

4种海产贝类中主要呈味物质含量与季节变化的关系

孙莎¹, 钟婵¹, 章骞², 蔡秋凤^{1,2}, 翁凌^{1,2}, 曹敏杰^{1,2}

(1. 集美大学食品与生物工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 水产品深加工技术国家地方联合工程研究中心, 福建 厦门 361021)

[摘要] 以福建产鲜活杂色蛤(*Ruditapes philippinarum*)、缢蛏(*Sinonovacula constricta*)、褶牡蛎(*Ostrea plicatula*)和皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai*)为研究对象, 每月分别检测其汤汁中的游离氨基酸、核苷酸、糖原含量, 以探明这3种主要呈味物质的季节性变化规律。结果显示: 4种贝类的呈味氨基酸含量在1—4月份较高, 特别是2—3月份的质量含量均在2000 mg/kg以上, 而6—8月份间的杂色蛤、皱纹盘鲍、褶牡蛎以及9月份的缢蛏的呈味氨基酸含量相对较低; 在呈味核苷酸含量方面, 4种贝类在1—4月份含量较高, 特别是缢蛏和杂色蛤的含量均大于400 $\mu\text{g/g}$, 而7—10月份的含量相对较低; 同时, 4种贝类的糖原含量也表现出相似的规律, 在2—4月份较高, 9—10月份则较低。可见, 4种海洋贝类在呈味物质的含量上均表现出明显的冬春季节高于夏秋两季的规律。

[关键词] 贝类; 呈味氨基酸; 呈味核苷酸; 糖原; 季节变化

[中图分类号] TS 254.2

Seasonal Variation of Taste-active Component Contents in Four Species of Marine Shellfish

SUN Sha¹, ZHONG Chan¹, ZHANG Qian², CAI Qiu-feng^{1,2}, WENG Ling^{1,2}, CAO Min-jie^{1,2}

(1. College of Food and Biological Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China; 2. National and Local Joint Engineering Research Center of Deep Processing Technology for Aquatic Products, Xiamen 361021, China)

Abstract: This study analyzed the seasonal variation in the content of free amino acids, nucleotide, glycogen from the cooking liquor of four species of marine shellfish, including *Ruditapes philippinarum*, *Sinonovacula*, *Ostrea plicatula*, and *Haliotis discus hanna*. The results showed that the contents of taste-active amino acids in the four species of marine shellfish were relatively high during the period from January to April, especially in February and March, which was more than 2000 mg/kg. While, it was relatively low in *Ruditapes philippinarum*, *Haliotis discus hanna* and *Ostrea plicatula* during the period from June to August, and *Sinonovacula* in September. The content of taste-active nucleotide was high in all four species of shellfish from January to April, especially *Sinonovacula* and *Ruditapes philippinarum* revealed values higher than 400 $\mu\text{g/g}$ while was relatively low between July and October. On the other hand, the content of glycogen showed the similar tendency in four species of shellfish. They were all high from February to April and low in September and October. In conclusion, the contents of taste-active components in the four species of marine shellfish were higher in winter and early spring than those in summer and autumn.

Keywords: shellfish; taste-active amino acids; taste-active nucleotide; glycogen; seasonal variation

[收稿日期] 2016-01-16

[修回日期] 2016-04-07

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(31471640); 国家海洋局海洋公益性行业科研专项(201305015)

[作者简介] 孙莎(1990—), 女, 硕士生, 主要从事水产品深加工研究。通信作者: 曹敏杰(1964—), 男, 教授, 博士, 主要从事蛋白质化学及水产品深加工研究, E-mail: mjcao@jmu.edu.cn。

0 引言

我国是贝类养殖大国,2014年贝类养殖量达1300万t,其中,海水贝类养殖产量占海水养殖总产量的74%^[1]。贝类营养丰富,味道鲜美,深受国内外消费者青睐。食品的风味主要由气味和滋味组成。气味是指具有挥发性的化合物,滋味是不具有挥发性的呈味物质,主要包括游离氨基酸、核苷酸、有机碱等含氮化合物和一些不含氮化合物如糖类、有机酸等^[2]。迄今为止,国内外关于贝类呈味物质的研究已有较多报道:BROWN等^[3]通过减缺试验(omission test)发现,谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、一磷酸腺苷(AMP)影响鲍鱼的特征性风味;KONOSU等^[4]指出,糖原本身无呈味效果,但它使扇贝更加醇厚鲜美:在翡翠贻贝(*Perna viridis*)中,肌苷酸(IMP)对甜味有贡献,而呈味游离氨基酸则与甘味相关^[5];杨文鸽等^[6]报道了游离氨基酸、AMP、糖原对缢蛏(*Sinonovacula constricta*)鲜味起重要作用。不同贝类呈味物质的组成和含量有较大差异,而这也是它们具有不同特征滋味的主要原因。普遍认为,呈味氨基酸、核苷酸和糖原对贝类的呈味起着至关重要的作用。

