苦味,但大量研究表明,Arg对中华绒螯蟹滋味贡献较大<sup>[27]</sup>,所以其对整体滋味表现为极正相关<sup>[28]</sup>。另外据研究<sup>[29]</sup>表明,也是苦味氨基酸的His可以增强水产品的风味,使水产品“肉香”特征更明显。因此虽然Arg和His对体肉的苦味特征有显著影响,但这几种氨基酸共同对体肉鲜甜滋味有所贡献。

表3 两种养殖模式下中华绒螯蟹体肉游离氨基酸的滋味活度值  
**Tab.3 Threshold and taste activity value of free amino acids in body meat of *Eriocheir sinensis* cultured in two breeding modes**

游离氨基酸 Free amino acids	阈值 Threshold/(mg/g)	TAV			
		PFM	CFM	PMM	CMM
天冬氨酸 Asp	1.00	0.11	0.08	0.06	0.12
丝氨酸 Ser	1.50	0.18	0.17	0.19	0.12
谷氨酸 Glu	0.30	2.53	2.23	2.79	2.93
甘氨酸 Gly	1.30	4.67	4.09	5.95	5.50
丙氨酸 Ala	0.60	11.01	10.01	11.45	11.55
半胱氨酸 Cys	0.40	0.26	0.28	0.26	0.28
缬氨酸 Val	N. A.	-	-	-	-
甲硫氨酸 Met	0.30	1.05	0.87	0.43	0.35
异亮氨酸 Ile	0.90	0.13	0.13	0.06	0.05
亮氨酸 Leu	1.90	0.12	0.15	0.08	0.07
酪氨酸 Tyr	N. A.	-	-	-	-
苯丙氨酸 Phe	0.90	0.12	0.14	0.06	0.05
赖氨酸 Lys	0.50	1.17	1.54	0.78	0.92
组氨酸 His	0.20	1.96	1.86	1.16	0.89
精氨酸 Arg	0.50	13.55	12.22	14.20	12.40
脯氨酸 Pro	3.00	1.57	1.60	1.31	1.11

注: N. A. 表示未查询到; “-”表示无。PFM. 渔光一体养殖模式雌蟹体肉; CFM. 普通池塘养殖模式雌蟹体肉; PMM. 渔光一体养殖模式雄蟹体肉; CMM. 普通池塘养殖模式雄蟹体肉。

Notes: N. A. indicates not acquired; “-” indicates none. PFM. the meat of female crab in photovoltaic fishery breeding mode; CFM. the meat of female crab in common pond breeding mode; PMM. the meat of male crab in photovoltaic fishery breeding mode; CMM. the meat of male crab in common pond breeding mode.



不同大小写字母表示两组之间具有显著差异 ( $P < 0.05$ )。PFM. 渔光一体养殖模式雌蟹体肉; CFM. 普通池塘养殖模式雌蟹体肉; PMM. 渔光一体养殖模式雄蟹体肉; CMM. 普通池塘养殖模式雄蟹体肉。

Different upper and lower case letters indicate significant difference between the two groups ( $P < 0.05$ ). PFM. the meat of female crab in photovoltaic fishery breeding mode; CFM. the meat of female crab in common pond breeding mode; PMM. the meat of male crab in photovoltaic fishery breeding mode; CMM. the meat of male crab in common pond breeding mode.

图3 两种养殖模式下中华绒螯蟹体肉鲜味、甜味、苦味游离氨基酸和总游离氨基酸的含量

Fig.3 Amount of umami, sweet, bitter free amino acids and total free amino acids in body meat of *Eriocheir sinensis* in two breeding modes

## 2.5 呈味核苷酸、TAV 及 EUC 分析

蟹类等水产品中含有一些天然的核苷酸,这些核苷酸是生物体内的低分子化合物之一,具有许多特殊生理功能<sup>[30]</sup>,其中的呈味核苷酸主要表现为呈鲜味的 5'-腺苷酸 (AMP)、5'-肌苷酸 (IMP) 和 5'-鸟苷酸 (GMP),以及呈苦味的肌苷 (HxR) 和次黄嘌呤 (Hx)<sup>[19]</sup>。

