

北部湾海区几种常见牡蛎基础营养及 脂肪酸成分比较分析

王允茹¹, 蔡秋杏^{1,2*}, 张晨晓², 董庆亮², 牛改改², 石宇², 覃凤青¹

(1. 广西大学轻工与食品工程学院, 南宁 530000;

2. 北部湾大学食品工程学院钦州市海洋食品营养与安全重点实验室, 钦州 535000)

摘要: 目的 比较分析北部湾海区常见的熊本牡蛎、香港牡蛎和近江牡蛎鲜品的基础营养成分及脂肪酸组成。**方法** 以北部湾海区熊本牡蛎、香港牡蛎和近江牡蛎为实验样品, 测定其水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分的含量, 并用气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)测定脂肪酸组成及含量。

结果 香港牡蛎的水分含量(89.44 g/100 g)、近江牡蛎粗脂肪含量(1.09 g/100 g)和灰分含量(1.77 g/100 g)均显著高于另两种牡蛎($P < 0.05$), 香港牡蛎粗蛋白含量(4.59 g/100 g)显著低于另两种牡蛎($P > 0.05$)。熊本牡蛎和近江牡蛎含有 33 种脂肪酸, 而香港牡蛎为 34 种, 其中多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)含量占 41.02%~50.79%; 3 种牡蛎中二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)、二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)的含量占脂肪酸总量的 27.13%~38.65%, 近江牡蛎(27.13%)显著低于另两种牡蛎($P < 0.05$)。**结论** 北部湾海区熊本牡蛎、香港牡蛎和近江牡蛎脂肪酸种类丰富, 与饱和脂肪酸及单不饱和脂肪酸含量所占脂肪酸总量相比, PUFA 占比最高, 且以 DHA 和 EPA 为主, 具有优良的开发潜力。

关键词: 牡蛎; 基本营养物质; 脂肪酸

Comparative analysis of basic nutrition and fatty acid composition of several common oysters in Beibugulf

WANG Yun-Ru¹, CAI Qiu-Xing^{1,2*}, ZHANG Chen-Xiao², DONG Qing-Liang²,
NIU Gai-Gai², SHI Yu², QIN Feng-Qing¹

(1. College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530000, China;

2. Qinzhou Key Laboratory of Ocean Food Nutrition and Safety, Food Engineering College, Beibu Gulf University, Qinzhou 535000, China)

ABSTRACT: Objective To analyze and compare the basic nutritional composition and fatty acid composition of *Crassostrea sikamea*, *Crassostrea hongkongensis* and *Crassostrea ariakensis* in Beibu gulf. **Methods** *Crassostrea*

基金项目: 广西自然科学基金项目(2018GXNSFBA294015)、广西教育厅中青年教师基础能力提升项目(2017KY0801)、2017 年钦州学院引进高层次人才科研启动项目(2017KYQD56)、农业农村部水产品加工重点实验室 2020 年度开放基金课题(NYJG202004)

Fund: Supported by the Guangxi Natural Science Foundation Program (2018GXNSFBA294015), Guangxi Education Department's Basic Ability Improvement Project for Young and Middle-aged Teachers (2017KY0801), 2017 Qinzhou University Introduced High-level Talents Scientific Research Start-up Project (2017KYQD56), and 2020 Open Fund Project of the Key Laboratory of Aquatic Products Processing of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs (NYJG202004)

***通信作者:** 蔡秋杏, 博士, 副教授, 主要研究方向水产品加工及高值化利用。E-mail: cindyqqcai@163.com

***Corresponding author:** CAI Qiu-Xing, Ph.D, Associate Professor, Beibu Gulf University, No. 12, Binhai Avenue, Binhai New Town, Qinzhou 535000, China. E-mail: cindyqqcai@163.com

kamea, *Crassostreahongkongensis* and *Crassostrea ariakensis* in Beibu gulf were taken as experimental samples, the content of water, crude protein, crude fat and ash was determined and the composition and content of fatty acids were determined by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). **Results** The water content of *Crassostrea hongkongensis* (89.44 g/100 g), the crude fat content of *Crassostrea ariakensis* (1.09 g/100 g) and the ash content of *Crassostrea ariakensis* (1.77 g/100 g) was significantly higher than that of the other 2 oysters ($P<0.05$), the crude protein content of *Crassostreasikamea* (4.59 g/100 g) was significantly lower than that in the other 2 oysters ($P>0.05$). *Crassostreasikamea* and *Crassostrea ariakensis* contained 33 fatty acids, while *Crassostreahongkongensis* had 34 fatty acids. The content of polyunsaturated fatty acid (PUFA) accounted for 41.02%–50.79%. The content of EPA and DHA in the 3 kinds of oysters accounted for 27.13%–38.65% of total fatty acids, and the content of EPA and DHA in *Crassostrea ariakensis* (27.13%) was significantly lower than that in the other 2 oysters ($P<0.05$). **Conclusion** *Crassostreasikamea*, *Crassostreahongkongensis* and *Crassostrea ariakensis* in Beibu gulf are rich in fatty acids. Compared with saturated fatty acids and monounsaturated fatty acids, PUFA accounts for the highest proportion of total fatty acids, and DHA and EPA are the main ones, which have excellent development potential.