由于水产动物肌肉的理化成分随季节而变化,因此它们的呈味也具有季节差异。HWANG等^[7]研究发现,红鳍东方鲀(*Takifugu rubripe*)的呈味成分包括游离氨基酸(Ala, Gly, Glu, Arg)和核苷酸(AMP, IMP),它们的含量在7月到次年1月较丰富,因此此时的红鳍东方鲀的适口性较好。章骞等^[8]发现杂色蛤中牛磺酸的含量随季节变化并呈现气温高则牛磺酸含量低的规律。随着我国贝类产量的不断增加以及加工的深入,对贝类呈味物质季节性变化规律的探究显得尤为关键,但相关的基础数据相当有限。福建是贝类生产大省,总产量占全国的近40%。因此,本研究以福建省养殖量位居前4位的贝类为对象,探明游离氨基酸、核苷酸、多糖3大类主要呈味物质的季节性变化规律,以为贝类的深加工提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲜活杂色蛤(*Ruditapes philippinarum*)、缢蛏(*S. constricta*)、褶牡蛎(*Ostrea plicatula*)和皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai*)购于厦门市集美菜市场。样品采集时间从2015年1月至12月,每月1—5日采样一次。

氨基酸混合标准品,AMP, IMP, ADP标准品(Sigma, 美国),邻苯二甲醛(Agilent Technologies, 美国),磷酸二氢钠(Aladdin, 中国),甲醇,乙腈(Fisher Scientific, 美国),均为色谱纯;蒽酮、硫酸、硼酸、三氯乙酸、高氯酸、氢氧化钠等,均为分析纯试剂,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

Agilent 1260高效液相色谱仪(Agilent Technologies, 美国),色谱柱:ZORBAX Eclipse AAA (4.6 mm × 150 mm, 5 μm, Agilent Technologies, 美国);Shodex Asahipak GS-320HQ (75 mm × 300 mm, 5 μm, Shodex, 日本);JA-26S XP型高速冷冻离心机(Beckman, 美国);小型台式高速冷冻离心机(Eppendorf, 德国);恒温水浴锅(Memmert, 德国);酶标仪(Tecan, 瑞士);低温冷柜(海尔, 中国);pH计(Sartorius, 德国)。

1.3 实验方法

1.3.1 标准曲线的绘制

1) 核苷酸标准曲线的绘制 准确称取AMP、IMP、ADP标准品,分别配成质量浓度为100 mg · L⁻¹的标准溶液,再进一步稀释成质量浓度为50、20、10、5 mg · L⁻¹的溶液,经0.22 μm水系滤膜过滤后置于自动进样器的样品瓶中,用Agilent 1260高效液相色谱仪进行测定。以核苷酸标准品浓度为横坐标,峰面积为纵坐标,制作标准曲线,得到回归方程。

2) 葡萄糖标准曲线的绘制 准确称取葡萄糖标准品,配制成质量浓度为1 g · L⁻¹的标准溶液,再进一步稀释成质量浓度为320、160、80、40、20、10 mg · L⁻¹的溶液,按照糖原测定方法,与蒽

酮硫酸试剂反应后,用酶标仪测定 630 nm 处吸光度值。以葡萄糖质量浓度为横坐标,吸光度值为纵坐标,绘制标准曲线,得到线性方程。

3) 游离氨基酸标准曲线的绘制 将氨基酸混合标准品 ($2.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HCl 稀释成 2 、 1.5 、 1 、 $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的混合标准溶液,经邻苯二甲醛 (OPA) 在线衍生后供高效液相色谱分析,以氨基酸标准品浓度为横坐标,峰面积为纵坐标,制作标准曲线,得到回归方程。

1.3.2 样品预处理

将杂色蛤、缢蛏、褶牡蛎、皱纹盘鲍等 4 种海产贝类带壳清洗干净后,分别准确称取 1 kg,加入 1 L 水,水煮 20 min,过滤取汤汁,并记录体积,样品储存在 -30°C 备用。分别测定汤汁中游离氨基酸、呈味核苷酸、糖原含量,研究其随季节变化情况。

1.3.3 糖原含量的测定

糖原含量测定采用蒽酮比色法^[9]。

1.3.4 游离氨基酸测定

参考安捷伦高效液相色谱氨基酸分析方法。样品解冻后,混合均匀。准确吸取 500 μL 样品于 2 mL 离心管中,加入等体积的质量分数 10% 三氯乙酸 (TCA) 振荡混匀,冰浴 30 min 后 8843 r/min 离心 15 min,上清液经 0.22 μm 水系滤膜过滤后置于自动进样器的样品瓶中,样品经邻苯二甲醛 (OPA) 在线衍生后供高效液相色谱分析。色谱条件中,色谱柱条件: Zorbax Eclipse-AAA, 4.6 mm \times 150 mm, 粒径 5 μm ; 流动相 A: $40 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaH}_2\text{PO}_4$, pH = 7.8; 流动相 B: $V(\text{甲醇}) : V(\text{乙腈}) : V(\text{水}) = 45 : 45 : 10$; 流速: 2 mL/min ; 柱温: 40°C ; 检测波长: 338 nm。