从表4可知,中华绒螯蟹体肉中的呈味核苷酸总含量为  $(115.12 \pm 5.01) \sim (130.51 \pm 8.10)$  mg/100 g,两种养殖模式并无显著性差异 ( $P > 0.05$ ),3种呈味核苷酸中含量最高的是 AMP (占总呈味核苷酸的90%以上),GMP的含量最少。AMP可以抑制蟹肉的苦味,增强甜味、咸味,还能与IMP相结合,提高水产品的鲜味强度<sup>[31-32]</sup>。此外,水产品的鲜美程度与AMP的浓度高低密切相关,当AMP的含量低于100 mg/100 g时,水产品呈甜味,但含量大于100 mg/100 g时,鲜味更明显而甜味减弱<sup>[33]</sup>。两种养殖模式的中华绒螯蟹体肉中AMP的浓度均小于100 mg/100 g,说明其呈味滋味表现为甜味增强而鲜味减弱。在雌蟹体肉中,AMP和IMP含量在两种养殖模式下并无显著差异 ( $P > 0.05$ ),PFM的GMP含量显著高于CFM组 ( $P < 0.05$ )。在雄蟹体肉中,除

AMP 外, PMM 的 IMP 和 GMP 含量显著高于 CMM ( $P < 0.05$ )。

就 TAV 而言, AMP 的 TAV 均大于 1, 且 PM 组的 TAV 大于 CM 组, 说明 AMP 对 PM 组的鲜味贡献最大。雄蟹 IMP 中, PMM 的 TAV 为 1.33, 而 CMM 的为 0.70, 表明 PMM 具有更好的鲜甜味。

EUC 表示鲜味氨基酸与呈味核苷酸混合物协同作用所产生的鲜味强度相当于多少浓度的

单一味精 (MSG) 所产生的鲜味强度<sup>[34]</sup>。结果显示, 雌蟹和雄蟹中 EUC 均为 PM 组大于 CM 组。味精呈味阈值为 0.03 g/100 g<sup>[35-36]</sup>, 本研究中蟹肉的鲜味分别相当于 5.31、4.66、6.76 和 5.18 g 味精产生的鲜味, 均大于 0.03 g。呈味核苷酸结果分析表明, 渔光一体养殖模式可以使中华绒螯蟹具有更好的鲜甜滋味。

表 4 两种养殖模式下中华绒螯蟹体肉的呈味核苷酸含量、TAV 和 EUC

Tab. 4 Taste nucleotides content, TAV value and EUC in body meat of *Eriocheir sinensis* in two breeding modes

呈味核苷酸 Taste nucleotides	滋味贡献 Taste contribution	阈值 Threshold/(mg/100 g)	含量 Contents/(mg/100 g)			
			PFM	CFM	PMM	CMM
AMP	鲜(+)	50.00	83.49 ± 2.60	89.44 ± 3.91	90.44 ± 7.18	98.67 ± 5.05
IMP	鲜/甜(+)	25.00	22.32 ± 1.53	20.09 ± 0.96	33.27 ± 0.90 <sup>a</sup>	17.40 ± 0.77 <sup>b</sup>
GMP	鲜(+)	12.50	11.46 ± 1.49 <sup>A</sup>	5.60 ± 0.14 <sup>B</sup>	6.80 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.19 ± 0.45 <sup>b</sup>
合计			117.27 ± 7.62	115.12 ± 5.01	130.51 ± 8.10	121.26 ± 6.27
EUC (g MSG/100 g)			5.31	4.66	6.76	5.18
	TAV(AMP)		1.67	1.79	1.81	1.97
	TAV(IMP)		0.89	0.80	1.33	0.70
	TAV(GMP)		0.92	0.45	0.54	0.41

注: 同行数据的不同大小写字母表示具有显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 未标注表示没有显著差异。PFM. 渔光一体养殖模式雌蟹体肉; CFM. 普通池塘养殖模式雌蟹体肉; PMM. 渔光一体养殖模式雄蟹体肉; CMM. 普通池塘养殖模式雄蟹体肉。

Notes: Different letters in the same row indicate significant difference ( $P < 0.05$ ), while no label indicates no significant difference. PFM: the meat of female crab in photovoltaic fishery breeding mode; CFM: the meat of female crab in common pond breeding mode; PMM: the meat of male crab in photovoltaic fishery breeding mode; CMM: the meat of male crab in common pond breeding mode.

