

4种烹制方式下青蟹肝胰腺感官品质比较

聂勇涛, 王福田, 杨冰, 鲁玉凤, 姜绍通, 林琳, 陆剑锋*

(合肥工业大学食品与生物工程学院, 安徽省农产品精深加工重点实验室,
农产品生物化工教育部工程研究中心, 合肥 230009)

摘要: **目的** 比较热蒸、热煮、冷蒸和冷煮条件下青蟹肝胰腺的感官品质。**方法** 利用感官评价、味觉活度值分析(taste activity value, TAV)、电子鼻和挥发性风味物质分析对青蟹肝胰腺感官品质进行比较。**结果** 冷蒸雄蟹肝胰腺和热蒸、冷蒸和热煮的雌蟹肝胰腺的综合评价略好。肝胰腺的滋味偏鲜甜, 鲜味主要来源于谷氨酸, 而甜味来源于精氨酸, 苦味主要来源于赖氨酸。冷蒸和冷煮雄蟹肝胰腺的鲜味氨基酸味觉 TAV 所占比例为 12.7% 和 12.6%, 甜味氨基酸 TAV 所占的比例分别为 52.79% 和 49.99%。肝胰腺第一主成分和第二主成分的贡献率之和大于 90%。**结论** 冷蒸青蟹肝胰腺的综合感官品质较好, 研究结果可为进一步加工利用青蟹提供参考。

关键词: 青蟹; 烹制方式; 肝胰腺; 蒸煮; 感官品质

Comparison of sensory qualities of hepatopancreas from the mud crabs under 4 cooking methods

NIE Yong-Tao, WANG Fu-Tian, YANG Bing, LU Yu-Feng, JIANG Shao-Tong, LIN Lin, LU Jian-Feng*

(School of Food and Biological Engineering, Key Laboratory for Agricultural Products Processing of Anhui Province, Engineering Research Center of Bio-process, Ministry of Education, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

ABSTRACT: Objective To compare the sensory quality of liver and pancreas of mud crabs under the conditions of hot steaming, hot cooking, cold steaming and cold cooking. **Methods** Sensory evaluation, taste activity value (TAV), electronic nose and volatile flavor analysis were used to compare the sensory quality of mud crab hepatopancreas. **Results** The comprehensive evaluation of cold steamed male crab hepatopancreas and hot steamed, cold steamed and hot boiled female crab hepatopancreas was slightly better. The taste of hepatopancreas was fresh and sweet. The fresh taste mainly came from glutamate, while the sweet taste came from arginine and the bitter taste mainly came from lysine. The proportion of fresh amino acid taste TAV in the liver and pancreas of cold steamed and cold boiled male crabs was 12.7% and 12.6%, and the proportion of sweet amino acid TAV was 52.79% and 49.99%, respectively. The sum of the contribution rates of the first principal component and the second principal component of hepatopancreas was greater than 90%. **Conclusion** The comprehensive sensory quality of cold steamed mud crab hepatopancreas is better and the research results can provide reference for further processing and utilization of mud crabs.

KEY WORDS: mud crabs; cooking methods; hepatopancreas; steaming and boiling; sensory quality

基金项目: 国家虾蟹产业技术体系项目(CARS-48)、安徽水产产业技术体系项目(AHCYJSTX-08)

Fund: Supported by the China Agriculture Research System of MOF and MARA (CARS-48), and the Earmarked Fund for the Anhui Provincial Modern Agri-industry Technology Research System (AHCYJSTX-08)

*通信作者: 陆剑锋, 博士, 教授, 主要研究方向为水产品加工及综合利用研究。E-mail: lujf@sibs.ac.cn

*Corresponding author: LU Jian-Feng, Ph.D, Professor, School of Food and Biological Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China. E-mail: lujf@sibs.ac.cn

0 引言

青蟹,学名拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*),俗称膏蟹,属甲壳纲,梭子蟹科^[1],与河蟹和梭子蟹并称我国三大经济蟹类。其肉质鲜美,营养丰富,具有良好的滋补作用,素有“海上人参”的美称^[2]。2019年,我国青蟹养殖总量为160616 t,捕捞量为79153 t^[3]。

食品的感官品质构成比较复杂,气味和滋味是2个重要的参考指标^[4],主要表现为食物的“香”和“味”。气味主要由挥发性物质构成,这些挥发性物质的主要来源为加热过程中脂肪酸,氨基酸等物质的降解或变性等^[5-6]。滋味来源相对较为复杂,肉类主要由核苷酸、游离氨基酸、有机酸等构成^[7-9]。

目前国内对于蟹类烹制加工方面的研究主要集中在河蟹上,如采用蒸煮^[10]、电蒸箱^[11]等进行熟制;此外,SHI等^[12]采用蒸煮方式研究了梭子蟹的感官和味觉品质。青蟹体型相对较大,可食率较高,蒸煮同样是食用青蟹的最传统和最常见方式,但在不同蒸煮条件下,其感官品质是否有差别尚未研究。因此,本研究采用冷水煮、热水煮、冷水蒸、热水蒸4种烹制方式,对这4种加工方式下的青蟹肝胰腺感官评分、电子鼻、味觉活度值(taste activity value, TAV)和挥发性风味物质进行综合分析,旨在优选出相对较好的青蟹烹制方式,为进一步加工利用青蟹提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

青蟹样品购自浙江省三门市,雌、雄蟹各20只,雄蟹体重为(279.46±16.51)g,雌蟹体重为(245.03±9.79)g。

磺基水杨酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

L-8900 氨基酸全自动分析仪(日本 Hitachi 公司); PEN3 电子鼻(德国 Air Sense 公司); CAR/PDMS 萃取头(德国 Sigma 公司); 5975C-7890A 气相色谱-质谱联用仪、DB-5MS 色谱柱(美国 Agilent 公司); 20 mL 无色顶空萃取瓶(上海安谱科学仪器有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品处理

将鲜活青蟹用毛刷洗净后随机分组,雄蟹分4组,每组5只,雌蟹分4组,每组5只,放入干净蒸锅中分别进行冷水下锅煮、热水下锅煮、冷水上锅蒸、热水上锅蒸(简称:冷煮、热煮、冷蒸和热蒸,下同)30 min。蒸煮完毕后,取出青蟹冷却至室温,剥离出肝胰腺并充分混合,称量(2.00±0.01)g样品于电子鼻进样瓶中,(5.00±0.01)g于顶空萃取瓶中备用,并将部分样品冷冻干燥后用作后续的游离