1.3.5 核苷酸测定

参考 YOSHIHIRO 等的方法^[10],准确吸取 1 mL 样品于 25 mL 离心管中,加入 5 mL 质量分数 10% 的 HClO_4 , 4422 r/min 离心 15 min。上清液转移至 50 mL 离心管,沉淀中加入 4.5 mL 质量分数 5% 的 HClO_4 , 离心 15 min (该过程重复 2 次),合并上清液后用 $10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KOH}$ 调 pH 值至中性。同样条件离心后将上清液转至 25 mL 容量瓶,沉淀加入 8 mL 中性提取液 (质量分数 5% $\text{HClO}_4 - \text{KOH}$) 再次离心,合并上清液,用超纯水定容后过 0.22 μm 滤膜备用。色谱条件中,色谱柱: Shodex Asahipak GS-320 HQ (7.5 mm \times 300 mm, 粒径 6 μm); 流动相: $V(205 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaH}_2\text{PO}_4) : V(205 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_3\text{PO}_4) = 300 : 7$; 流速: 0.6 mL/min ; 柱温: 30°C ; 检测波长: 260 nm。

1.3.6 数据处理方法

每个指标平行测定 3 次,用 EXCEL 2010 进行统计计算,结果以平均值 \pm 标准差 ($\bar{X} \pm \text{SD}$) 表示。

2 结果

2.1 4 种海洋经济贝类呈味游离氨基酸的季节性变化

按照 1.3.4 的方法处理样品,测定样品中游离氨基酸的含量,1—12 月间 4 种贝类主要呈味氨基酸 (Ala, Gly, Arg, Glu, Asp) 总含量的变化情况如图 1 所示。结果显示,4 种贝类的呈味氨基酸含量随季节变化趋势明显: 皱纹盘鲍、褶牡蛎的呈味氨基酸总含量在 1—4 月处于较高水平,6—8 月含量偏低; 杂色蛤的呈味氨基酸总含量在 2—3 月特别丰富,4—8 月含量较低; 对缢蛏而言,1—6 月的呈味氨基酸总含量均在 2000 mg/kg 以上,8—10 月含量较低,而 9 月含量最低 ($854.78 \pm 63.57 \text{ mg/kg}$)。4 种贝类游离氨基酸含量整体呈现出冬春两季含量高于夏秋两季,该结果与其他学者的研究结果一致: CHIOU 等^[11]在研究鲍鱼肌肉中游离氨基酸含量季节性变化时发现,在冬季和早春时游离氨基酸含量显著高于其他季节; 张智翠等^[12]发现,1—3 月间太平洋牡蛎呈味氨基酸总量相对较高,此时牡蛎口感醇厚。

不同月份褶牡蛎、皱纹盘鲍、杂色蛤和缢蛏中 3 种主要呈味氨基酸 (甘氨酸、精氨酸、丙氨酸) 的含量如表 1、表 2 所示。

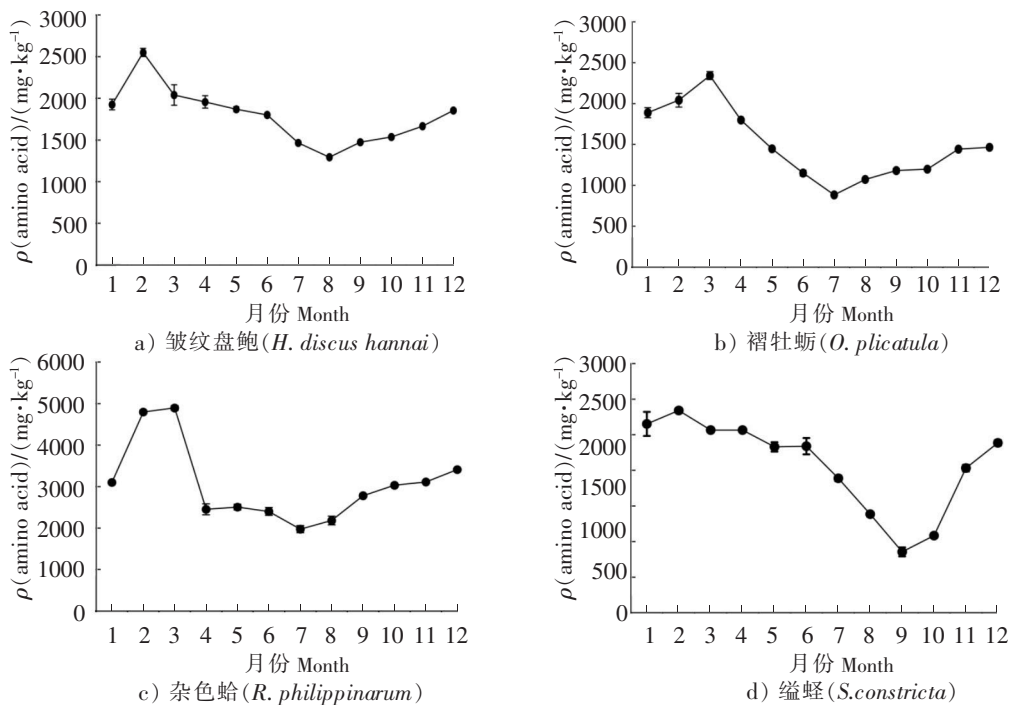


图 1 4 种贝类呈味氨基酸含量的季节变化

Fig.1 Seasonal variation of taste-active amino acid content in four species of shellfish