KEY WORDS: oyster; basic nutrients; fatty acid

0 引言

牡蛎俗称蚝、海蛎子、蛎黄,属软体动物门,双壳纲^[1],在我国沿海地区均有分布和人工养殖,其中以渤海、黄海居多,是我国重要海洋生物资源和重要经济贝类。熊本牡蛎(*Crassostreasikamea*),贝壳形状规则,壳高与壳长相差小,体型偏圆,口感紧致、清甜^[2],属于广温、广盐的牡蛎物种。香港牡蛎(*Crassostreahongkongensis*),又称“白眼蚝”,主要分布于我国南部沿海的广东、广西地区,通常生长于高温低盐度环境,是我国第二高产量的主要经济牡蛎品种^[3]。近江牡蛎(*Crassostrea ariakensis*)俗称“大蚝”,贝壳大且厚,体型多呈圆形、长卵圆形或三角形,多栖于盐度较低的淡水和大海交汇处^[4-6]。

据统计,2019年全国牡蛎海水养殖年产量约522.56万t,较2018年增加8.58万t,且年增长率较稳定。广西地区牡蛎海水养殖产量居我国第四位,产量约为65.93万t,占我国牡蛎海水养殖总产量的12.62%,是我国牡蛎主要产区之一^[7]。

牡蛎中营养成分较为丰富,富含多糖、氨基酸、B族维生素、低分子活性肽和多种矿物质等^[8]。牡蛎中的多种活性物质具有抑制肺癌细胞生长、抗氧化和抗炎活性等作用^[9-10]。现牡蛎研究多集中于牡蛎营养成分、季节性营养成分变化、呈味物质和重金属蓄积等方面,如对华南不同地区的近江牡蛎的营养成分分析、中国不同养殖区牡蛎营养成分分析和季节性改变对大连湾牡蛎营养成分的影响分析等^[11-13]。但对于同一海区不同品种牡蛎的营养成分及脂肪酸的差异鲜少见报道。

本研究对熊本牡蛎、香港牡蛎和近江牡蛎3种牡蛎的品种营养成分和脂肪酸成分进行对比分析研究,为牡蛎食药用品开发和利用提供基础数据参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

3种新鲜牡蛎去壳样品,分别是熊本牡蛎(38头/100g)、香港牡蛎(8头/100g)和近江牡蛎(5头/100g),于2019年12月购买于广西钦州市东风市场,均产自于广西北部湾钦州养殖区内,迅速带回实验室。

1.2 实验试剂

14%三氟化硼-甲醇溶液(美国Sigma-Aldrich公司);正己烷、无水乙醇、无水乙醚、石油醚(分析纯,广州化学试剂厂);37种脂肪酸甲酯混标(除棕榈酸甲酯相对含量为5.26%外,其余组分均为2.63%,德国CNW公司);硫酸、乙酸镁(分析纯,西陇科学股份有限公司);氢氧化钠、硫酸铜、硫酸钾、甲基红、溴甲酚绿(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);硼酸(分析纯,南京化学试剂股份有限公司)。

1.3 仪器与设备

3H16RI智能高速冷冻离心机(湖南赫西仪器装备有限公司);DZKW-S-4电热恒温水浴锅(北京市永光明医疗仪器有限公司);DHG-9030电热鼓风干燥箱(上海圣科仪器设备有限公司);HGC-12A氮吹仪(天津恒奥科技发展有限公司);Agilent 7890-5975气相色谱质谱联用仪(美国安捷伦科技公司)。

1.4 实验方法

1.4.1 样品前处理

熊本牡蛎、香港牡蛎和近江牡蛎去壳软体组织(不去内脏)匀浆分别取样400g,立即进行匀浆捣碎制样,−18℃冷冻保存,待分析。

1.4.2 基础营养成分测定

水分的测定按照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准食品中水分的测定》中直接干燥法进行测定;粗蛋白的测定

按照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》中凯氏定氮法进行测定;粗脂肪的测定按照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准食品中脂肪的测定》中索氏抽提法进行测定;灰分的测定按照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准食品中灰分的测定》进行测定。