氨基酸分析。

1.3.2 感官评价

参考 BELL 等^[13]和 KRAUJALYTE 等^[14]的感官评价方法并进行改进,只对青蟹肝胰腺滋味的强弱进行分级评价,对气味色泽等其他因素不作评价。选取15名具有一定感官评价知识和经验的人员,每次品尝后漱口水或者蒸馏水漱口,对鲜味,甘味、苦味及其他(酸、腥、臭等不良滋味)进行评价,每品尝样品(0.5g左右)一次后用清水漱口,记录打分(为避免主观因素的干扰,只允许分级打分,分值分别为1、2、3、4、5分)。感官评价分级如表1所示。

表1 感官评分标准
Table 1 Standard of the sensory evaluation

部位	感官指数	分值				
		差	较差	一般	较强	强
肝胰腺	鲜味	1	2	3	4	5
	甜味	1	2	3	4	5
	苦味	1	2	3	4	5
	其他	1	2	3	4	5

1.3.3 游离氨基酸测定

研磨1.00g冷冻干燥的肝胰腺样品,然后加入10mL 4%(m:V)的磺基水杨酸,将混合物搅拌1h以充分萃取。萃取液使用高速冷冻离心机离心30min(12000 r/min),取1mL上清液,通过0.22 μm水相滤膜过滤,最后采用自动氨基酸分析仪测定滤液中氨基酸含量^[15]。

TAV 被广泛应用于评价食物中呈味物质对食物味道影响强弱的评价,TAV 值计算公式见公式(1):

$$TAV = \frac{\text{呈味化合物浓度 (mg/g)}}{\text{呈味化合物味觉阈值 (mg/mL)}} \quad (1)$$

1.3.4 电子鼻检测

进样瓶在60℃条件下平衡10min,利用电子鼻检测,载体为洁净干燥空气,流量为0.4L/min,采样时间1s,清洗时间150s,归零时间5s,预进样时间150s,测量时间100s^[16]。

1.3.5 挥发性风味物质检测

采用顶空固相微萃取(headspace solid phase microextraction, HS-SPME)分离挥发性物质。准确称取(5.00±0.01)g性腺样品于20mL顶空瓶中,将老化的萃取头通过隔膜插入,并暴露于顶空瓶的顶部空间,经60℃水浴加热提取40min预处理,将吸附完成的萃取针由气质联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)注射口250℃解析5min后进样,启动仪器进行数据收集^[17]。挥发性风味物质的分析通过GC-MS进行。

色谱条件:以流速1.3 mL/min的He为载体,不分流进样,色谱柱为DB-5MS柱(60 m×0.32 mm, 1 μm);进样口温度250℃;升温程序:初始温度40℃,无保留,以5℃/min的升温速度升至100℃,无保留,以5℃/min升

温至 180 °C, 无保留, 再以 5 °C/min 的升温速度升至 240 °C, 保持 5 min, 汽化室温度 240 °C^[17]。

质谱条件: 电子轰击(electron impact, EI)离子源; 电子能量 70 eV, 离子源温度 230 °C, 接口温度 250 °C; 电子倍增器电压 1576 V; 质量扫描范围 40~450 amu/s。

2 结果与分析

2.1 4 种烹制方式青蟹肝胰腺感官评价

热蒸、热煮、冷蒸和冷煮雄蟹和雌蟹肝胰腺感官评分如表 2 所示, 在雄蟹肝胰腺中, 冷蒸雄蟹肝胰腺鲜甜滋味得分虽然低于冷煮雄蟹肝胰腺, 但其苦味和其他滋味得分最低, 同时冷蒸雄蟹肝胰腺的鲜味和甜味得分之和比例高于冷煮雄蟹肝胰腺, 其苦味和其他滋味得分之和比例低于冷煮雄蟹肝胰腺, 综合评价略好。在雌蟹肝胰腺中, 冷煮雌蟹肝胰腺的鲜味和甜味评分均为最高, 但其苦味和其他不良滋味的评分也相对较高, 尤其是其他不良滋味得分最高, 而热蒸和冷蒸雌蟹肝胰腺的评分相似, 不良滋味均较低。综合分析后初步认为, 热蒸、冷蒸和热煮的雌蟹肝胰腺的综合评价略好, 但无论是雄蟹肝胰腺还是雌蟹肝胰腺, 冷煮方式下的鲜味和甜味的得分均为最高, 并表现出相对较高的苦味和其他不良滋味, 其可能原因是由于在烹制过程中选择的是整只青蟹的缘故。因为在冷煮条件下, 加热介质(水)呈逐渐升温的趋势, 水分和热量逐步向蟹体的内部组织渗透, 此时蟹体的外部组织在升温过程中将逐步水解成小分子物质, 同时也会逐渐向内部肝胰腺发生迁移。而在热煮烹制过程中, 由于初始温度过高将导致蟹体的外部组织中大部分物质直接变性, 无法分解出更多的小分子物质(随加热介质)渗透进肝胰腺。因此同样是煮制, 热煮的各方面评分比冷煮可能略低。

2.2 4 种烹制方式青蟹肝胰腺游离氨基酸含量

不同的游离氨基酸可以呈现出一定的滋味, 其中天冬氨酸(aspartic acid, Asp)和谷氨酸(glutamate, Glu)主要为鲜味; 包括苏氨酸(threonine, Thr)、丝氨酸(serine, Ser)、丙氨酸(alanine, Ala)、精氨酸(arginine, Arg)、甘氨酸(glycine, Gly)和脯氨酸(proline, Pro)在内的 6 种游离氨基酸被证明具

有甜味; 苦味源自缬氨酸(valine, Val)、亮氨酸(leucine, Ile)、异亮氨酸(isoleucine, Leu)、组氨酸(histidine, His)、苯丙氨酸(phenylalanine, Phe)和蛋氨酸(methionine, Met)^[18-21]。由于这些氨基酸的味觉阈值和含量有所差异, 常用 TAV 对这些氨基酸的味觉强度进行比较评估^[22]。热蒸、热煮、冷蒸和冷煮雄蟹和雌蟹肝胰腺游离氨基酸及 TAV 值如表 3 所示。在雄蟹肝胰腺中, Glu 的 TAV 值相对较高, 对鲜味的贡献较大; 甜味氨基酸中含量最高的 Arg, 其 TAV 值均在 16 以上, 是甜味的主要来源; 苦味氨基酸中 Lys 的 TAV 值较高, 是苦味的主要来源。通过对各类呈味氨基酸的 TAV 值进行加和发现, 冷煮雄蟹肝胰腺的鲜味和甜味氨基酸的 TAV 值略高, 冷蒸雄蟹肝胰腺的苦味氨基酸的 TAV 值最低, 可以认为冷煮和冷蒸雄蟹肝胰腺的滋味略好。通过进一步比较二者各呈味氨基酸 TAV 值的比例发现, 冷蒸和冷煮雄蟹肝胰腺的鲜味氨基酸 TAV 值所占比例为 12.7%和 12.6%, 甜味氨基酸所占的比例分别为 52.79%和 49.99%, 综合分析认为, 肝胰腺的滋味偏鲜甜, 而冷蒸雄蟹肝胰腺的滋味略好。其原因可能是由于蒸制和煮制过程相当于样品的浓缩和稀释过程, 煮制过程有样品成分的流失。在煮制过程中水进入蟹体内或者蟹体内的游离氨基酸进入到煮制水中, 导致煮制样品中的游离氨基酸含量有所损失。并且热蒸虽使蛋白质迅速变性, 快速固定了游离氨基酸, 但热蒸比冷蒸产生的更多蒸汽可能也会造成样品中游离氨基酸的损失。