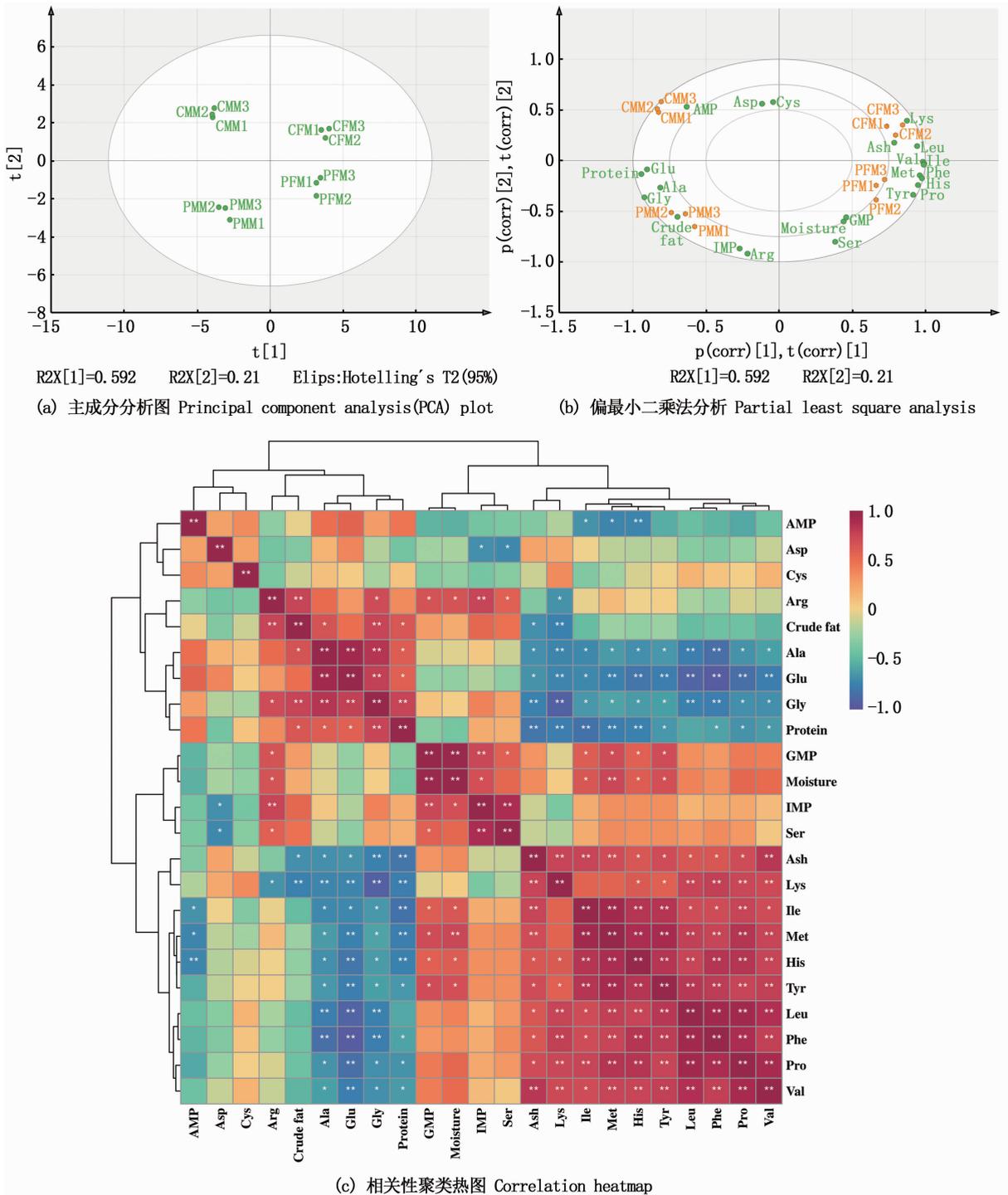
## 2.6 基本营养成分与滋味物质相关性分析

图 4a 的 PCA 结果表明, 两种养殖模式的中华绒螯蟹体肉均能区分开, 养殖模式的差异体现在 PC2 上, 而不同性别的差异则是在 PC1 上, 且雄蟹在养殖模式上的区分度大于雌蟹的区分度。图 4 b 为偏最小二乘法判别分析结果, AMP、Asp 和 Cys 分布在第二象限上, 说明位于同一象限上的样品 CMM 具有鲜味和苦味, PMM 则是与呈鲜味、甜味的 Gly、Ala、Glu、Arg、IMP 相接近。PFM 于 CFM 分布为 PC1 右侧, Val、Ile、Phe、Met 均为呈苦味的游离氨基酸, CFM 的样品表现为更明显的苦味, 这与感官结果相一致, 而 PFM 则与 GMP、Pro 相关。另外, 粗蛋白、粗脂肪与 PMM 的相关性最高, 在体肉的基本营养成分中, 粗蛋白含量是最高的, 这也是中华绒螯蟹体肉具有高含量的游离氨基酸原因。图 4 c 为聚类分析热图, 结果表明, His 与 AMP 呈极显著相关, Arg 与 IMP 也呈极显著相关, AMP 和 IMP 为呈鲜味的核苷酸, 前文提到 His 虽然是呈苦味的游离氨基酸, 但

其存在可以增加中华绒螯蟹的肉香味, 故两种物质对中华绒螯蟹呈味起到至关重要的作用。另外, GMP 与 Arg、Ser、Ile、Met、His、Tyr 呈显著相关, 说明 GMP 与体肉中的呈苦味物质有相关性。

## 3 讨论

中华绒螯蟹的基本营养成分主要受养殖环境和饲料影响较大<sup>[37]</sup>, 本研究结果表明, 渔光一体养殖模式并未对河蟹生长造成负面影响。渔光一体养殖模式下的雌蟹体肉具有更高的粗脂肪及粗蛋白含量, 但对雄蟹体肉影响较小。在其他关于渔光一体的研究中也呈现相似的结果, 钱华政等<sup>[38]</sup>研究表明, 渔光一体养殖模式不会对草鱼的生长性能产生显著不利影响, 适宜的遮光条件还能改善水质, 有利于草鱼的养殖。牛超等<sup>[3]</sup>研究表明, 与渔光一体养殖模式能使中华绒螯蟹雌蟹的体重、体长以及体宽显著增加, 有利于雌蟹的生长发育。