表 1 不同月份褶牡蛎和皱纹盘鲍中 3 种主要呈味氨基酸的含量

Tab. 1 The content of three major taste-active amino acids in *Ostrea plicatula* and *Haliotis discus hannai*

月份 Month	褶牡蛎 (<i>O. plicatula</i>)			皱纹盘鲍 (<i>H. discus hannai</i>)		
	Gly	Arg	Ala	Gly	Arg	Ala
1	284.13 ± 4.66	184.00 ± 6.22	1117.97 ± 35.36	54.81 ± 1.68	193.45 ± 8.12	1562.94 ± 49.83
2	195.92 ± 3.15	205.25 ± 6.13	1272.34 ± 68.58	103.58 ± 9.28	264.37 ± 7.63	2068.72 ± 8.06
3	291.56 ± 3.18	199.52 ± 1.83	1462.87 ± 24.13	58.85 ± 3.75	216.29 ± 5.59	1726.20 ± 44.95
4	231.66 ± 9.32	172.94 ± 2.77	1396.55 ± 19.22	64.13 ± 0.79	211.39 ± 11.32	1574.07 ± 17.90
5	208.78 ± 2.04	161.50 ± 1.82	965.34 ± 15.84	69.15 ± 2.86	183.41 ± 13.48	1530.66 ± 41.97
6	115.73 ± 1.30	58.69 ± 4.06	831.29 ± 23.09	49.57 ± 0.00	220.61 ± 0.00	1495.27 ± 4.88
7	135.54 ± 1.32	54.40 ± 1.55	646.27 ± 0.79	51.27 ± 4.74	148.89 ± 8.89	1245.42 ± 1.76
8	171.68 ± 0.00	74.19 ± 4.95	779.94 ± 14.33	42.01 ± 6.81	144.38 ± 7.10	1205.63 ± 8.49
9	155.02 ± 3.24	116.45 ± 3.06	696.65 ± 16.46	52.03 ± 0.49	141.31 ± 1.15	1210.33 ± 3.53
10	144.10 ± 0.72	95.80 ± 0.00	785.63 ± 1.75	45.97 ± 0.53	155.40 ± 1.87	1244.13 ± 4.47
11	173.37 ± 8.26	124.52 ± 1.50	977.48 ± 4.60	47.02 ± 0.60	179.98 ± 0.00	1411.60 ± 10.79
12	275.13 ± 3.69	116.43 ± 1.74	1001.41 ± 10.92	45.17 ± 0.71	184.54 ± 1.66	1484.63 ± 9.15

由表 1、表 2 可知,在上述 4 种贝类中,丙氨酸 (Ala)、甘氨酸 (Gly)、精氨酸 (Arg) 的丰度较高,且与季节变化关系密切。甘氨酸和丙氨酸赋予贝类甘甜的感觉^[13];精氨酸微苦,但对扇贝柱提取物的研究发现,高浓度的精氨酸不仅不显苦味,反而可以增加其醇厚感^[14]。不同贝类呈味氨基酸含量差异较大,因此呈现出它们自身特有的风味。4 种经济贝类中,丙氨酸含量均很高,推测其对贝类特有风味有贡献。杂色蛤的甘氨酸含量除 6、7 月外,明显高于其他贝类,刘云等^[15]测定了栉孔扇贝和中国蛤蜊中甘氨酸的呈味强度值 (TAV) 分别为 2.29 和 1.57,均大于 1,表明甘氨酸对栉孔扇贝和中国蛤蜊的滋味具有重要的贡献。皱纹盘鲍中呈味氨基酸含量从高到低依次是丙氨酸、精氨酸、甘氨酸。但是,BEWICK 等^[16]在测定鲍鱼游离氨基酸时发现,精氨酸、甘氨酸含量较高,丙氨酸含量较低。产生这种差异的原因可能是因鲍鱼品种、地域环境、摄食的差异造成的。

表 2 不同月份杂色蛤和缢蛏中 3 种主要呈味氨基酸的含量
Tab. 2 The content of three major taste-active amino acids in *R. philippinarum* and *S. constricta*