在雌蟹肝胰腺中, 鲜味氨基酸中 Glu 的 TAV 值较高, 甜味氨基酸中 Arg 的 TAV 值较高, 苦味氨基酸中 Lys 的 TAV 值较高, 总体表明这 3 种氨基酸是鲜味、甜味和苦味的主要来源。通过对 4 种烹制方式雌蟹青蟹肝胰腺的各类呈味氨基酸进行加和发现, 热煮雌蟹肝胰腺的鲜味和甜味氨基酸 TAV 值相对较低, 热蒸和热煮雌蟹肝胰腺的苦味氨基酸 TAV 值相对较低, 可以认为热煮的雌蟹肝胰腺滋味相对较差。进一步分析热蒸、冷蒸和冷煮雌蟹肝胰腺中鲜味和甜味氨基酸 TAV 值所占比例均较为类似, 综合分析认为, 三者滋味均较好。虽然雄蟹和雌蟹肝胰腺的 TAV 分析与感官评价的结果有一定差异, 但最终结果总体相符, 这表明呈味游离氨基酸对青蟹肝胰腺的滋味影响较大, 是青蟹肝胰腺滋味的主要来源。

表 2 4 种烹制方式青蟹肝胰腺感官评分($n=15$)
Table 2 Sensory scores of the hepatopancreas from mud crabs under 4 cooking methods ($n=15$)

感官指数	雄性				雌性			
	热蒸	热煮	冷蒸	冷煮	热蒸	热煮	冷蒸	冷煮
鲜味	3.33±0.20 ^b	3.53±0.30 ^b	3.47±0.24 ^b	3.87±0.26 ^a	3.67±0.28 ^{bc}	3.53±0.24 ^c	3.87±0.32 ^{ab}	4.00±0.34 ^a
甜味	3.73±0.27 ^b	3.53±0.23 ^b	3.73±0.25 ^b	4.13±0.33 ^a	3.73±0.27 ^b	3.60±0.31 ^b	3.73±0.33 ^b	4.20±0.35 ^a
苦味	3.67±0.13 ^a	3.33±0.20 ^b	3.07±0.25 ^c	3.53±0.27 ^a	3.33±0.23 ^{bc}	3.40±0.31 ^{ab}	3.60±0.33 ^a	3.47±0.36 ^{ab}
其他	1.47±0.13 ^b	1.87±0.26 ^a	1.43±0.32 ^b	1.83±0.28 ^a	1.30±0.33 ^b	1.60±0.25 ^a	1.33±0.34 ^b	1.63±0.36 ^a

注: 同行字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

表3 4种烹制方式青蟹肝胰腺游离氨基酸含量及TAV值(干样)
Table 3 Free amino acid content and TAV of the hepatopancreas from mud crabs under 4 cooking methods (dry samples)

氨基酸	含量/(mg/g)																	
	雄蟹				雌蟹				味觉属性	阈值	TAV							
	热煮	热煮	冷煮	冷煮	热煮	热煮	冷煮	冷煮			热煮	热煮	冷煮	冷煮				
天冬氨酸	0.57±0.03 ^{bc}	0.54±0.01 ^b	0.60±0.01 ^b	0.92±0.01 ^a	0.70±0.00 ^c	0.76±0.01 ^b	0.87±0.02 ^a	0.87±0.02 ^a	鲜(+)	1.00	0.57	0.54	0.60	0.92	0.7	0.7	0.76	0.87
苏氨酸	2.56±0.12 ^b	2.10±0.03 ^c	1.78±0.01 ^d	3.33±0.02 ^a	1.18±0.01 ^c	1.18±0.01 ^c	1.30±0.03 ^b	1.46±0.03 ^a	甜(+)	2.60	0.99	0.81	0.68	1.28	0.45	0.46	0.5	0.56
丝氨酸	0.67±0.02 ^b	0.57±0.01 ^c	0.46±0.02 ^d	0.87±0.02 ^a	0.76±0.00 ^c	0.76±0.00 ^c	0.83±0.02 ^b	0.92±0.03 ^a	甜(+)	1.50	0.44	0.38	0.31	0.58	0.51	0.53	0.55	0.61
谷氨酸	2.24±0.09 ^c	2.54±0.03 ^b	2.31±0.01 ^c	3.43±0.01 ^a	2.37±0.01 ^b	2.10±0.01 ^c	2.62±0.02 ^a	2.75±0.11 ^a	鲜(+)	0.30	7.45	8.45	7.70	11.43	7.88	7.02	8.75	9.16
甘氨酸	7.20±0.32 ^c	6.25±0.09 ^d	8.19±0.17 ^b	9.25±0.15 ^a	4.49±0.04 ^b	4.09±0.00 ^c	5.05±0.13 ^a	5.09±0.16 ^a	甜(+)	1.30	5.54	4.81	6.3	7.12	3.46	3.15	3.88	3.91
丙氨酸	4.06±0.17 ^c	3.81±0.04 ^d	5.23±0.13 ^b	7.24±0.04 ^a	3.28±0.01 ^c	3.18±0.00 ^c	3.73±0.02 ^b	4.24±0.10 ^a	甜(+)	0.60	6.76	6.35	8.72	12.07	5.47	5.3	6.22	7.07
半胱氨酸	0.56±0.05 ^b	0.55±0.02 ^b	0.58±0.11 ^b	0.79±0.00 ^a	0.53±0.06 ^c	0.75±0.05 ^a	0.63±0.00 ^b	0.68±0.02 ^b	苦/甜/酸(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
缬氨酸	2.55±0.13 ^a	1.60±0.01 ^c	1.24±0.07 ^d	2.11±0.02 ^b	2.32±0.01 ^a	2.03±0.04 ^b	2.34±0.06 ^a	2.36±0.08 ^a	甜/苦(-)	0.40	6.38	3.99	3.1	5.28	5.8	5.08	5.86	5.91
蛋氨酸	2.11±0.12 ^a	1.25±0.01 ^c	1.07±0.07 ^d	1.65±0.01 ^b	1.44±0.00 ^b	1.46±0.06 ^b	1.76±0.10 ^a	1.47±0.05 ^b	苦/甜/酸(-)	0.30	7.03	4.16	3.56	5.5	4.79	4.86	5.87	4.9
异亮氨酸	2.18±0.11 ^a	1.25±0.00 ^c	0.93±0.07 ^d	1.74±0.01 ^b	1.59±0.01 ^b	1.57±0.04 ^b	1.83±0.08 ^a	1.77±0.04 ^a	苦(-)	0.90	2.42	1.39	1.03	1.93	1.76	1.75	2.03	1.97
亮氨酸	4.45±0.17 ^a	2.66±0.03 ^c	2.11±0.07 ^d	3.46±0.00 ^b	3.91±0.03 ^a	3.68±0.02 ^b	3.81±0.12 ^a	3.98±0.08 ^a	苦(-)	1.90	2.34	1.4	1.11	1.82	2.06	1.94	2.01	2.09
酪氨酸	6.53±0.44 ^a	5.30±0.03 ^b	2.78±0.19 ^c	6.35±0.11 ^a	4.62±0.06 ^b	5.03±0.07 ^a	5.12±0.07 ^a	4.85±0.21 ^{ab}	苦(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
苯丙氨酸	4.52±0.15 ^a	3.34±0.02 ^b	2.65±0.23 ^c	4.32±0.04 ^a	4.01±0.12 ^a	3.92±0.03 ^a	3.91±0.26 ^a	3.96±0.00 ^a	苦(-)	0.90	5.03	3.71	2.94	4.8	4.46	4.35	4.34	4.4
赖氨酸	5.06±0.24 ^a	4.37±0.05 ^c	2.94±0.18 ^d	4.85±0.02 ^b	5.74±0.06 ^b	5.81±0.03 ^b	6.84±0.24 ^a	6.80±0.22 ^a	甜/苦(-)	0.50	10.12	8.75	5.88	9.69	11.47	11.62	13.68	13.59
组氨酸	1.11±0.07 ^b	1.01±0.03 ^c	0.99±0.09 ^c	1.52±0.01 ^a	1.17±0.05 ^b	1.36±0.07 ^a	1.27±0.14 ^a	1.34±0.04 ^a	苦(-)	0.20	5.56	5.04	4.93	7.58	5.83	6.8	6.33	6.69
精氨酸	8.84±0.36 ^b	8.29±0.04 ^b	8.57±0.08 ^b	13.15±0.13 ^a	9.34±0.03 ^a	8.53±0.00 ^b	8.89±0.09 ^b	9.54±0.22 ^a	苦/甜(+)	0.50	17.68	16.59	17.14	26.3	18.69	17.05	17.77	19.08
脯氨酸	2.83±0.13 ^d	3.25±0.08 ^c	4.01±0.05 ^b	4.78±0.05 ^a	3.03±0.05 ^d	3.37±0.23 ^c	3.74±0.08 ^b	4.85±0.18 ^a	甜/苦(+)	3.00	0.94	1.08	1.34	1.59	1.01	1.12	1.25	1.62
总游离氨基酸	58.04±2.73 ^b	48.67±0.25 ^c	46.44±0.96 ^c	69.75±0.16 ^a	50.48±0.44 ^b	49.56±0.60 ^b	54.45±1.21 ^a	56.92±1.60 ^a										