1.4.3 脂肪酸的测定

(1)牡蛎脂肪提取与甲酯化

参照 GB 5009.168—2016 方法,称取 0.5 g 样品于离心管中,加入 1 mL 乙醇以及 5 mL 8.3 mol/L 盐酸,60 °C 水浴水解 30 min,冷却后加入 10 mL 石油醚振荡萃取,然后 8000 r/min 离心 5 min,吸取上层液体,氮气除去有机溶剂,得到牡蛎脂质。称取 100 mg 牡蛎脂质后加入 2 mL 14%三氟化硼-甲醇,60 °C 水浴 30 min 进行甲酯化处理,冷却后加入 1 mL 蒸馏水和 2 mL 正己烷振荡,静置分层后吸取上层有机层,氮气吹干后用 1 mL 正己烷溶解,与脂肪酸甲酯混合标准品溶液(12.5 mg/mL)待气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)分析。

(2)GC-MS 分析

色谱条件: HP-5MS 色谱柱(60 m×0.25 mm, 0.25 μm);进样口温度: 280 °C;进样量: 1.0 μL,分流比: 20:1 (I:I₀);载气: 氮气;恒线速度流速: 1.5 mL/min;升温程序: 初始柱温 120 °C,保持 1 min;以 6 °C/min 速率升到 170 °C,保持 0 min;再以 2.5 °C/min 速率升到 215 °C,保持 12 min;以 4 °C/min 速率升到 230 °C,保持 10 min;以 10 °C/min 速率升到 280 °C,保持 15 min。

质谱条件: 离子源温度 200 °C;四级杆 150 °C;连接线圈温度 260 °C;电子轰击能量 70 eV;质量扫描范围 *m/z* 40~550,溶剂切除时间为 4.4 min。

定性定量分析: 结合 NIST 17 谱库数据库,对比脂肪酸标准谱图和各脂肪酸保留时间,定性出所有的脂肪酸,再按照面积归一化法计算各脂肪酸百分含量。

1.5 数据分析

所有样品进行 3 次平行实验,严格按照国家标准规定的精密度记录数据。采用 SPSS 26.0 分析数据,*P*<0.05 表示具有显著性差异,所用描述性统计值均采用平均值±标准偏差($\bar{x}\pm s$)表示。

2 结果与分析

2.1 基础营养成分分析

由表 1 可知,香港牡蛎的含水量最高,且显著高于另两个品种(*P*<0.05),但其粗蛋白含量、粗脂肪含量和灰分含量均显著低于另两个品种(*P*<0.05);近江牡蛎的粗脂肪含量及灰分含量均显著高于另两个品种(*P*<0.05)。

3 种牡蛎的营养成分中除水分外,粗蛋白含量均最高,平均含量为 7.24 g/100 g,而脂肪的平均含量仅为

0.73 g/100 g。与日常膳食中常见的畜禽肉如猪、鸭、鸡^[14-15]和水产品如鲫鱼、鲤鱼、草鱼、罗非鱼^[16]的蛋白质和脂肪含量相比,3 种牡蛎的蛋白质含量较低,同时脂肪含量也远低于上述常见畜禽肉及水产品,可见北部湾海区的熊本牡蛎、香港牡蛎和近江牡蛎均属于低脂产品。本研究中北部湾海区的 3 种牡蛎与林海生等^[12]报道的江苏省南通市地区的熊本牡蛎(水分 76.16 g/100 g,粗蛋白 10.38 g/100 g,粗脂肪 0.48 g/100 g,灰分 1.465 g/100 g)、广东省阳江市地区的香港牡蛎(水分 77.82 g/100 g,粗蛋白 6.41 g/100 g,粗脂肪 0.32 g/100 g,灰分 0.602 g/100 g)和福建省厦门市海域的近江牡蛎(水分 71.57 g/100 g,粗蛋白 11.29 g/100 g,粗脂肪 0.71 g/100 g,灰分 1.687 g/100 g)相比,3 种牡蛎的水分含量较高,粗蛋白含量较低,熊本牡蛎和近江牡蛎的粗脂肪含量高于以上报道,而香港牡蛎相近,熊本牡蛎的灰分含量则低于报道,而香港牡蛎和近江牡蛎与报道相近。造成差异性的原因一方面可能是由于剥离牡蛎软组织时外套膜被破坏,造成组织液等有不同程度的损失;另一方面是不同品种牡蛎会受海域、季节性等因素的影响,这些因素均会造成营养成分数据的差异性^[12-17]。

表 1 熊本牡蛎、香港牡蛎和近江牡蛎基础营养成分
Table 1 Basic nutritional components of *Crassostrea sikamea*, *Crassostrea hongkongensis* and *Crassostrea ariakensis*