月份 Month	杂色蛤 (<i>R. philippinarum</i>)			缢蛏 (<i>S. constricta</i>)		
	Gly	Arg	Ala	Gly	Arg	Ala
1	789.12 ± 8.66	192.05 ± 2.72	1710.74 ± 18.99	223.54 ± 1.40	501.64 ± 6.34	1594.26 ± 160.36
2	1306.83 ± 18.90	359.32 ± 34.30	2706.02 ± 17.42	204.96 ± 5.43	615.87 ± 21.59	1654.56 ± 39.80
3	1321.49 ± 16.66	324.27 ± 7.54	2766.86 ± 32.18	207.25 ± 31.48	508.02 ± 19.78	1587.12 ± 30.43
4	613.60 ± 27.30	201.96 ± 21.09	1264.43 ± 39.13	370.12 ± 0.90	489.05 ± 2.12	1388.05 ± 2.17
5	322.03 ± 0.87	210.29 ± 0.00	1492.99 ± 0.00	320.20 ± 21.03	299.38 ± 12.42	1654.28 ± 48.70
6	303.72 ± 5.29	183.59 ± 9.33	1530.10 ± 11.90	464.41 ± 25.98	443.06 ± 28.48	1201.62 ± 72.83
7	298.91 ± 6.88	162.54 ± 3.61	1175.76 ± 24.94	83.83 ± 2.60	561.76 ± 14.06	1015.04 ± 23.07
8	682.17 ± 14.92	162.79 ± 12.00	1169.18 ± 50.75	107.72 ± 0.00	409.53 ± 3.98	676.11 ± 1.02
9	607.26 ± 11.41	231.44 ± 6.34	1384.66 ± 91.85	150.19 ± 14.67	260.77 ± 16.93	443.82 ± 8.21
10	685.37 ± 26.90	219.49 ± 7.99	1677.55 ± 38.52	70.67 ± 10.75	447.55 ± 29.30	423.61 ± 49.78
11	629.98 ± 3.31	224.57 ± 1.95	1797.54 ± 3.07	156.23 ± 38.15	434.39 ± 44.94	1105.37 ± 4.48
12	953.20 ± 2.24	266.27 ± 1.76	1712.56 ± 0.90	605.51 ± 9.17	329.43 ± 8.67	1229.23 ± 25.49

2.2 4 种海洋经济贝类呈味核苷酸的季节性变化

4 种海洋经济贝类呈味核苷酸的季节变化情况如图 2 所示, 结果显示, 缢蛏的呈味核苷酸 (AMP、IMP) 含量在 1—4 月较高, 且维持在 450 $\mu\text{g/g}$ 以上, 10 月含量降至最低 (214.96 ± 4.04) $\mu\text{g/g}$; 杂色蛤和皱纹盘鲍呈味核苷酸含量在 1—5 月较高, 7—8 月含量较低。与游离氨基酸相比, 4 种贝类的核苷酸含量均较低, 含量范围在 50 ~ 700 $\mu\text{g/g}$ 。由于核苷酸味道阈值普遍较低, 即在很低的浓度下就能有良好风味呈现。有文献报道, 核苷酸之间、核苷酸与游离氨基酸之间存在较强的协同作用, 因此, 核苷酸能大大增强贝类的鲜味^[17-18]。

▨ —IMP; ■ —AMP; ▤ —ADP。

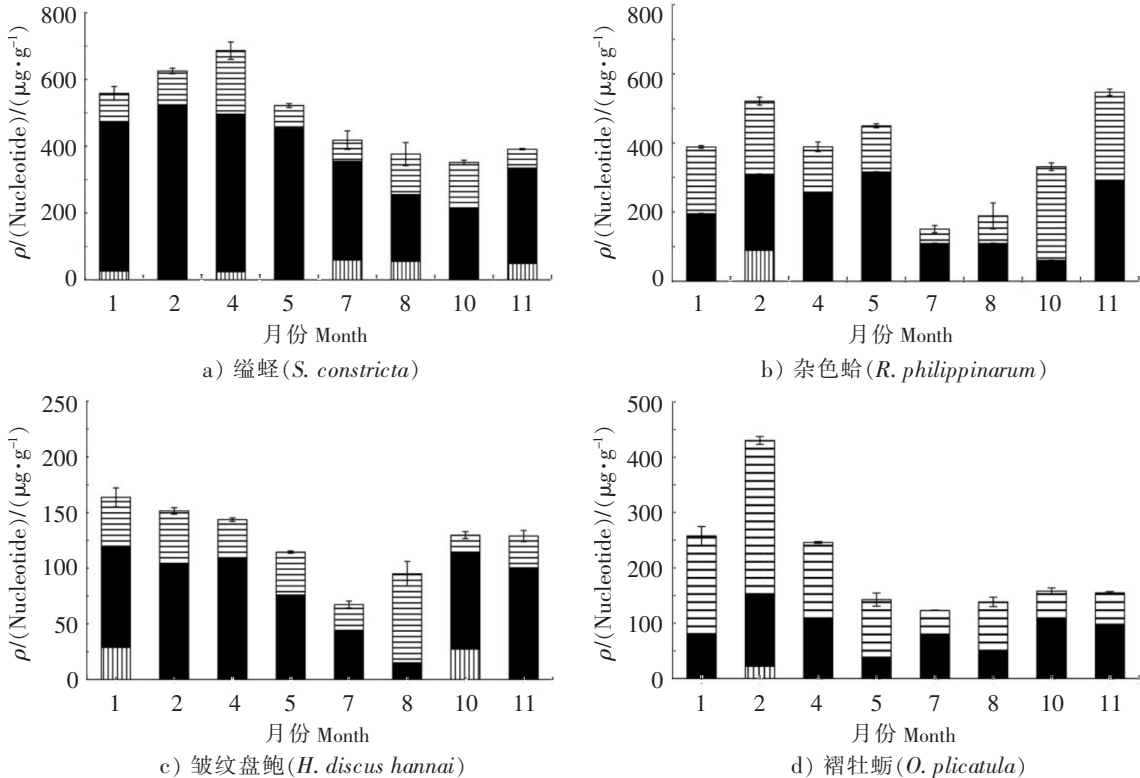


图 2 4 种贝类呈味核苷酸含量的季节变化
Fig.2 Seasonal variation of nucleotide content in four species of shellfish