注: 同行字母不同表示差异显著($P<0.05$); (+)表示正面作用, (-)表示负面作用; -表示阈值过高, 难以产生味觉反应。

2.3 4 种不同烹制方式青蟹肝胰腺主成分分析

对热蒸、热煮、冷蒸和冷煮 4 种烹制方式的雌雄青蟹肝胰腺的整体气味进行主成分分析, 结果分别如图 1 和 2 所示。雄蟹肝胰腺中, 第一主成分的贡献率为 79.1%, 第二主成分的贡献率为 13.6%, 四者分别位于 4 个象限, 相互之间存在第一主成分和第二主成分之间的差异, 冷蒸和冷煮雄蟹肝胰腺之间第二主成分相距较大, 冷蒸和热蒸雄蟹肝胰腺之间相距较近, 而冷煮和热煮雄蟹肝胰腺之间气味相距较远, 但总体而言, 四者气味相对比较独特。雌蟹肝胰腺第一主成分贡献率为 72.3%, 第二主成分贡献率为 21.8%, 冷蒸雌蟹肝胰腺介于其余三者之间, 冷蒸和热蒸雌蟹肝胰腺之间相距较近, 而冷煮和热煮雌蟹肝胰腺之间相距较远。综合分析判断对于肝胰腺而言, 4 种烹制方式气味均比较独特, 冷蒸和热蒸的青蟹肝胰腺气味相近, 可能具有一定相似性, 冷煮和热煮的青蟹肝胰腺之间相距较远, 气味相对较为独特。

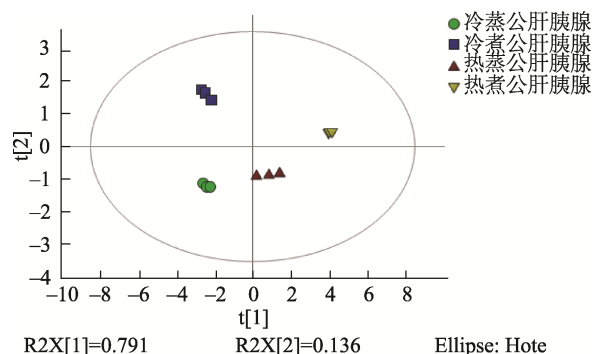


图 1 4 种烹制方式雄性青蟹肝胰腺主成分分析结果

Fig.1 Principal component analysis results of the hepatopancreas from male mud crabs under 4 cooking methods

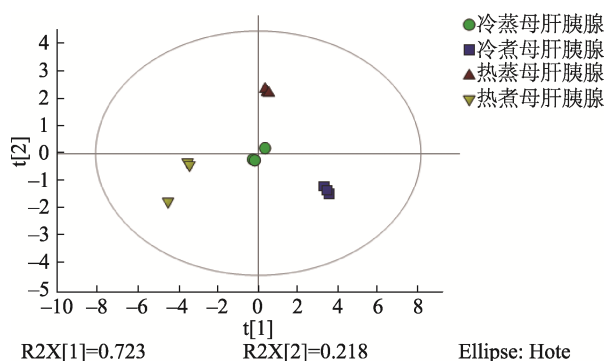


图 2 4 种烹制方式雌性青蟹肝胰腺主成分分析

Fig.2 Principal component analysis results of the hepatopancreas from female mud crabs under 4 cooking methods