品种	水分 /(g/100 g)		粗蛋白 /(g/100 g)		粗脂肪 /(g/100 g)		灰分 /(g/100 g)	
	$\bar{x}$	<i>s</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>
熊本牡蛎	82.71 ^a	0.37	8.52 ^b	0.24	0.82 ^b	0.03	1.07 ^{ab}	0.04
香港牡蛎	89.44 ^b	0.63	4.59 ^a	0.24	0.27 ^a	0.02	0.73 ^a	0.04
近江牡蛎	82.03 ^a	0.20	8.60 ^b	0.16	1.09 ^c	0.03	1.77 ^c	0.01

注: 含量以湿重计; $\bar{x}$ 表示平均值, *s* 表示标准偏差, 同列数据标注不同小写字母 a~b 表示数据间存在统计学差异(*P*<0.05)。

2.2 脂肪酸营养成分分析

由表 2 所示,熊本牡蛎和近江牡蛎脂肪酸种类包括 33 种,而香港牡蛎包括 34 种。3 种牡蛎的饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)占脂肪酸总量为 33.22%~38.76%,以近江牡蛎为最高(38.76%)。其中棕榈酸(C16: 0)含量在 3 种牡蛎中均为最高,以近江牡蛎含量最高(25.68%);其次是硬脂酸(C18: 0),在熊本牡蛎中含量最高(9.08%)。其中棕榈酸有降低人体血清胆固醇含量的作用,而硬脂酸可有效抑制胆固醇吸收,调节胆酸生成,与心肌梗塞发病率呈负相关性^[18]。

3 种牡蛎中单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)含量仅占脂肪酸总量的 11.39%~20.23%,近江牡蛎最高(20.23%),且显著高于另外两种牡蛎(*P*<0.05)。其中油酸甲酯和反油酸甲酯的含量均较高,香港牡蛎的油酸甲酯

(6.53%)最高,而近江牡蛎中反油酸甲酯(6.20%)最高;在 3 种牡蛎的总脂肪酸中,多不饱和脂肪酸占总脂肪酸比例最高,为 41.02%~50.79%,其中熊本牡蛎(50.79%)显著高于近江牡蛎(41.02%)($P<0.05$)。香港牡蛎 Σ PUFA/ Σ SFA 值最高(1.49),且另外 2 种牡蛎 Σ PUFA/ Σ SFA 值也均大于 1,符合肠外肠内营养学推荐标准。研究表明,PUFA 对心血管疾病、动脉粥样硬化和炎症反应等均有改善作用,还可调节糖代谢、脂代谢紊乱等^[19-20]。另外发现 3 种牡蛎中,熊本牡蛎 PUFA 含量最高,近江牡蛎 PUFA 含量最低,而粗脂肪含量却高于熊本牡蛎,这与韦玲静等^[21]对不同规格苏氏圆腹的研究认为脂肪含量高,而脂肪酸中 PUFA 比例不一定高的结论一致。3 种牡蛎的 EPA 与 DHA 含量明显高于其他 PUFA, EPA 和 DHA 的含量之和占脂肪酸总量的 27.13%~38.65%,熊本牡蛎(38.65%)和香港牡蛎(36.40%)显著高于近江牡蛎(27.13%)($P<0.05$)。3 种牡蛎的 EPA 和 DHA 的平均含量为 34.06%,高于膳食中常见的 EPA 和 DHA 含量丰富的鲈鱼、带鱼、大黄鱼和银鲱鱼这些海鱼^[22]。EPA 和 DHA 有脑黄金的俗称,在神经系统和视觉系统发育等方面发挥作用^[23-24]。综上可知,北部湾海区的 3 种牡蛎富含多不饱和脂肪酸,且其中 EPA 和 DHA 含量占比大,有极大的开发价值。牡蛎的高附加值活性物质开发可充分利用其特点,进一步研发以牡蛎油为原料的功能食品,拓展牡蛎加工产业新方向。

表 2 熊本牡蛎、香港牡蛎和近江牡蛎中脂肪酸组成及相对含量(%)
Table 2 Fatty acid composition and relative content in *Crassostreasiakamea*, *Crassostreahongkongensis* and *Crassostreaariakensis*(%)

脂肪酸	熊本牡蛎		香港牡蛎		近江牡蛎	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
月桂酸甲酯(C12: 0)	0.21 ^b	0.11	0.04 ^{ab}	0.18	-	-
肉豆蔻酸甲酯(C14: 0)	3.08 ^b	0.04	3.11 ^b	0.06	2.82 ^a	0.03
13-甲基十四烷酸甲酯(13Methyl C14: 0)	-	-	-	-	0.20 ^b	0.00
9-甲基十四烷酸甲酯(9Methyl C14: 0)	0.10 ^b	0.17	0.10 ^b	0.00	-	-
十五烷酸甲酯(C15: 0)	0.55 ^a	0.01	0.64 ^b	0.00	1.04 ^c	0.02
14-甲基十五烷酸甲酯(14Methyl C15: 0)	0.13 ^b	0.00	0.09 ^a	0.01	0.16 ^c	0.00
棕榈酸甲酯(C16: 0)	23.54 ^a	3.28	22.13 ^a	0.09	25.68 ^a	0.32
15-甲基十六烷酸甲酯(15methyl C16: 0)	0.26 ^a	0.03	0.29 ^a	0.01	1.06 ^b	0.00
14-甲基十六烷酸甲酯(14methyl C16: 0)	0.06 ^a	0.01	0.09 ^b	0.00	0.16 ^c	0.00
十七烷酸甲酯(C17: 0)	0.82 ^a	0.09	1.19 ^b	0.05	2.37 ^c	0.03
硬酯酸甲酯(C18: 0)	9.08 ^a	2.31	5.47 ^a	0.12	5.08 ^a	0.04