由图 2 还可知, AMP 是贝类的主导呈味核苷酸, 仅在个别月份检出少量 IMP。HATAE 等^[19]测定鲍鱼肌肉核苷酸季节性变化时, 也有类似的结果, 仅在 4, 7, 8, 10, 12 月检测到少量 IMP。陈德慰等^[20]在牡蛎和文蛤肉中未检测到 IMP 的存在。以上现象可能与 ATP 的降解途径有关, 一般认为, 在鱼类和哺乳类机体里核苷酸是沿着 ATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hx 的途径依次降解的, 而海产无脊椎动物机体中因缺少 AMP 脱氨酶, 核苷酸沿着 ATP→ADP→AMP→AdR→HxR→Hx 途径降解^[21]。ARAI^[22]认为, 鲍鱼机体同时存在 2 种降解途径, 但由于 AMP 脱氨酶和腺苷脱氨酶的活性较低, 所以主要表现为 AMP 的积累。ZHENG 等^[23]和 HWANG 等^[7]分别研究了长江刀鲚 (*Coilia ectenes*)、河豚 (*Takifugu rubripes*) 的核苷酸含量, 发现 IMP 的含量远高于 AMP, 该结果恰好验证了鱼类 ATP 的降解途径。除皱纹盘鲍外, 其余贝类也在个别月份检测到 IMP, 可能是由于 AMP 脱氨酶的活力和表达水平与季节有关。

2.3 4 种海洋经济贝类糖原含量的季节性变化

糖原作为贝类主要的能源物质, 不但其降解中间产物可作为合成生物体内重要代谢物质的碳架和前体, 如乙酰 CoA、氨基酸、核苷酸等分别是合成脂肪、蛋白质和核酸等大分子物质的前体, 而且与贝类口感的持久度、复杂性、饱满度、柔和性等显著相关。4 种经济贝类 1—12 月糖原含量的结果如图 3 所示, 由图 3 可知, 4 种贝类的糖原含量存在季节性变化, 尤其是杂色蛤、缢蛏、褶牡蛎的糖原含量随季节变化明显。杂色蛤中糖原含量在 2—6 月处于较高水平, 4 月达到峰值 (9349.2 ± 350.5) mg/kg, 7—10 月出现下降趋势, 10—12 月糖原含量又开始回升; 缢蛏糖原含量的季节性变化与呈味游离氨基酸、呈味核苷酸的变化趋势相似, 1—6 月糖原含量均在 5000 mg/kg 以上, 2 月达到峰值 ($10\,139.3 \pm 187.1$) mg/kg, 7—11 月糖原含量逐渐下降; 褶牡蛎的糖原含量在 2 月最高 (4177.3 ± 161.2) mg/kg, 9 月最低 (873.9 ± 16.3) mg/kg)。张智翠等^[12]、LINEHAN 等^[24]的研究也发现, 牡蛎中糖原含量 3 月最丰富, 10 月最低。皱纹盘鲍的糖原含量较低, 且无明显的季节性变化, 可能糖原对其呈味影响不大。4 种贝类糖原含量的变化趋势不尽相同, 其差异可能与物种有关, 但整体来看, 1—4 月贝类糖原含量丰富。