2.4 不同烹制方式青蟹肝胰腺挥发风味物质相对含量

热蒸、热煮、冷蒸和冷煮雄蟹肝胰腺挥发性风味物质含量如表 4 所示, 其中醛类物质的总含量分别为 37.83%、

21.04%、29.06%和 21.32%, 戊醛和壬醛主要呈现鱼腥味^[23], 是肝胰腺腥味的主要来源, 在热蒸雄蟹肝胰腺中检测出了较高含量的戊醛(9.37%), 而壬醛的含量分别为 1.09%、1.70%、0.99%和 1.59%, 冷蒸雄蟹肝胰腺含量较低, 综合表明可能热蒸雄蟹肝胰腺的腥味略重一些, 冷蒸雄蟹肝胰腺腥味较轻。醛类物质种含量最高的是具有令人愉快气味的苯甲醛, 冷蒸雄蟹肝胰腺略高。苯乙醛和癸醛均具有令人愉快的气味, 苯乙醛和癸醛在 4 种烹制方式下的雄蟹肝胰腺中均检出。此外, 不饱和醛类物质的阈值较低, 且大部分具有令人愉快的气味, 对风味的形成有一定的作用^[24]。(E,E)-2,4-庚二烯醛是一种具有青香味的物质^[25], 在 4 种烹制方式雄蟹肝胰腺中冷蒸雄蟹肝胰腺所含的量相对较高。其他的不饱和醛类物质, 如(E)-2-辛烯醛等物质, 均对风味有一定的正面贡献。雄蟹肝胰腺中检测到了较多的醇类物质, 具有典型的水产品风味^[26], 对风味的进一步提升有一定影响。综合分析认为, 冷蒸和冷煮雄蟹肝胰腺的风味可能较好。其原因可能是热蒸产生的更多蒸汽使得样品损失了部分风味物质, 热煮使得样品中的部分风味物质流失到煮制水当中, 从而造成这两种加工方式的雄蟹肝胰腺风味比不上冷蒸冷煮。雌蟹肝胰腺的挥发性风味物质含量如表 5 所示, 热蒸、热煮、冷蒸和冷煮雌蟹肝胰腺醛类物质含量和种类均比较丰富, 戊醛、己醛和壬醛是主要的腥味物质来源, 虽然热蒸雌蟹肝胰腺的壬醛含量略低于其他三者, 但其戊醛和己醛的含量较高, 总体表明其腥味可能略重于其他三者。四者均具有较高含量的气味令人愉悦的挥发性醛类物质, 这些物质阈值较低, 对风味的贡献较大。不饱和醇类物质也会赋予食物一定的良好风味。综合分析认为, 冷蒸雌蟹和热蒸雌蟹肝胰腺的风味略好。此外, 进一步比较雄蟹和雌蟹肝胰腺之间挥发性物质发现, 雄蟹肝胰腺中除冷蒸雄蟹肝胰腺外, 其余 3 种烹制方式的雄蟹肝胰腺的醛类物质含量均低于雌蟹, 总体表明醛类物质对雄蟹肝胰腺中风味形成的贡献可能低于雌蟹。雄蟹肝胰腺中醇类物质表现出较高的含量, 而雌蟹肝胰腺中酮类物质表现出了较高的含量, 总体表明在雄蟹肝胰腺中, 醇类物质对风味的形成也存在突出的贡献, 而酮类物质在雌蟹肝胰腺风味的形成中也起到一定的作用。

3 结论

本研究通过比较发现, 冷蒸雄蟹肝胰腺, 热蒸、冷蒸和热煮的雌蟹肝胰腺的综合评价略好。肝胰腺的滋味偏鲜甜, 但也带有一定苦味, 鲜味主要来源于 Glu, 而甜味来源于 Arg, 苦味主要来源于 Lys, 且雄蟹肝胰腺与雌蟹肝胰腺相比可能略甜。冷蒸雄蟹肝胰腺, 热蒸、冷蒸和冷煮雌蟹肝胰腺表现出较好的滋味, 这与感官评价结果总体相符。通过比较风味物质发现, 冷蒸雄蟹和冷蒸、热蒸雌蟹肝胰腺的挥发性物质组成较好, 具有更多的令人愉快的风味物质, 总体风

味较好。综上所述, 可以认为冷蒸青蟹肝胰腺的综合感官品质较好。研究结果可为进一步加工利用青蟹提供参考。

表4(续)