表 2(续)

脂肪酸	熊本牡蛎		香港牡蛎		近江牡蛎	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
山嵛酸甲酯(C22: 0)	-	-	-	-	0.08 ^b	0.01
二十三烷酸甲酯(C23: 0)	-	-	-	-	0.04 ^b	0.00
二十四烷酸甲酯(C24: 0)	-	-	0.07 ^b	0.02	0.07 ^b	0.00
Σ SFA	37.82 ^a	5.61	33.22 ^a	0.34	38.76 ^a	0.36
肉豆蔻脑酸甲酯(C14: 1, n5c)	0.24 ^b	0.11	0.06 ^{ab}	0.07	-	-
顺-7-十六烯酸甲酯(C16: 1, n9c)	0.13 ^b	0.00	0.15 ^b	0.01	0.08 ^a	0.01
棕榈油酸甲酯(C16: 1, n7c)	1.53 ^a	0.15	2.88 ^b	0.33	3.52 ^b	0.03
顺-11-十六烯酸甲酯(C16: 1, n5c)	-	-	-	-	0.21 ^b	0.00
顺-10-十七碳烯酸甲酯(C17: 1, n7c)	0.04 ^a	0.00	0.07 ^b	0.00	0.07 ^b	0.01
油酸甲酯(C18: 1, n9c)	4.39 ^a	0.27	6.53 ^b	0.09	4.56 ^a	0.48
反油酸甲酯(C18: 1, n9t)	2.49 ^a	0.35	4.20 ^b	0.15	6.20 ^c	0.02
顺-11-二十碳烯酸甲酯(C20: 1, n9c)	1.01 ^a	0.26	1.68 ^b	0.09	2.83 ^c	0.01
顺-13-二十碳烯酸甲酯(C20: 1, n7c)	1.56 ^a	0.28	1.75 ^{ab}	0.18	2.23 ^b	0.00
芥酸甲酯(C22: 1, n9c)	-	-	-	-	0.54 ^b	0.03
Σ MUFA	11.39 ^a	1.20	17.33 ^b	0.68	20.23 ^c	0.53
γ -亚麻酸甲酯(C18: 3, n6c)	0.08 ^a	0.01	0.21 ^c	0.00	0.14 ^b	0.02
顺-8, 11, 14, 17-十八碳四烯酸甲酯(C18: 4, n1c)	3.30 ^b	0.18	3.39 ^b	0.02	1.78 ^a	0.04
亚油酸甲酯(C18: 2, n6c)	1.57 ^a	0.18	2.35 ^b	0.10	2.86 ^c	0.01
亚麻酸甲酯(C18: 3, n3c)	-	-	-	-	2.09 ^b	0.34
反亚油酸甲酯(C18: 2, n6t)	0.24 ^a	0.06	0.35 ^{ab}	0.02	0.41 ^b	0.03
花生四烯酸甲酯(C20: 4, n6c)	2.73 ^b	0.29	2.10 ^a	0.03	2.48 ^{ab}	0.09
二十碳五烯酸甲酯(C20: 5, n3c)	18.75 ^b	1.12	19.45 ^b	0.26	12.53 ^a	0.12
顺 8, 11, 14-二十烷三烯酸甲酯(C20: 3, n6c)	0.09 ^b	0.02	0.22 ^c	0.03	-	-
二十碳二烯酸甲酯(C20: 2, n8c)	0.22 ^b	0.04	0.47 ^c	0.05	-	-

表 2(续)