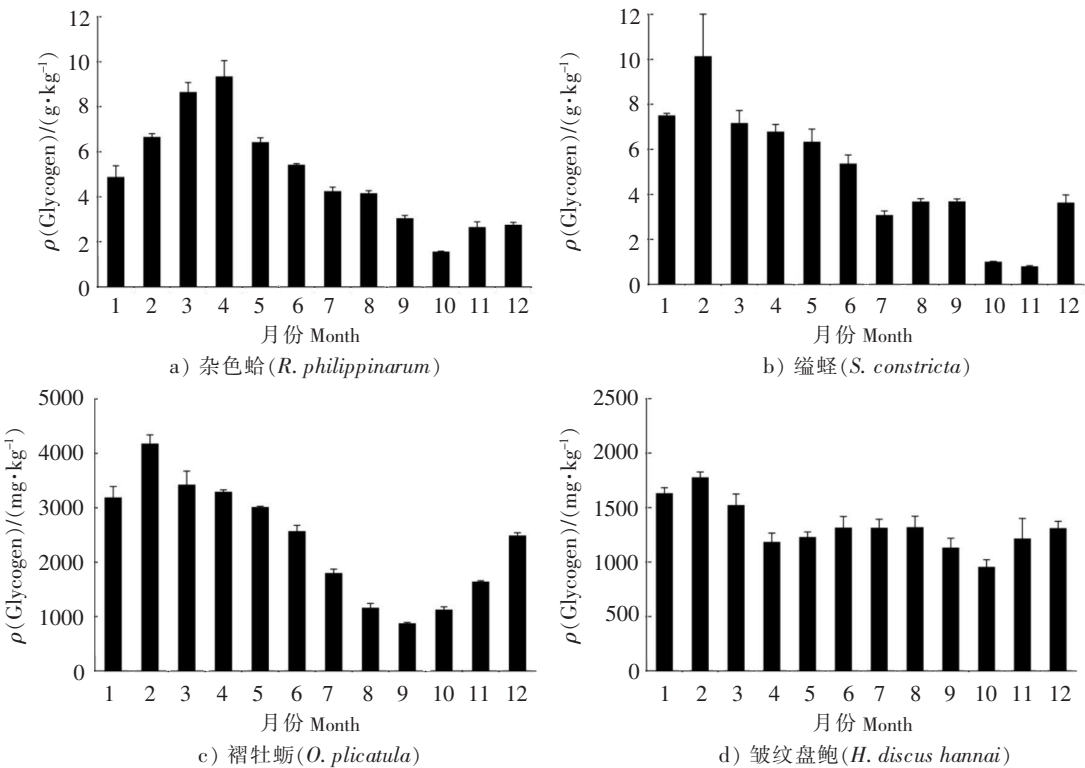


图 3 4 种贝类糖原含量的季节变化

Fig.3 Seasonal variation of glycogen content in four species of shellfish

3 讨论

本研究发现,不同贝类呈味物质的种类和含量差异较大,呈味氨基酸在杂色蛤中含量最高,而呈味核苷酸和糖原在缢蛏中呈现最高含量。这种呈味物质含量差异可能是导致不同贝类具有特征性滋味的主要原因。对 4 种海洋贝类的呈味氨基酸、呈味核苷酸、糖原的含量研究结果可知,呈味物质在不同的季节存在动态变化,且有一定的变化规律,冬春季的呈味物质含量总体高于夏秋两季。

大量文献报道,水温是影响贝类生长繁殖的重要因子,对贝类生殖腺的发育尤为关键,只有当有效积温达到一定的值,贝类的性腺才能成熟^[25]。夏秋两季海水温度较冬季有明显回升,适宜的温度促进贝类生殖腺的发育以及生殖细胞的合成。闫红伟等^[26]研究发现蛏子的配子发育开始于 6—7 月,9—10 月食物充足的时候性腺成熟,9 月开始有个体产卵、排精,持续到 11 月。青蛤的精卵在夏季发育进入成熟期,6、7 月为成熟期,8 月集中产卵。这分别与本研究缢蛏、杂色蛤的呈味物质含量较低的月份相一致。一些学者也证实在繁殖前后,机体的化学成分发生变化,LINEHAN 等^[24]研究发现,牡蛎在产卵后糖原开始积累,糖原含量在下次产卵前几个月达到最大;ZHENG 等^[23]对比研究了产卵前后刀鲚(*C. ectenes*)的非挥发性呈味成分,发现产卵后游离氨基酸含量(0.4115 mg/g)比产卵前(0.7838 mg/g)明显降低,IMP 含量从(0.8279 ± 0.0094) mg/g 下降到(0.4613 ± 0.0151) mg/g。在繁殖期贝类的代谢速率加快,游离氨基酸和糖原很快被用于生殖细胞蛋白质的合成。BAYNE 等^[27]的研究发现,糖原对生殖细胞的合成起着重要作用,糖原的降解与卵母细胞中卵黄合成的重要结构物质甘油三酯的合成同步进行,贝类通过糖原合成脂肪这一过程来满足卵黄蛋白合成的能量和物质需求。因此,贝类的核苷酸、糖原、游离氨基酸的含量在产卵前期会明显下降。在冬春季节,由于水温下降,机体酶促反应速率降低,新陈代谢速度减慢,糖原等物质的消耗减少,含量逐渐积累直到下次生殖循环开始。由此推测,贝类的呈味物质含量的变化与其繁殖周期密切相关。

4 结论

对厦门地区 4 种海洋经济贝类主要呈味物质(呈味氨基酸、核苷酸、糖原)的研究发现,它们的含量与季节变化关系密切:在冬春季节,呈味物质含量比较丰富,营养价值高;夏秋季节,呈味物质含量较低。推测该现象与贝类的繁殖周期有关。

[参 考 文 献]