保留时间/min	名称	含量/%			
		热蒸	热煮	冷蒸	冷煮
7.718	1,2-二甲基-环辛烷	1.18			
7.878	顺-3-癸烯	2.59	1.88		
8.122	4-癸烯	1.18		0.69	1.1
8.339	(Z)-2-癸烯	0.68			0.53
8.651	环癸烯				0.53
8.662	(E)-1,3-壬二烯			3.66	
8.753	(S)-1-甲基-4-(1-甲基乙 烯基)环己烯	1.79			
7.853	戊基-环戊烷,			1.29	
11.023	1,3-环辛二烯			0.63	
11.589	环庚烯			0.51	
11.593	环辛烯		0.57		
12.562	(Z)-4-十三碳烯-6-炔			0.34	
12.791	Z-1,9-十六碳二烯				0.2
12.929	1-癸烯				0.52
12.946	(Z)-3-十二碳烯		1.92		
13.140	(Z)-3-甲基-2-十一碳烯				0.39
14.039	(E)-5-十二碳烯		0.96	0.24	
14.354	7-亚甲基二环[4.2.0]辛 烷		0.71		
14.554	E,Z-3-亚乙基环己烯		0.44		
14.695	(E)-环癸烯				0.48
14.710	1,10-十一碳二烯			0.79	
15.886	(Z)-9-甲基-4- 十一碳烯				0.28
15.899	8-氧杂二环[5.1.0]辛烷		1.34		
17.028	1-十三碳烯	1.15			
19.775	二环亚丁基				0.54
20.011	1-十三碳炔				2.96
20.083	1,11-十二碳二炔				2.06
20.109	二环[4.2.0]辛-7-烯		1.18	0.23	
20.349	萘,2-(1-甲基乙基)-	0.41			
20.820	1-甲基环庚烯			0.26	
23.325	2,6,10,14-四甲基- 十六烷			0.47	
23.349	2,6,10-三甲基-十二烷	0.66			
24.876	十五烷	0.64		0.31	
32.029	3-壬烯		0.40		
32.492	2,6,10,14-四甲基-十五 烷	5.7	4.81	7.78	3.82
	烃类	15.98	14.21	17.2	13.41
2.193	戊醛	9.37		0.54	
3.381	己醛	1.59			
7.298	苯(甲)醛	13.63	8.68	18.94	12.2
8.033	辛醛	2.73		2.18	0.44
8.246	(E,E)-2,4-庚二烯醛	0.93	0.94	2.47	0.96
9.141	苯乙醛	1.23	1.66	0.52	1.76
9.570	2-十一碳烯醛				0.56
9.571	(E)-2-辛烯醛				0.43
9.591	(E)-2-十二碳烯醛	0.67			0.41
10.971	壬烷醛	1.09	1.70	0.99	1.59
12.333	2-苯基丙烯醛				0.36
12.365	(E,E)-2,6-壬二烯醛	1.98	1.71	0.55	
12.561	14-甲基-(Z)-8-十六 碳烯醛,		0.47		
12.578	(E)-2-壬烯醛	0.58			
15.569	4-甲氧基-苯(甲)醛	0.53			
15.901	(E)-2-癸烯醛				0.3
15.918	癸醛	2.46	3.89	1.58	1.88
17.874	(E,E)-2,4-癸二烯醛		0.51		
36.358	十五烷醛-		0.92	0.56	1.72
36.378	十四烷醛	1.04			
	醛类	37.83	21.04	29.06	21.32
5.969	3-环庚烯-1-酮	3.93	1.97	0.57	0.39
7.538	2,5-己二酮	4.38			
10.554	2-壬烷酮	1.68	1.63	3.52	1.21
13.159	1-癸烯-3-酮		0.62	0.49	
13.179	3,3-二甲基-1,2,4-环 戊三酮	0.64			
13.559	2-癸酮				0.72
13.818	3-癸酮	3.42	1.79	1.38	2.11
15.739	2-甲基-1-壬烯-3-酮	0.76			
16.989	2-十一烷酮			1.48	1.73
17.002	11-十二碳烯-2-酮		1.60		
20.517	3-十二烷酮				0.57
29.245	二苯甲酮	0.53			1.25
	酮类	15.34	7.61	8.16	7.26
7.397	1-辛烯-3-醇	1.47			
9.986	1-辛醇	4.37	4.18		3.91
10.195	2-辛醇		0.35		
12.941	1-壬烷醇			1.09	0.4
13.27	1-壬烯-3-醇	2.77	3.73	3.42	2.84
13.795	3-癸醇		8.05	11.62	9.14
14.061	(E)-2-癸烯-1-醇	0.66	2.60		
15.958	3-十二烷醇				0.22
15.722	(Z)-3-壬烯-1-醇				0.39
16.118	反-2-十一碳烯-1-醇			1.67	1.49
16.16	Z-2-十二碳烯醇	0.91			
17.238	3-辛醇			1.43	
17.24	十一烷醇-3		0.59		2.29
19.575	2-十五碳炔-1-醇		0.28		
20.955	3-庚醇,5-甲基-				3.69
20.973	3-十二烷醇			1.58	
20.98	6-乙基-3-癸醇		1.87		
21.343	2,4-二甲基-4-辛醇	1.11			
25.22	5-戊基-1,3-苯二醇		2.79		
	醇类	11.29	24.44	21.42	23.76
5.144	苯乙烯	7.35	4.16	4.79	8.62
7.317	乙氧基-苯				0.36

表 4(续)

保留时间 /min	名称	含量/%			
		热蒸	热煮	冷蒸	冷煮
7.343	苯酚		0.22		0.55
11.233	1,2,4,5-四甲基-苯		0.28		
13.977	5-丙基-1,3-苯并二噁 唑			0.48	
15.004	2'-羟基-4',5'-二甲苯乙 酰苯			0.2	
15.533	1-丁基-4-甲氧基-苯			0.66	
16.344	戊甲基-苯		0.84		
45.765	4,4'-(1-甲基亚乙基)二- 苯酚	0.68	0.32		
芳香族		8.03	5.82	6.13	9.53
9.98	甲酸辛基酯			3.85	
16.69	琥珀酸丁基 4-庚基酯				4.52
16.71	琥珀酸丁基十三碳-2- 炔基酯		3.61		
20.556	壬烷酸 5-甲基-乙基酯		0.71		
20.567	2-甲基壬烷酸甲基酯			1.05	
21.323	琥珀酸丁基环庚基酯		0.92		
24.226	琥珀酸 2-(2-甲氧基乙 基)庚基戊基酯				0.62
24.25	琥珀酸环庚基己基酯			1.32	
24.252	琥珀酸 1-环戊基乙基 己基酯		0.71		
24.465	2-甲基-辛酸甲基酯			0.34	
25.169	琥珀酸 3,4-二甲基环己 基己基酯				1
25.189	琥珀酸,环己基乙基酯			1.99	
25.219	辛酸 4-甲基-乙基酯, (+/-)-	0.88			
41.944	十六烷酸乙基酯	0.4			
酯类		1.28	5.95	8.55	6.14
2.671	吡啶	1.44	1.19	0.97	
5.584	2,6-二甲基-吡嗪				1.49
7.328	5-甲基-嘧啶		0.72		
9.015	N,N-二甲基-苯甲胺		0.27	0.71	
16.831	吡啶	4.8	7.99		6.02
17.162	N,N-二丁基-甲酰胺		1.18		
23.304	1-乙氧基-4-硝基-苯		2.11		
含氮		6.24	13.46	1.68	7.51
8.390	2-乙酰基噻唑	1.14	4.48	1.65	2.7
17.346	亚硫酸丁基壬基酯	0.33			
20.000	青霉胺	1.59	2.39	5.07	6.95
21.085	硫代二甘醇		0.59		
含硫		3.06	7.46	6.72	9.65
7.516	5-(戊氧基)-(E)-2-戊烯			1.1	
7.665	2-戊基-咪喃	0.96			
其他		0.96	0	1.1	0

表 5 4 种烹制方式雌性青蟹肝胰腺挥发性风味物质相对含量
Table 5 Volatile compound content of the hepatopancreas from female mud crabs under 4 cooking methods