PFM. 渔光一体养殖模式雌蟹体肉; CFM. 普通池塘养殖模式雌蟹体肉; PMM. 渔光一体养殖模式雄蟹体肉; CMM. 普通池塘养殖模式雄蟹体肉。

PFM. the meat of female crab in photovoltaic fishery breeding mode; CFM. the meat of female crab in common pond breeding mode; PMM. the meat of male crab in photovoltaic fishery breeding mode; CMM. the meat of male crab in common pond breeding mode.

图4 两种养殖模式下中华绒螯蟹体肉的基本营养成分、游离氨基酸及呈味核苷酸相关性分析  
 Fig.4 Correlation analysis of proximate composition, free amino acids and taste nucleotides in body meat of *Eriocheir sinensis* in two breeding modes

电子舌结果表明两种养殖模式下的中华绒螯蟹各部位均能被很好的区分,即渔光一体组对

中华绒螯蟹的滋味品质有显著影响,与感官评价结果相符,渔光一体组雌蟹体肉中主要以鲜甜味

为主,而雄蟹则是普通池塘组的感官滋味更好。游离氨基酸结果表明渔光一体组的体肉中总游离氨基酸、甜味游离氨基酸含量均显著高于普通池塘组( $P < 0.05$ ),与感官评价结果一致。虽然渔光一体组雌蟹的 Asp 和 Glu 含量比普通池塘组低,但其呈味核苷酸 IMP 及 GMP 的含量更高,两者产生协同作用,增强了渔光一体组体肉的鲜味,也导致其 EUC 高于普通池塘组。