- [1] 刘增胜,李书民,徐晖,等. 中国渔业年鉴. 北京:中国农业出版社,2015.
- [2] SHAHIDI F. Flavor of meat, meat products and seafoods. Great Britain: St Edmundsbury Press, 1997.
- [3] BROWN M R, SIKES A L, ELLIOTT N G, et al. Physicochemical factors of abalone quality: a review. Journal of Shellfish Research, 2008, 27(4): 835-842. DOI:10.2983/0730-8000(2008)27[835:PFOAQA]2.0.CO.
- [4] KONOSU S. Taste of fish and shellfish with special reference to taste-promoting substances. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 1973, 20(9): 432-439. DOI:10.3136/nskkk1962.20.432.
- [5] 章超桦,洪鹏志,邓尚贵,等. 翡翠贻贝肉的食品化学特性及其在海鲜调味料的应用. 水产学报, 2000, 24(3): 267-270.
- [6] 杨文鸽,徐大伦,孙翠玲,等. 缢蛏冰藏保活期间呈味物质的变化. 中国食品学报, 2009, 9(3): 181-186.
- [7] HWANG D F, CHEN T Y, SHIAU C Y, et al. Seasonal variations of free amino acids and nucleotide-related compounds in the muscle of cultured Taiwanese puffer *Takifugu rubripes*. Fisheries Science, 2000, 66(6): 1123-1129.
- [8] 章骞,沈建东,曹敏杰,等. 杂色蛤中牛磺酸含量与季节变化的关系. 集美大学学报(自然科学版), 2015, 20(3): 167-172.
- [9] CARROLL N V, LONGLEY R W, ROE J H. The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent. The Journal of Biological Chemistry, 1956, 220(2): 583-593.
- [10] YOSHIHIRO Y, MORIHIKO S, FUMIO K, et al. Change in concentration of ATP-related compounds in various tissues

- of oyster during ice storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1992, 58(11): 2125-2136.
- [11] CHIOU T K, LAI M M, SHIAU C Y. Seasonal variations of chemical constituents in the muscle and viscera of small abalone fed different diets. *Fisheries Science*, 2001, 67(1): 146-156. DOI:10.1046/j.1444-2906.2001.00211.x.
- [12] 张智翠,薛长湖,李兆杰. 山东沿海牡蛎糖原、游离氨基酸及重金属含量的季节变化. *食品研究与开发*, 2006, 27(5): 6-8.
- [13] SAROWER M G, HASANUZZAMAN A F M, BISWAS B, et al. Taste producing components in fish and fisheries products: a review. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 2012, 2(2): 113-121.
- [14] CHEN D W, ZHANG M. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). *Food Chemistry*, 2007, 104(3): 1200-1205. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.01.042.
- [15] 刘云,宫向红,徐英江,等. 烟台近海3种贝类中呈味核苷酸和氨基酸的测定及比较分析. *中国水产科学*, 2014, 21(2): 351-360.
- [16] BEWICK M D, WELLS R M G, WONG R J. Free amino acid and nucleotide concentrations in New Zealand Abalone (*Paua*), *Haliotis iris*, fed casein-based, macroalgal, or wild diets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 1997, 6(4): 57-69. DOI:10.1300/J030v06n04_05.
- [17] FUKU S, UEDA Y. Interactions between umami and other flavor characteristics. *Trends Food Science & Technology*, 1996, 7(12): 407-411. DOI:10.1016/S0924-2244(96)10042-X.
- [18] KAWAI M, OKIYAMA A, UEDA Y. Taste enhancements between various amino acids and IMP. *Chemical Senses*, 2002, 27(8): 739-745. DOI:10.1093/chemse/27.8.739.
- [19] HATAE K, NAKAI H, SHIMADA A, et al. Abalone (*Hariltis discus*): seasonal variations in chemical composition and textural properties. *Journal of Food Science*, 1995, 60(1): 32-35. DOI:10.1111/j.1365-2621.1995.tb05600.x.
- [20] 陈德慰,苏键,刘小玲,等. 广西北部湾3种贝类中主要呈味物质的测定及呈味作用评价. *食品科学*, 2012, 33(10): 165-168.
- [21] ARAI K, SAITO T. Changes in adenosine nucleotides in the muscles of some marine invertebrates. *Nature*, 1961, 192: 451-452. DOI:10.1038/192451a0.
- [22] ARAI K. Acid-soluble nucleotides in muscle of marine invertebrates V: degradation of adenylic acid in the muscles of scallop and abalone. *Bulletin of The Faculty of Fisheries Hokkaido University*, 1966, 17: 91-97.
- [23] ZHENG J, TAO N, GONG J, et al. Comparison of non-volatile taste-active compounds between the cooked meats of pre- and post-spawning Yangtze *Coilia ectenes*. *Fisheries Science*, 2015, 81(3): 559-568. DOI:10.1007/s12562-015-0858-7.
- [24] LINEHAN L G, BURNELL G, O'CONNOR T P, et al. Seasonal variation in the chemical composition and fatty acid profile of Pacific oysters (*Ostrea plicatula*). *Food Chemistry*, 1999, 64(2): 211-214. DOI:10.1016/S0308-8146(98)00144-7.
- [25] OJEA J, PAZOS A J, MARTINEZ D, et al. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussatus* in relation to the gametogenic cycle. *Aquaculture*, 2004, 238(1): 451-468. DOI:10.1016/j.aquaculture.2004.05.022.
- [26] 闫红伟,李琪,孔令锋,等. 山东沿海缢蛏的繁殖生物学研究. *中国海洋大学学报*, 2009, 39(S): 343-346.
- [27] BAYNE B L, BUBEL A, GABBOTT P A, et al. Glycogen utilization and gametogenesis in *Mytilus edulis* L. *Marine Biology Letters*, 1982, 3(2): 89-105.

(责任编辑 马建华 英文审校 刘静雯)