脂肪酸	熊本牡蛎		香港牡蛎		近江牡蛎	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
二十碳四烯酸甲酯 (C20: 4, n3c)	0.38 ^b	0.06	0.53 ^b	0.01	-	-
二十碳二烯酸甲酯 (C20: 2, n6c)	-	-	0.10 ^b	0.01	-	-
二十一碳五烯酸甲 酯(C21: 5, n3c)	0.40 ^a	0.10	0.64 ^b	0.00	0.28 ^a	0.02
二十二碳五烯酸甲 酯(C22: 5, n6c)	0.56 ^a	0.09	0.29 ^a	0.34	0.86 ^a	0.07
顺-二十二碳六烯酸 甲酯(C22: 6, n3c)	19.90 ^b	1.79	16.95 ^{ab}	0.72	14.60 ^a	0.10
二十二碳五烯酸甲 酯(C22: 5, n3c)	1.07 ^a	0.14	1.08 ^a	0.02	0.82 ^a	0.03
二十二碳二烯酸甲 酯(C22: 2, n9c)	0.21 ^b	0.05	-	-	-	-
顺-13, 16-二十二碳 二烯酸甲酯 (C22: 2, n6c)	1.28 ^a	0.27	1.32 ^a	0.21	2.17 ^b	0.00
EPA+DHA	38.65 ^b	2.91	36.40 ^b	0.98	27.13 ^a	0.22
ΣPUFA	50.79 ^b	4.41	49.45 ^{ab}	1.01	41.02 ^a	0.89
ΣPUFA/ΣSFA	1.37 ^a	0.32	1.49 ^a	0.04	1.07 ^a	0.03
Σn-6	6.56 ^a	0.92	6.94 ^a	0.14	8.92 ^b	0.23
Σn-3	40.50 ^b	3.22	38.65 ^b	0.95	30.32 ^a	0.62
Σn-6/Σn-3	0.16 ^a	0.01	0.18 ^a	0.00	0.29 ^b	0.00

注: ΣSFA 表示饱和脂肪酸含量; ΣMUFA 表示单不饱和脂肪酸含量; ΣPUFA 表示多不饱和脂肪酸含量; EPA+DHA 表示二十二碳六烯酸(C22: 6)与二十碳五烯酸(C20: 5)含量之和; n-6 表示 n-6 系脂肪酸; n-3 表示 n-3 系脂肪酸; “-”表示该物质未检出, 同列数据标注不同小写字母 a~b 表示数据间存在统计学差异($P<0.05$)。

近江牡蛎的Σn-6/Σn-3 值(0.29)与熊本牡蛎(0.16)和香港牡蛎(0.18)存在显著性差异($P<0.05$)。联合国粮农组织推荐膳食脂肪酸摄入量 n-6/n-3 比值为(5~10):1, 国家卫生和计划生育委员会的推荐摄入比为(7.3~4):(0.87~0.6)^[25]。3 种牡蛎的Σn-6/Σn-3 值(0.16~0.29)均远低于上述推荐值。然而研究发现^[26~27]膳食中Σn-6/Σn-3 值为 1 时, 能够更好地抑制脂肪产生, 降低总胆固醇和甘油三酯水平。所以, 目前Σn-6/Σn-3 值为多少更有益于人体健康尚有争论。植物油作为日常膳食中的主要油脂, 富含 n-6 系 PUFA, 缺乏 n-3 系 PUFA^[28~29], 或由于油脂加工造成 n-3 系 PUFA 损失等原因都会造成 n-3 系 PUFA 摄入不足, 膳食脂肪酸比例不平衡, 而北部湾海区 3 种牡蛎拥有 n-3 系 PUFA 远高于 n-6 系 PUFA 的特点, 可以提高膳食 n-3 系 PUFA 的摄入, 调节膳食中 n-3 系 PUFA 和 n-6 系 PUFA 比例平衡。

3 结 论

本研究对北部湾海区的熊本牡蛎、香港牡蛎和近江牡

蛎 3 种牡蛎的基础营养成分和脂肪酸测定可知, 3 种牡蛎的基础营养成分存在显著差异, 但均属于低脂水产品。3 种牡蛎的脂肪酸组成种类均较多(33 种、34 种、33 种), 饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸组成种类丰富, PUFA 占比高, 尤其是 EPA 和 DHA, 可作为补充 EPA 与 DHA 的优质来源。且Σn-6/Σn-3 值较低, n-3 系 PUFA 占比较高, 更好的改善日常膳食中 n-6 系 PUFA 摄入高而缺乏 n-3 系 PUFA 的情况, 保持脂肪酸种类摄入平衡。

由于牡蛎中脂肪含量较低, 以往对于牡蛎的研究多聚焦于蛋白质及其氨基酸的分析, 而忽略其脂肪及其脂肪酸的探究。本研究对北部湾海区的熊本牡蛎、香港牡蛎和近江牡蛎的脂肪酸组成及含量进行初步探索及系统评价。EPA 和 DHA 在医疗保健方面有着重要作用, 而本研究中的 3 种牡蛎是良好的天然 EPA 和 DHA 来源, 可进一步对其提取, 并探究其特定的生理功能。

参考文献

[1] 王海艳, 郭希明, 刘晓, 等. 中国近海“近江牡蛎”的分类和订名[J]. 海洋科学, 2007, 31(9): 85–86.
WANG HY, GUO XM, LIU X, *et al.* Classification of “Jin jiang” oysters in China [J]. Mar Sci, 2007, 31(9): 85–86.