渔光一体养殖模式能使中华绒螯蟹体肉具有更好的营养及鲜甜滋味,且渔光一体养殖模式可充分利用普通池塘养殖所浪费的水面资源,还能提高养殖的经济效益,不失为一种可靠的新兴水产养殖手段。

### 参考文献:

- [1] 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. 2021 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021.  
Fishery Administration of the Ministry of Agriculture and Rural Areas, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. 2021 Chinese fishery statistical yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021.
- [2] 张家奇. 稻田养殖和池塘养殖对中华绒螯蟹品质的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2017.  
ZHANG J Q. Effects of rice culture and pond culture on the quality of Chinese mitten crab[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2017.
- [3] 牛超, 吴立峰, 庞杨洋, 等. 光伏板对中华绒螯蟹养殖环境和生长的影响研究[J]. 复旦学报(自然科学版), 2021, 60(2): 253-261.  
NIU C, WU L F, PANG Y Y, et al. Research on the effect of photovoltaic panels on the water environment and growth performance of *Eriocheir sinensis* [J]. Journal of Fudan University (Natural Science), 2021, 60(2): 253-261.
- [4] 梁勤朗. “渔光一体”模式助推现代渔业转型升级[J]. 科学养鱼, 2016(10): 13-15.  
LIANG Q L. The “integrated fishing and light” model promotes the transformation and upgrading of modern fisheries [J]. Scientific Fish Farming, 2016(10): 13-15.
- [5] 谢辉, 尹明雨, 张玉非, 等. 不同产地雌性中华绒螯蟹感官品质与滋味品质的差异性[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(6): 114-120, 126.  
XIE H, YIN M Y, ZHANG Y F, et al. The effect of different culturing region on the sensory and taste quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(6): 114-120, 126.
- [6] 王潇, 韩刚, 张小军, 等. 不同水域中华绒螯蟹雄性营养成分及风味成分差异性研究[J]. 大连海洋大学学报, 2019, 34(5): 688-696.  
WANG X, HAN G, ZHANG X J, et al. Nutritional composition and flavor components of male Chinese mitten handed crab *Eriocheir sinensis* from different waters [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2019, 34(5): 688-696.
- [7] 王慧, 施文正, 吴旭干, 等. 不同温度养殖的雌体三疣梭子蟹性腺和蟹肉风味品质比较[J]. 食品科学, 2016, 37(18): 84-90.  
WANG H, SHI W Z, WU X G, et al. Comparison of flavor quality in gonads and meat of female *Portunus trituberculatus* cultured at different water temperatures [J]. Food Science, 2016, 37(18): 84-90.
- [8] 吴立峰, 牛超, 张浩, 等. 渔光一体池塘光伏区和非光伏区中华绒螯蟹二龄蟹的养殖生长比较[J]. 淡水渔业, 2021, 51(3): 108-112.  
WU L F, NIU C, ZHANG H, et al. Comparison study of the growth of *Eriocheir sinensis* in the photovoltaic and non-photovoltaic area in the Yuguangyiti ponds [J]. Freshwater Fisheries, 2021, 51(3): 108-112.
- [9] 赵旭, 杨建恒. 河蟹增养殖技术[J]. 安徽农业, 2001(2): 31.  
ZHAO X, YANG J H. Aquaculture technology of river crab [J]. Anhui Agriculture, 2001(2): 31.
- [10] FINI A, GUIDI L, GIORDANO C, et al. Salinity stress constrains photosynthesis in *Fraxinus ornus* more when growing in partial shading than in full sunlight: consequences for the antioxidant defence system [J]. Annals of Botany, 2014, 114(3): 525-538.
- [11] HAN W F, SUN Y F, LIU J, et al. Effect of different feeding modes on the growth, biochemical composition, and living environment of the juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* [J]. Aquaculture, 2021, 541: 736687.
- [12] 赵博礼. 渔光一体模式中环境微生物群落结构及多样性的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2019.  
ZHAO B L. Study on community structure and diversity of environmental microbial in the photovoltaic fishery mode [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2019.
- [13] 冯建春, 顾浩, 徐旦红, 等. 光伏发电模式中河蟹幼蟹的生长特性[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(2): 434-436.  
FENG J C, GU H, XU D H, et al. The growth characteristics of juvenile crabs (*Eriocheir sinensis*) in pond with photovoltaic power generation [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2016, 55(2): 434-436.
- [14] 从娇娇, 韩昕苑, 于立志, 等. 饲料中植物油替代鱼油对中华绒螯蟹滋味品质的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2020, 29(6): 938-949.  
CONG J J, HAN X Y, YU L Z, et al. Effects of dietary replacement of fish oil by vegetable oil on the taste quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2020, 29(6): 938-949.
- [15] 从娇娇. 饲料中植物油替代鱼油对中华绒螯蟹品质的影