保留时间 /min	中文名称	含量/%			
		热蒸	热煮	冷蒸	冷煮
7.284	3-甲基-2-庚烯				1.41
8.613	(E,E)-1,3,6-辛三烯		0.66		
8.654	1,5-环辛二烯				0.91
8.66	4-甲基-1-戊炔		0.67		
8.732	1,5-二甲基-1,5-环辛二 烯				0.38
8.752	苧烯	0.97	2.02		
12.789	1-甲基-环戊烯				3.77
12.849	2-甲基-3-辛炔			1.13	
13.033	环己烯			0.94	
13.694	(Z,Z)-1,4-环辛二烯		1.83	0.64	0.34
15.424	(E)-3-甲基-5-十一碳烯				0.21
15.459	3-亚甲基-壬烷	1.21			
15.949	2-甲基-二环[2.2.1]庚烷				0.58
16.045	1,11-十二碳二烯				0.26
16.088	1,4-辛二烯			1.23	0.67
16.282	环癸烷		0.97		
16.400	(Z,Z)-1,4-环辛二烯		0.74		
16.545	1,2,4-三甲基-环戊烷		0.9		
19.778	1,3-顺,5-顺-辛三烯				3.17
19.399	5-十一碳炔				3.19
19.42	1,9-癸二烯	3.61	2.41		
19.889	1,19-二十碳二烯				2.35
20.097	1,11-十二碳二炔				1.57
20.108	(Z)-3-十一碳烯-5-炔		1.26		
20.243	3-亚甲基-十一烷				2.56
20.254	3-甲基-(E)-2-十一碳烯,		2.59		
21.486	3-乙基基-环己烯	0.63			
22.219	(Z)-4-十三碳烯-6-炔	0.4			
23.311	十七烷				0.63
23.701	(Z)-6-十三碳烯-4-炔	0.77	0.51		
32.487	2,6,10,14-四甲基-十五 烷	0.85	1.47	1.24	3.26
烃类		8.44	17.3 6	19.29	13.94
2.176	戊醛	6.42	4.62	1.69	
3.361	己醛	2.37	0.99	0.80	0.28
4.300	(E)-2-己烯醛				0.7
6.733	(E)-2-庚烯醛,			0.94	1.43
6.853	苯(甲)醛	13.25	9.59	7.63	7.64
8.027	辛醛	2.59	1.15	1.27	
8.233	(E,E)-2,4-庚二烯醛	1.42	6.25	4.65	5.86
9.134	苯乙醛	2.96	4.30	3.54	5.54
9.585	(E)-2-辛烯醛	2.2	2.69	3	3.12
10.964	壬烷醛	3.12	1.64	2.76	1.56
11.107	(E,E)-2,4-辛二烯醛	0.58	0.52	0.76	0.56
12.354	(E,Z)-2,6-壬二烯醛	1.35	2.25	2.37	2.82
12.577	2-壬烯醛	0.48	1.62	1.67	2
12.618	4-乙基-苯(甲)醛	0.28			
13.684	5-(亚甲基环丙基)-戊醛				0.49
14.051	癸醛	0.48	0.59	0.72	0.36

表 5(续)

保留时间 /min	中文名称	含量/%			
		热蒸	热煮	冷蒸	冷煮
15.882	(E)-2-庚烯醛				1.36
15.889	(E)-2-十三碳烯醛			1.65	
17.891	(E,E)-2,4-癸二烯醛	0.54	0.72	0.86	1.26
21.297	十二烷醛				0.38
21.310	十三烷醛			0.48	
21.329	十五烷醛-	1.23	0.68		
29.019	十六烷醛			0.47	
32.775	十四烷醛	0.81		0.88	0.85
	醛类	40.08	38.55	37.33	35.76
7.294	1-辛烯-3-酮	1.73	1.07	2.36	
7.522	4-壬烷酮		2.89		
7.530	2,5-辛二酮	6.72		3.85	
10.206	1-(6-甲基-2-吡嗪基)-1-乙酮	1.69			
10.547	2-壬烷酮	0.7	1.1		
10.575	(E,E)-3,5-辛二烯-2-酮	1.07	1.41	2.78	1.94
13.175	1-癸烯-3-酮	3.25	6.49	4.46	11.51
13.416	3-癸酮	3.27	2.5	4.15	1.65
16.988	2,8-二甲基-5-壬烷酮			1.05	
17.002	2-十一烷酮	1.05			
19.39	二环[3.2.0]庚烷-2-酮				4.61
29.227	二苯甲酮		0.38		0.36
30.672	1-(2-羟基-4,6-二甲氧苯基)-乙酮	0.34			
	酮类	19.82	15.84	18.65	20.07
6.749	1-壬烷醇	1.11			
7.386	1-壬烯-3-醇				1.07
7.392	1-辛烯-3-醇	2.14		1.28	
7.875	环庚-4-烯醇			1.15	
8.648	3-壬烯-1-醇				1.01
9.961	(Z)-5-辛烯-1-醇		4.11		
9.977	1-辛醇	3.45			
12.798	3-甲基-4-戊烯-1-醇		2		
12.842	10-十一碳烯-1-醇				0.63
12.846	顺-9,10-环氧十八烷-1-醇			1.52	
13.805	3-癸醇	0.98		0.96	
15.899	2-亚甲基环戊醇	0.63	0.87		
15.956	(Z)-5-癸烯-1-醇			0.38	
16.267	1-癸醇				1.31
17.006	(E)-2-己烯-4-炔-1-醇				1.3
19.911	10-十二碳烯醇		2.27		
19.922	18-十九碳烯-1-醇	2.24			
25.207	5-戊基-1,3-苯二醇			1.55	
	醇类	10.55	9.25	6.84	5.32
5.137	苯乙烯	5.74	10.14	7.39	8.34
10.507	(2-甲基-1-丙烯基)-苯		0.63		
12.229	1,2,4,5-四甲基-苯		0.19		
13.244	萘		2.41		1.72
16.718	1-甲氧基-4-(1-丙烯基)-苯	1.33	0.77	0.83	0.73

表 5(续)

保留时间 /min	中文名称	含量/%			
		热蒸	热煮	冷蒸	冷煮
24.749	丁基羟基甲苯				0.21
45.762	4,4'-(1-甲基亚乙基)二-苯酚	0.55			
	芳香族	7.62	14.14	8.22	11
14.422	2-乙基-丁酸-1,2,3-丙三基酯				0.53
15.280	2-丙烯酸-2-乙基己基酯		0.17		
16.420	戊酸 10-十一碳烯基酯	0.46			
41.940	十六烷酸乙基酯	0.29			
	酯类	0.75	0.17	0.53	0
2.662	吡啶	2.57	0.12	1.73	
3.645	5-甲基-2-苯基-1H-咪唑	1.18			
3.847	甲基-吡嗪				0.03
7.917	2-乙基-3-甲基吡嗪	1.97			
8.467	乙酰基吡嗪				2.13
10.188	1-(5-甲基-2-吡嗪基)-1-乙酮				1.02
16.832	咪唑	0.89	1.56	1.22	2.38
17.154	N,N-二丁基-甲酰胺			0.95	
17.709	2-羰基-1-甲基-3-异丙基吡嗪			1.14	
	含氮	6.61	1.68	5.04	5.56
8.379	2-乙酰基噻唑	2.23	1.67	1.39	
15.099	异噻唑,4-甲基-			0.57	0.21
16.293	1-癸硫代	0.46		0.93	
	含硫	2.69	1.67	2.89	0.21
7.518	5-(戊氧基)-(E)-2-戊烯				3.45
7.649	2-戊基咪喃-		0.97	0.99	1.42
7.655	2-n-辛基咪喃	2.79			
21.317	十三烷基-噁丙环		0.33		
23.295	5-己基二氢-2(3H)-咪喃酮	0.63			
	其他	3.42	1.3	0.99	1.42