[2] 王涛, 李琪. 不同盐度和温度对熊本牡蛎(*Crassostrea sikamea*)稚贝生长与存活的影响[J]. 海洋与湖沼, 2017, 48(2): 297–302.
WANG T, LI Q. Effects of salinity and temperature on growth and survival of juvenile of(*Crassostrea sikamea*) [J]. Oceanologia Et Limnologia Sin, 2017, 48(2): 297–302.

[3] 张跃环, 王昭萍, 喻子牛, 等. 养殖牡蛎种间杂交的研究概况与最新进展[J]. 水产学报, 2014, 38(4): 612–623.
ZHANG YH, WANG ZP, YU ZN, *et al.* A recent review of interspecific hybridization among cultivated oysters [J]. J Fish China, 2014, 38(4): 612–623.

[4] 王赛时. 海天万里食牡蛎——古代饮食奇珍录之十六[J]. 四川烹饪, 1999, (1): 13–14.
WANG SS. Eating oysters in the sea and sky—the 16th record of ancient food treasures [J]. Sichuan Cuis, 1999, (1): 13–14.

[5] 薛春汀. 天津宁河县俄口牡蛎礁剖面与海面变化关系的讨论[J]. 地理科学, 2003, (1): 49–51.
XUE CT. Discussion on relationship between Holocene Sea Level Fluctuation and BiaokouSection, Ninghe, Tianjin, China [J]. Sci Geogr Sin, 2003, (1): 49–51.

[6] 李坚明, 刘坚红. 广西近江牡蛎产业发展现状与对策[J]. 中国水产, 2008, (4): 82–83.
LI JM, LIU JH. Present situation and countermeasures of oyster industry development in Guangxi [J]. China Fish, 2008, (4): 82–83.

[7] 农业农村部渔业渔政管理局. 2020 中国渔业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.
Fishery Administration Bureau of Ministry of Agriculture and Rural Areas. 2020 China fisheries yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020.

[8] 赵思远, 吴楠, 孙佳明, 等. 近 10 年牡蛎化学成分及药理研究[J]. 吉林中医药, 2014, 34(8): 821–824.
ZHAO SY, WU N, SUN JM, *et al.* The chemical constituents and pharmacology research of oyster in recent 10 years [J]. Jilin J Chin Med,