- 响[D]. 上海:上海海洋大学,2020.
- CONG J J. Effects of dietary replacement of fish oil by vegetable oil on the quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.
- [16] 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.
- ZHANG J J, GU S Q, DING Y T, et al. Habitat identification and grade evaluation of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) using electronic tongue [J]. Food Science, 2015, 36(4): 141-146.
- [17] 张家奇,张龙,王锡昌. 稻田养殖和池塘养殖对中华绒螯蟹滋味品质的影响[J]. 食品工业科技,2017,38(13):229-236.
- ZHANG J Q, ZHANG L, WANG X C. Effects of rice culture and pond culture on the quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(13): 229-236.
- [18] YAMAGUCHI S, YOSHIKAWA T, IKEDA S, et al. Measurement of the relative taste intensity of some L- $\alpha$ -amino acids and 5'-nucleotides[J]. Journal of Food Science, 1971, 36(6):846-849.
- [19] 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.
- [20] ZHANG M X, WANG X C, LIU Y, et al. Isolation and identification of flavour peptides from Puffer fish (*Takifugu obscurus*) muscle using an electronic tongue and MALDI-TOF/TOF MS/MS[J]. Food Chemistry, 2012, 135(3):1463-1470.
- [21] 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*) [J]. Journal of Food Science, 2016, 81(4):S968-S981.
- [22] JIANG W D, WU P, TANG R J, et al. Nutritive values, flavor amino acids, healthcare fatty acids and flesh quality improved by manganese referring to up-regulating the antioxidant capacity and signaling molecules TOR and Nrf2 in the muscle of fish[J]. Food Research International, 2016, 89: 670-678.
- [23] WU H R, GE M T, CHEN H F, et al. Comparison between the nutritional qualities of wild-caught and rice-field male Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) [J]. LWT, 2020, 117: 108663.
- [24] LONG X W, WU X G, ZHAO L, et al. Physiological responses and ovarian development of female Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* subjected to different salinity conditions[J]. Frontiers in Physiology, 2018, 8: 1072.
- [25] 张艳霞. 养殖大黄鱼品质评价及冻藏过程中品质变化规律的研究[D]. 上海:上海海洋大学,2020.
- ZAHNG Y X. Quality evaluation of cultured *Pseudosciaena crocea* and its quality changes during frozen storage [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.
- [26] ZHANG L, YIN M Y, ZHENG Y, et al. Brackish water improves the taste quality in meat of adult male *Eriocheir sinensis* during the postharvest temporary rearing[J]. Food Chemistry, 2021, 343: 128409.
- [27] KONG Y, ZHANG L L, SUN Y, et al. Determination of the free amino acid, organic acid, and nucleotide in commercial vinegars[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(5):1116-1123.
- [28] SHI S S, WANG X C, WU X G, et al. Effects of four cooking methods on sensory and taste quality of *Portunus trituberculatus* [J]. Food Science & Nutrition, 2020, 8(2):1115-1124.
- [29] LI Q Q, SUN Q F, ZU L, et al. Comparison of reproductive performance and offspring quality of purple and greenblack Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Aquaculture Research, 2021, 52(3):1291-1298.
- [30] GUO K, ZHAO W, LI W K, et al. Food web structure and trophic levels in polyculture rice-crab fields [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2015, 33(3):735-740.
- [31] GUO Y R, GU S Q, WANG X C, et al. Nutrients and non-volatile taste compounds in Chinese mitten crab by-products [J]. Fisheries Science, 2015, 81(1):193-203.
- [32] 周纷,张艳霞,张龙,等. 冰鲜大黄鱼不同副产物中滋味成分差异分析[J]. 食品科学,2019,40(16):193-199.
- ZHOU F, ZHANG Y X, ZHANG L, et al. Differences in taste components in by-products of chilled large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) [J]. Food Science, 2019, 40(16):193-199.
- [33] 施文正,方林,吴旭干,等. 我国沿海主要海域雌性三疣梭子蟹呈味成分含量的比较[J]. 食品科学,2017,38(16):127-133.
- SHI W Z, FANG L, WU X G, et al. Comparison of contents of taste compounds in female *Portunus trituberculatus* from major coastal areas in China [J]. Food Science, 2017, 38(16):127-133.
- [34] 周纷. 大黄鱼加工副产物的白鲢鱼糜凝胶品质特性的研究[D]. 上海:上海海洋大学,2020.
- ZHOU F. Study on the quality characteristics of silver carp surimi gel prepared with large yellow croaker processing by-product [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.
- [35] WANG Q J, WU X G, LONG X W, et al. Nutritional quality of different grades of adult male Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 55(3):944-955.
- [36] 尹蕾丽,周纷,唐佳乐,等. 冻融循环处理对皱纹盘鲍质地的影响[J]. 上海海洋大学学报,2021,30(2):359-369.
- YIN L L, ZHOU F, TANG J L, et al. Effect of freeze-thaw cycles on texture of *Haliotis discus hanai* muscle [J]. Journal