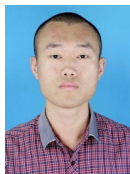
参考文献

- 林琪. 中国青蟹属种类组成和拟穴青蟹群体遗传多样性的研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2008.
LIN Q. Species composition of *Genus scylla* and genetic diversity of *Scylla paramamosain* populations in China [D]. Xiamen: Xiamen University, 2008.
- 刘亚云, 孙红斌, 陈桂珠. 红树林滩涂海水种植-养殖湿地锯缘青蟹重金属含量及评价[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(3): 206-208.
LIU YY, SUN HB, CHEN GZ. Evaluation on heavy metal contents in mud crab (*Scylla serrata*) from mangrove planting-culturing wetland [J]. Mar Environ Sci, 2008, 27(3): 206-208.
- 农业农村部渔业渔政管理局. 2019 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.
Fisheries Bureau of the Ministry of Agriculture. China fishery statistical yearbook in 2019 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020.
- KONG Y, YANG X, DING Q, et al. Comparison of non-volatile umami components in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate [J]. Food

- Res Int, 2017, 102: 559–566.
- [5] SUN H, WANG J, ZHANG C, *et al.* Changes of flavor compounds of hydrolyzed chicken bone extracts during Maillard reaction [J]. J Food Sci, 2015, 79(12): 2415–2426.
- [6] WU N, WANG X. Comparison of gender differences in nutritional value and key odor profile of hepatopancreas of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. J Food Sci, 2017, 82(2): 536–544.
- [7] 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 Chem, 2016, 192: 1068–1077.
- [8] KONG Y, YANG X, DING Q, *et al.* Comparison of non-volatile umami components in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate [J]. Food Res Int, 2017, 102: 559–566.
- [9] GUO Y, GU S, WANG X, *et al.* Nutrients and non-volatile taste compounds in Chinese mitten crab by-products [J]. Fish Sci, 2015, 81: 193–203.
- [10] 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.
FU N, WANG XC, TAO NP, *et al.* Comparative analysis of free amino acids in four parts of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) processed by steaming and boiling [J]. Food Sci, 2013, 34(24): 178–181.
- [11] 朱堃, 郑忻, 刘梦茵, 等. 不同蒸制方式下太湖蟹感官评定及营养价值比较[J]. 食品与机械, 2017, 33(1): 32–38, 80.
ZHU S, ZHENG X, LIU MY, *et al.* Comparison sensory evaluation and nutritional value of Taihu crab steamed by different methods [J]. Food Mach, 2017, 33(1): 32–38, 80.
- [12] SHI S, WANG X, WU X, *et al.* Effects of four cooking methods on sensory and taste quality of *Portunus trituberculatus* [J]. Food Sci Nutr, 2020, 8: 1115–1124.
- [13] BELL L, METHVEN L, SIGNORE A, *et al.* Analysis of seven salad rocket (*Eruca sativa*) accessions: The relationships between sensory attributes and volatile and non-volatile compounds [J]. Food Chem, 2016, 218: 181–191.
- [14] KRAUJALYTE V, PELVAN E, ALASALVAR C. Volatile compounds and sensory characteristics of various instant teas produced from black tea [J]. Food Chem, 2016, 194: 864–872.
- [15] 王福田, 张艳凌, 朱亚军, 等. 不同生长形态雌性青蟹的性腺营养品质评价与比较[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(21): 228–236.
WANG FT, ZHANG YL, ZHU YJ, *et al.* Comparison and evaluation of nutritional qualities of gonads from female mud crab (*Scylla paramamosain*) in different growth-forms [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(21): 228–236.
- [16] 葛孟甜. 不同生境模式的中华绒螯蟹品质评价及即食蟹产品的加工工艺优化[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2019.
GE MT. Quality evaluation of Chinese mitten crab from four different eco-environment modes and processing technology optimization of ready-to-eat crab products [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2019.
- [17] 葛孟甜, 李肖婵, 林琳, 等. 我国四个地区河蟹蟹肉挥发性物质的比较[J]. 中国调味品, 2019, 44(4): 16–22.
GE MT, LI XC, LIN L, *et al.* Comparison of volatile compounds in crab meat from four regions in China [J]. China Cond, 2019, 44(4): 16–22.
- [18] LIU H, PAN T, SULEMAN R, *et al.* Effects of roasting by charcoal, electric, microwave and superheated steam methods on (non) volatile compounds in oyster cuts of roasted lamb [J]. Meat Sci, 2021, 172(2): 108324.
- [19] CHEN DW, ZHANG M. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food Chem, 2007, 104(3): 1200–1205.
- [20] ZHUANG K, WU N, WANG X, *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]. J Food Sci, 2016, 81(4): 968–981.
- [21] SABIKUN N, BAKASH A, RAHMAN MS, *et al.* Volatile and nonvolatile taste compounds and their correlation with umami and flavor characteristics of chicken nuggets added with milkfat and potato mash [J]. Food Chem, 2020, 343: 128499.
- [22] ISMAIL I, HWANG Y, JOO S. Low-temperature and long-time heating regimes on non-volatile compound and taste traits of beef assessed by the electronic tongue system [J]. Food Chem, 2020, 320: 126656.
- [23] 陈舜胜, 蒋根栋. 中华绒螯蟹蟹肉挥发性风味成分分析[J]. 食品科学, 2009, 30(20): 290–293.
CHEN SS, JIANG GD. Volatile flavor components in meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food Sci, 2009, 30(20): 290–293.
- [24] 于慧子, 陈舜胜. 中华绒螯蟹蟹肉和蟹黄中挥发性风味物质组成[J]. 食品科学, 2011, (8): 267–271.
YU HZ, CHEN YS. Comparison of volatile flavor components in cooked Chinese mitten crab meat and crab spawn [J]. Food Sci, 2011, (8): 267–271.
- [25] TURCHINI G, MORETTI V, MENTASTI T, *et al.* Effects of dietary lipid source on fillet chemical composition, flavour volatile compounds and sensory characteristics in the freshwater fish tench (*Tinca tinca* L.) [J]. Food Chem, 2007, 102(4): 1144–1155.
- [26] HIERRO E, HOZ L, ORDONEZ J. Headspace volatile compounds from salted and occasionally smoked dried meats (cecinas) as affected by animal species [J]. Food Chem, 2004, 85(4): 649–657.

(责任编辑: 李磅礴 张晓寒)

作者简介



聂勇涛, 硕士研究生, 主要研究方向为蟹加工及保鲜。

E-mail: 2892667725@qq.com



陆剑锋, 博士, 教授, 主要研究方向为水产品加工及综合利用研究。

E-mail: lujf@sibs.ac.cn