- 2014, 34(8): 821–824.
- [9] 武美彤, 张海欣, 张梦, 等. 牡蛎酶解物对 Lewis 肺癌的抑制作用及机制[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(11): 98–104.
WU MT, ZHANG HX, ZHANG M, *et al.* Inhibition and mechanism of oyster enzymatic hydrolysate on Lewis lung cancer [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(11): 98–104.
- [10] QIAN BJ, ZHAO X, YANG Y, *et al.* Aantioxidant and anti-inflammatory peptide fraction from oyster soft tissue by enzymatic hydrolysis [J]. Food Sci Nutr, 2020, 8(7). DOI: 10.1002/fsn3.1710.
- [11] 方玲, 马海霞, 李来好, 等. 华南地区近江牡蛎营养成分分析及评价[J]. 食品工业科技, 2018, 39(2): 301–307.
FANG L, MA HX, LI LH, *et al.* Analysis and evaluation of nutrient components in ostreorivularis from south China sea coast [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(2): 301–307.
- [12] 林海生, 秦小明, 章超桦, 等. 中国沿海主要牡蛎养殖品种的营养品质和风味特征比较分析[J]. 南方水产科学, 2019, 15(2): 110–120.
LIN HS, QIN XM, ZHANG CH, *et al.* Comparative analysis of nutritional components and flavor characteristics of cultivated oyster from different coastal areas of China [J]. South China Fish Sci, 2019, 15(2): 110–120.
- [13] 刘雁飞. 大连湾牡蛎热风干制过程中脂质的变化与控制[D]. 大连: 大连工业大学, 2019.
LIU YF. Change and its control of lipids in oyster (*Crassostrea talienwhanensis*) during hot air drying process [D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2019.
- [14] 陶柏秋, 徐红颖. 兔肉与鸡肉、猪肉中脂肪和蛋白质含量的比较分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2015, (6): 118–120.
TAO BQ, XU HY. Comparative analysis of fat and protein content in rabbit, chicken and pork [J]. Heilongjiang Anim Sci Vet Med, 2015, (6): 118–120.
- [15] 王健, 臧大存, 左伟勇, 等. 品种和部位对鸭肉肉质的影响[J]. 家畜生态学报, 2008, 29(6): 26–33.
WANG J, ZANG DC, ZUO WY, *et al.* Effect of breed and cutting position on meat quality of duck meat [J]. J Domest Anim Ecol, 2008, 29(6): 26–33.
- [16] 王玉林, 林婉玲, 李来好, 等. 4 目 13 种淡水鱼肌肉基本营养成分分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(11): 277–283.
WANG YL, LIN WL, LI LH, *et al.* Basic nutrient composition analysis of freshwater fish muscles based on four orders and thirteen species [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(11): 277–283.
- [17] 张智翠. 太平洋牡蛎品质的季节性变化及贮藏过程中的生化变化[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
ZHANG ZC. Oyster quality changes during different season and storage [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2006.
- [18] 陈银基, 鞠兴荣, 周光宏. 饱和脂肪酸分类与生理功能[J]. 中国油脂, 2008, (3): 35–39.
CHEN YJ, JU XR, ZHOU GH. Classification and physiological function of saturated fatty acids [J]. China Oils Fats, 2008, (3): 35–39.
- [19] DAS UN. Estrogen, statins, and polyunsaturated fatty acids: similarities in their actions and benefits-is there a common link? [J]. Nutrition, 2002, 18(2): 178–188.
- [20] 李鼎, 王大新. ω -3 多不饱和脂肪酸改善心血管预后临床研究进展[J]. 中南医学科学杂志, 2020, 48(6): 655–659.
LI D, WANG DX. Clinical researches of ω -3 polyunsaturated fatty acids in improving prognosis in cardiovascular diseases [J]. Med Sci J Cent South China, 2020, 48(6): 655–659.
- [21] 韦玲静, 叶香尘, 莫飞龙, 等. 不同规格苏氏圆腹(鱼芒)肌肉营养成分分析[J]. 养殖与饲料, 2020, 19(7): 15–20.
WEI LJ, YE XC, MO LF, *et al.* Analysis of nutritional composition of muscle of different sizes of Su's round belly (fish awn) [J]. Anim Breed Feed, 2020, 19(7): 15–20.
- [22] 许星鸿, 刘翔. 8 种经济鱼类肌肉营养成分比较研究(英文)[J]. 食品科学, 2013, 34(21): 75–82.
XUXH, LIU X. Nutritional composition of muscles from 8 species of economic fishes (English) [J]. Food Sci, 2013, 34(21): 75–82.
- [23] DYE D. EPA and DHA needed for optimal nervous system function(IN THE NEWS)(Brief article) [J]. Life Extension, 2010, 11(3).
- [24] STOUGH C, DOWNEY L, SILBER B, *et al.* The effects of 90-day supplementation with the omega-3 essential fatty acid docosahexaenoic acid (DHA) on cognitive function and visual acuity in a healthy aging population [J]. Neurobiol aging, 2012, 33(4): 821–824.
- [25] Society CN. Chinese dietary reference intakes-2013[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017.
Society CN. Chinese dietary reference intakes-2013 [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2017.
- [26] 贾曼雪. 膳食 n-3/n-6 多不饱和脂肪酸构成比大鼠血脂影响及其机制研究[D]. 西安: 第四军医大学, 2009.
JIA MX. Effects of dietary ratios of n-3 to n-6 polyunsaturated fatty acids on lipid metabolism of SD rats [D]. Xi'an: The Fourth Military Medical University, 2009.
- [27] 黄洁, 欧阳彩群, 杨森林, 等. 不同 n-6/n-3 多不饱和脂肪酸构成比高脂饲料喂养大鼠脂联素和糖脂代谢及抗氧化能力的影响[J]. 卫生研究, 2020, 49(1): 86–91.
HUANG J, OUYANG CQ, YANG SL, *et al.* Effects of different ratios of n-6/n-3 polyunsaturated fatty acid on adiponectin, glycolipid metabolism and antioxidant capacity in high fat-diet fed rats [J]. J Hyg Res, 2020, 49(1): 86–91.
- [28] 周永奎, 李二超, 陈立侨. 鱼油在水产饲料中的应用[J]. 饲料广角, 2005, (4): 39–41.
ZHOU YK, LI EC, CHEN LQ. Application of fish oil in aquatic feed [J]. Feed China, 2005, (4): 39–41.
- [29] 岳超, 喻宁华, 李红爱, 等. 湖南茶油中脂肪酸及活性成分研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(5): 1972–1977.
YUE C, YU NH, LI HA, *et al.* Research on fatty acids and active components in *Camelliaoleifera* Abel. seed oil of Hunan province [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(5): 1972–1977.

(责任编辑: 郑丽)

作者简介



王允茹, 硕士研究生, 主要研究方向为水产品加工及高值化利用。
Email: yunruruby@163.com



蔡秋杏, 博士, 副教授, 主要研究方向为水产品加工及高值化利用。
E-mail: cindyqqcai@163.com