- of Shanghai Ocean University, 2021, 30(2): 359-369.
- [37] 张彤晴, 周刚, 朱清顺, 等. 不同增殖水体中华绒螯蟹一般营养成分比较分析[J]. 水产养殖, 2006, 27(4): 8-10.
- ZHANG T Q, ZHOU G, ZHU Q S, et al. Comparison and analysis on general nutrition composition for mitten crab from different proliferation and culture waters [J]. Journal of Aquaculture, 2006, 27(4): 8-10.
- [38] 钱华政, 蒋礼平, 梁勤朗, 等. “渔光一体”光伏组件遮光比例对池塘水质及草鱼生长性能的影响[J]. 渔业现代化, 2021, 48(6): 42-49.
- QIAN H Z, JIANG L P, LIANG Q L, et al. The effect of “Fishery-PV Integration” module shading rate on pond ecology and grass carp growth [J]. Fishery Modernization, 2021, 48(6): 42-49.

## Effects of photovoltaic fishery breeding mode on taste quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)

XIAN Caining<sup>1,2,3</sup>, FAN Licheng<sup>1,2,3</sup>, GUO Xueqian<sup>1,2,3</sup>, YIN Mingyu<sup>1,2,3</sup>, WANG Xichang<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Food Sciences and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China; 3. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Aquatic Products on Storage and Preservation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The photovoltaic fishery breeding mode is a new environmental protection mode that combines pond aquaculture and photovoltaic power generation. The differences in basic nutrition composition, sensory evaluation, and taste quality in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) between the common pond breeding mode and photovoltaic fishery breeding mode were compared in this study. The free amino acids and taste nucleotides in meat were determined, and the taste activity value was calculated. Taste activity value (TAV) and equivalent umami concentration (EUC) were associated with artificial and electronic senses to comprehensively analyze the taste quality. The results showed that the crude protein and crude lipid contents in meat of female crabs in group PM were significantly higher than those in group CM ( $P < 0.05$ ), but there were no differences in male crabs. The meat of female crab in group PM had strong umami and sweet taste intensity, while the meat of male crab in group CM had strong saltiness and umami taste intensity. The contents of total free amino acids and sweet free amino acids in group PM were significantly higher than those in group CM ( $P < 0.05$ ). The EUC in the meat of Chinese mitten crab in group PM was higher than that in group CM. The photovoltaic fishery breeding mode can make the enable of Chinese mitten crab to have better nutrition and umami and sweet taste.

**Key words:** Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*); breeding mode; umami substances; sensory evaluation